

PREDIÇÃO DE GANHOS GENÉTICOS VIA MODELOS MISTOS EM PROGÊNIES DE CAFÉ CONILON

Cíntia Machado de Oliveira Moulin Carias¹, Geraldo do Amaral Gravina², Maria Amélia Gava Ferrão³, Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca⁴, Romário Gava Ferrão⁵, Marcelo Vivas⁶, Alexandre Pio Viana⁷

(Recebido: 08 de março de 2015; aceito: 07 de julho de 2015)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os ganhos genéticos preditos por meio de diferentes índices de seleção pela metodologia REML/BLUP, em cinco caracteres de interesse ao programa de melhoramento do café conilon do Incaper. Foram avaliadas 8 progênies de meios-irmãos, de ciclo de maturação precoce, média de duas safras, com três repetições, o que totalizou 1368 observações, utilizados os índices de seleção clássico, multiplicativo e com base na soma de postos. Avaliaram-se, na época de colheita, as características tamanho dos grãos (TG), produtividade (PRO), porte (PT), vigor vegetativo (VIG) e grau de inclinação (GI). A população foi avaliada na Fazenda Experimental de Marilândia, região Noroeste do estado do Espírito Santo. As análises genético-estatísticas foram realizadas pelo programa Selegen - REM/BLUP. Verificou-se, a partir da análise dos parâmetros genéticos, um excelente potencial seletivo entre famílias, para todas as características avaliadas. O índice Mulamba e Mock foi o que mostrou maior eficiência de seleção entre famílias de meios-irmãos de café conilon.

Termos para indexação: Valores genotípicos preditos, *Coffea canephora*, modelos lineares mistos.

PREDICTION OF GENETIC GAINS BY MIXED MODELS IN CONILON COFFEE PROGENIES

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the genetic gains predicted through different selection indices by REML / BLUP methodology in five traits of interest to the breeding program of conilon coffee Incaper. Eight half-sib progenies of early maturing cycle were evaluated regarding to average of two harvests with three replications, totaling 1368 observations. Indices of classic selection, multiplicative and based on the sum of the ranks, were used. During harvest, it were evaluated the characteristics: grain size (GS), productivity (PRO), size (S), vegetative vigor (VIG) and degree of slope (GI). The population was evaluated at the Experimental Farm of Marilândia, in Northwest region of Espírito Santo. The genetic-statistical analyzes were performed by Selegen program - REM / BLUP. It was verified by the analysis of genetic parameters, an excellent selective potential among families for all evaluated characteristics. The Mulamba and Mock index showed greater efficiency for the selection of half-sib families of conilon coffee.

Index terms: Predicted genotypic values, *Coffea canephora*, mixed linear models.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor e exportador mundial e segundo maior consumidor de café, produziu 45,3 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado. Aproximadamente, 70% do total produzido e comercializado foi da espécie *Coffea arabica* L., e os 30% restantes de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

O estado do Espírito Santo, que ocupa menos de 0,5% do território nacional, é o estado brasileiro maior produtor de café conilon, com

produção de 9,9 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado na safra de 2014, correspondendo a 78% da produção nacional e 20% da produção mundial desta espécie (CONAB, 2014).

Haja vista a importância da cafeicultura para a economia do estado do Espírito Santo, a Emcapa, hoje Incaper, iniciou o programa de melhoramento genético de *C. canephora*, var. kouilonensis De Wild. em 1985, visando à seleção de genótipos superiores adaptados às condições edafoclimáticas do Estado (FERRÃO et al., 2012). Dentre os materiais genéticos selecionados,

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas/LMGV - Av. Olívio Correa Pedrosa, 476 - Centro 29.500-000 - Alegre-ES - ciintia@yahoo.com.br

^{2,6,7}Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas/LMGV Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califônia - 28.013-602 - Campos dos Goytacazes-RJ - gravina@uenf.br, mrclvivas@hotmail.com, pirapora@uenf.br

^{3,4}Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA CAFÉ/INCAPER - Rua Afonso Sarlo, 160 - Bento Ferreira Vitória - Espírito Santo - 29.052-010 - maria.ferrao@embrapa.br, aymbire.fonseca@embrapa.br

⁵Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER - Rua Afonso Sarlo, 160 - Bento Ferreira Vitória - Espírito Santo - 29.052-010 - romario@incaper.es.gov.br

podem-se citar as cultivares, Emcapa 8111 (ciclo precoce); Emcapa 8121 (ciclo intermediário) e Emcapa 8131 (ciclo tardio) (BRAGANÇA et al., 2001), seguida da cultivar Emcapa 8141- Robusta Capixaba (FERRÃO et al., 2000).

Observa-se superioridade do uso das cultivares clonais, em relação às propagadas via semente, contudo, existe a preocupação com o estreitamento da base genética dos materiais cultivados. Segundo Charrier e Berthaud (1988), para atenuar esse fator limitante, o melhoramento via processos assexuado e sexuado deve ser conduzido paralelamente, pois, enquanto o primeiro leva ao estreitamento da base genética, o segundo permite a recombinação genética, recuperando a variabilidade.

No intuito de diminuir os riscos da vulnerabilidade genética, os programas de melhoramento genético do cafeeiro têm utilizado o método de seleção recorrente, proposto por Hull (1945). Este método tem sido extensivamente utilizado no melhoramento de plantas alógamas, inicialmente com a cultura do milho (FREITAS et al., 2014; RANGEL et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012), e em seguida estendeu-se à outras culturas, como o café (LEROY et al., 1997; MISTRO, 2013).

Os índices de seleção utilizados por este método constituem uma técnica multivariada que permite gerar um agregado genotípico sobre o qual se exerce a seleção e que funciona como caráter adicional, resultante da combinação de vários caracteres de interesse agrônomo, nas quais se deseja exercer a seleção simultânea (FREITAS et al., 2014). A aplicação dos índices de seleção, independente da existência ou não de correlações entre características, permite efetuar, com eficiência, a seleção de genótipos superiores para um conjunto de caracteres (AMARAL JÚNIOR et al., 2010; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; FREITAS et al., 2013).

Uma alternativa a ser empregada na construção de índices e que pode resultar em processo de seleção mais acurado é o emprego de componentes de variância estimados por máxima verossimilhança restrita (REML) e valores genéticos preditos pelo melhor preditor linear não viciado (BLUP) (RESENDE, 2002).

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar os ganhos genéticos preditos por meio de diferentes índices de seleção, pela metodologia REML/BLUP, em café conilon.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição dos materiais

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental de Marilândia (FEM), município de Marilândia, região Noroeste do estado do Espírito Santo, situada a 104 m de altitude, latitude de 19,407S e longitude de 40,539W.

Foram avaliadas oito famílias de meios-irmãos de uma população de café conilon de maturação precoce, obtida no Incaper pelo processo de seleção recorrente intrapopulacional, no segundo ciclo de seleção.

2.2 Obtenção dos materiais

O trabalho iniciou-se em 1997, com o plantio de oito clones divergentes (progenitores) de maturação precoce em campo isolado na Fazenda Experimental de Marilândia, Incaper-ES, para recombinação aberta. Tais materiais foram plantados em linhas, com 10 plantas por clone. No período de agosto a outubro de 1999, ocorreu o florescimento e a recombinação. Em maio/junho de 2000, foram colhidas as sementes híbridas da recombinação, coletando cerca de 100 gramas de sementes de cada planta dentro de cada linha, para compor a população de meios-irmãos de ciclo 01 em campo isolado, juntamente com os progenitores. Assim, retirou-se o mesmo número de sementes de cada planta recombinante, e as sementes foram semeadas em sacos de polietileno, nas dimensões de 11cm de largura, 20 cm de comprimento e 0,006 cm de espessura, com capacidade de cerca de 770 ml. As sacolas foram preenchidas com substrato padrão, cuja composição foi de 70% de terra peneirada, 30% de esterco de curral e adubos químicos (2Kg de calcário dolomítico, 4Kg de superfosfato simples, 0,3Kg de cloreto de potássio e 50g de FTE BR12), para cada metro cúbico de mistura, sendo suficiente para o enchimento de 1.400 sacolas (DARDENGO et al., 2013), levadas para o viveiro, e o plantio no campo foi realizado, quando as mudas apresentaram quatro pares de folhas. Em novembro de 2000 foi implantado o experimento com as famílias de meios-irmãos em campo isolado, juntamente com os progenitores (ciclo 01). Estas foram avaliadas por quatro colheitas (2002 a 2005) e em seguida, selecionadas 20% das plantas mais produtivas de cada família. No período da colheita, no ano de 2006, foram coletadas cerca de 100 gramas de sementes de cada planta, em cada família de meios-irmãos.

As sementes oriundas de cada família foram misturadas para compor o ciclo 02 de Seleção Recorrente. Em abril de 2007, progênies das famílias de meios-irmãos do ciclo 02, juntamente com os progenitores foram plantadas novamente em campo isolado e avaliou-se o desempenho de oito famílias de meios-irmãos de *C. canephora*, durante as safras 2013 e 2014.

2.3 Descrição do experimento de avaliação das famílias de meios-irmãos, ciclo 02

Os experimentos foram implantados, seguindo delineamento experimental de blocos casualizados com 3 repetições, no espaçamento de 3,0 m entrelinhas x 1,0 m entreplantas dentro das linhas. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades e as recomendações técnicas para a cultura (FERRÃO et al., 2012).

As características avaliadas foram:

(i) Produtividade, em sacas ha⁻¹ (PRO) – total em sacas de 60 quilogramas produzidas por hectare; (ii) Tamanho de grão (TG) – estimado com auxílio de escala de notas variando de 1 a 5, seguindo a relação de descritores do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC – que apresenta cinco classes: muito pequeno, pequeno, médio, grande e muito grande, respectivamente (GUERREIRO FILHO et al., 2008); (iii) Porte (PT) – avaliado com auxílio de escala de notas de 1 a 3, sendo: 1, baixo; 2, intermediário e 3, alto. Para as referidas avaliações, foram considerados como referência o clone 02/Incaper, de porte médio, e o clone 04/Incaper, de porte alto; (iv) Vigor Vegetativo (VG) – estimado com uso de escala de notas de 1 a 10, sendo: 1= muito fraco; 3 = fraco; 5 = intermediário; 7 = vigoroso; 9 = muito vigoroso; e 10 = excelente vigor; (v) Grau de Inclinação (GI) - avaliado com auxílio de escala de notas de 1 a 3, sendo: 1, ereto (1 – 35%); 2, semiereto (36 – 50%) e 3, inclinado (51 – 100%) (CARIAS et al., 2014; FERRÃO et al., 2008; FERREIRA et al., 2005; FONSECA et al., 2004; RODRIGUES et al., 2012).

Com os dados fenotípicos estimaram-se os parâmetros genéticos, bem como a predição dos ganhos obtidos por diferentes índices de seleção, via modelagem mista, utilizando para tal o programa Selegen - REM/BLUP (RESENDE, 2002), modelo: $y = Xr + Zg + Wp + e$, em que “y” é o vetor de dados, “r” é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, “g” é o vetor dos efeitos genotípicos individuais (assumidos como aleatórios), “p” é o

vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios), “e” é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Foram estimados os seguintes componentes de variância (REML Individual): variância genética entre famílias (V_a); herdabilidade da média de progênies (h^2_{mp}); acurácia da seleção de progênies (Acprog); coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}); coeficiente de variação residual (CV_e); coeficiente de variação relativa (CV_{gi}/CV_e).

Os índices de seleção clássico (IC), multiplicativo (IM) e com base na média de postos (MR), construídos a partir da metodologia REML/BLUP são sucintamente apresentados a seguir:

$$IC = ((pvar1) \times (VGvar1)) + ((pvar2) \times (VGvar2)) + ((pvar3) \times (VGvar3))$$

$$IM = (VGvar1) \times (VGvar2) \times (VGvar3)$$

$$MR = (rVGvar1) + (rVGvar2) + (rVGvar3)$$

Em que: p: peso econômico estabelecido para o caráter; VG: valor genotípico predito; r: posto do genótipo. Foram estimados os ganhos genéticos obtidos pelos índices de seleção.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros genéticos estimados para as características avaliadas nesse estudo, bem como as médias genotípicas. A produtividade foi o parâmetro que apresentou maior variância genotípica (V_a) com 7,46, sinalizando uma situação favorável ao programa de melhoramento genético do café conilon, com possibilidade de identificação de genótipos superiores. Já as demais variáveis apresentaram valores de baixa magnitude (TG=0,03; PT=0,015; VIG=0,013 e GI=0,028), o que possivelmente pode ser atribuído ao maior grau de parentesco entre as progênies, dentro de cada tratamento. No entanto, a introdução de novos materiais seria o mais adequado para o aumento da variabilidade genética. Segundo Falconer (1987), a variabilidade genética na população é condição básica para a obtenção de ganhos com a seleção.

De acordo com Cruz e Carneiro (2006), essas estimativas possibilitam identificar a variabilidade genética de uma população e avaliar a eficiência de diferentes estratégias de melhoramento para obtenção de ganhos genéticos e manutenção de uma base genética adequada.

TABELA 1- Estimativa de parâmetros genéticos estimados para tamanho de grão (TG), produtividade (PRO), porte da planta (PT), vigor vegetativo (VIG) e grau de inclinação (GI), obtidos via procedimento REML, utilizando dados individuais de progênie de café conilon.

Parâmetros	Características				
	TG	PRO	PT	VIG	GI
V _a	0,0342	7,4659	0,0157	0,0138	0,0283
V _f	0,3710	217,0645	0,2646	1,8626	0,3317
h ² _{mp}	0,4557	0,4870	0,5348	0,2238	0,4901
Acprog	0,6751	0,6979	0,7313	0,4731	0,700
CV _{gp} %	5,0280	6,5956	2,3536	0,9374	4,5753
CV _e %	9,5387	11,6762	3,8670	3,3411	8,1007
CV _r	0,5283	0,5626	0,6191	0,2805	0,5661
Média	1,8362	20,7964	2,6171	5,6847	1,8371

V_a: variância genética entre famílias, equivalendo à variância genética aditiva mais (1/4) da variância genética de dominância; h²_{mp}: herdabilidade da média de progênies; Acprog: acurácia da seleção de progênies; CV_{gp}%: coeficiente de variação genética entre progênies; CV_e%: coeficiente de variação residual; CV_r: coeficiente de variação relativa (CV_{gi}/CV_e).

Elevada herdabilidade baseada nas médias de progênies (h²_{mp}) favorece a seleção inicial entre progênies, seguida por seleção dentro das melhores progênies selecionadas. Verificaram-se magnitudes moderadas (TG=0,45; PRO=0,48; PT=0,53; VIG=0,22; GI=0,49) para a h²_{mp} (Tabela 1). De acordo com Resende (2002), o progresso esperado pela seleção depende diretamente da herdabilidade, dessa forma, nota-se a possibilidade de ganhos genéticos.

A herdabilidade no estudo genético do caráter tem seu papel preditivo, expressando a confiabilidade com que o valor fenotípico representa o valor genético (SILVA et al., 2013). Seu valor pode ser aumentado pela introdução de maior variação genética na população, como também na melhoria das condições experimentais, no intuito de reduzir a contribuição da variação ambiental para a variação fenotípica total.

No contexto da avaliação genotípica, outro parâmetro estatístico importante é a acurácia (Acprog), pois se refere à correlação entre os valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros dos indivíduos, estando ligada à herdabilidade do caráter (RESENDE; DUARTE, 2007). Os valores de acurácia (Acprog) encontrados na Tabela 1 estão entre 0,47 e 0,73, com isso, observa-se valor baixo para vigor vegetativo, moderado para tamanho de grão e produtividade e alto para porte e grau de inclinação, respectivamente, a maior magnitude de acurácia está atestando a adequação

da seleção, enquanto que, ao contrário, refletirá dificuldade de seleção, podendo estar associados a causas como longevidade do ciclo, grandes áreas experimentais, respostas distintas dos genótipos ao estresse hídrico e altas temperaturas, e respostas diferenciadas dos materiais a ventos e podas (FERRÃO et al., 2008; MAIA et al., 2014).

A estimativa do coeficiente de variação genotípica individual (CV_{gp}%), expressa a quantidade de variação genética existente. Observaram-se altos valores para a maioria das características, exceto para porte e vigor vegetativo, sendo que o maior valor foi para produtividade, com 6,59%, porém, Mistro et al. (2004) encontraram valores bem superiores para a característica em questão, chegando a 29,49%. Pelos resultados, aventa-se que, apesar da população já ter passado por outros ciclos de seleção, é possível a obtenção de progressos genéticos.

A partir das estimativas do coeficiente de variação residual (CV_e), com valores entre 3,34 a 11,67%, pode-se inferir que os valores apresentados indicam alta acurácia e precisão experimental para as características em estudo (COUTO; PETERNELLI; BARBOSA, 2013; FERRÃO et al., 2008; FRITSCHÉ-NETO et al., 2012). O valor do coeficiente de variação relativo (CV_r) para os caracteres produtividade, porte e grau de inclinação, apresentou magnitude maior que 0,5, portanto há possibilidade de sucesso com

a seleção entre progênies, visto que esse parâmetro indica que a variação genética entre progênies é bem maior do que a variação ambiental. O contrário ocorreu com o caráter vigor vegetativo (0,28) (Tabela 1).

De modo geral, analisando a amplitude das médias, nota-se que a média mais alta foi para vigor vegetativo. Apesar da produtividade ser a principal variável almejada no processo de melhoramento genético, é necessário levar em consideração também os demais caracteres. Segundo Severino et al. (2008), selecionar materiais com maior vigor vegetativo também é uma estratégia que pode aumentar a produtividade das cultivares. Embora tenham sido encontradas médias satisfatórias para todas as características, observam-se valores médios baixos para o caráter produtividade (20,79 sc.ha¹), possivelmente em virtude da população ser composta por indivíduos segregantes, como também, atribuída principalmente ao ensaio experimental, visto o experimento ter sido instalado em área isolada (clareira), para evitar a entrada de pólenes que não fossem da população, tendo como um dos fatores imitantes o sombreamento.

Ainda relacionado à produtividade, deve-se salientar que o ensaio foi conduzido em condição de sequeiro. Nos anos de condução do experimento, as condições climáticas não foram favoráveis para o desenvolvimento da cultura, com ocorrência de déficits hídricos nas fases críticas de formação, enchimento de grãos e maturação dos frutos, ocasionando baixo rendimento no beneficiamento (Tabela 1).

Na Tabela 2 nota-se, que o índice Multiplicativo permitiu ganhos superiores ao do índice Aditivo, porém inferior ao índice Mulamba e Mock, que foi o que proporcionou maiores ganhos para a família 6 (32,35%); família 3 (28,57%), família 4 (20,53%) e família 1 (15,38), ressaltando-se que esses ganhos estão no sentido positivo para as características tamanho de grão, produtividade, vigor vegetativo e, em sentido negativo, para porte e grau de inclinação.

A superioridade do índice Mulamba e Mock pelo maior ganho percentual confirma que este método é o mais eficiente para seleção, e pode ser recomendado em programas de melhoramento genético do cafeeiro. O mesmo foi observado por Farias Neto et al. (2012) e Teixeira et al. (2012), visando determinar a estratégia seletiva mais adequada para produção de frutos de açaizeiro, e relataram que o índice de Mulamba e Mock foi mais eficiente. Oliveira et al. (2008) e Resende et al. (2014), aplicando a seleção simultânea para as características de fibra de algodoeiro e maracujazeiro amarelo, também relataram como promissor o índice de Mulamba e Mock, respectivamente.

Segundo estes autores, a seleção entre famílias por meio de modelos mistos REML/BLUP, baseado no índice de Mulamba e Mock, é uma estratégia importante para identificar indivíduos com elevados valores genotípicos, contribuindo para o avanço no programa de melhoramento genético.

TABELA 2 - Paralelo das três abordagens de índices de seleção e ordenamento das 8 famílias de meios-irmãos estudadas com suas respectivas porcentagens de ganho, pela avaliação das variáveis tamanho de grão (TG), produtividade (PRO), porte da planta (PT), vigor vegetativo (VIG) e grau de inclinação (GI), via REML/BLUP.

Ordem	Aditivo		Mulamba e Mock			Multiplicativo		
	FMI2	Ganho	Ordem	FMI2	Ganho	Ordem	FMI2	Ganho
1	4	2,5700	1	6 ¹	32,3529	1	4	21,0806
2	3	1,9374	2	3 ¹	28,5714	2	5	19,2068
3	6	1,5584	3	4 ¹	20,5357	3	3	15,8802
4	5	1,2880	4	1 ¹	15,3846	4	2	12,4504
5	2	1,0456	5	2 ¹	11,3861	5	6	9,0886
6	8	0,7210	6	8 ¹	8,0000	6	8	6,7768
7	1	0,3353	7	5 ¹	5,0000	7	7	4,0838
8	7	0,0000	8	7	0,0000	8	1	0,0000

FMI2: família de meios-irmãos do ciclo 02 de seleção recorrente, ¹: Famílias selecionadas a partir do índice de seleção.

4 CONCLUSÕES

As estimativas dos parâmetros genéticos obtidos revelam a existência de variabilidade genética e potencial seletivo entre os genótipos de café conilon estudados.

O índice Mulamba e Mock é mais eficiente na seleção de famílias de meios-irmãos de café conilon, podendo aumentar a chance de sucesso em programas de melhoramento desta cultura.

A seleção recorrente deve ser conduzida, concomitantemente, com o programa de seleção clonal, a fim de evitar redução significativa da variabilidade genética.

5 REFERÊNCIAS

- AMARAL JUNIOR, A. T. et al. Improvement of a popcorn population using selection indexes from a fourth cycle of recurrent selection program carried out in two different environments. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 9, p. 340-370, 2010.
- BRAGANÇA, S. M. et al. 'Emcapa 8111', 'Emcapa 8121', 'Emcapa 8131': variedades clonais de café conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 765-770, maio 2001.
- CARIAS, C. M. O. M. et al. Produtividade de grãos de cafeeiro conilon de diferentes grupos de maturação pelo procedimento REML/BLUP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 707-718, 2014.
- CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Principles and methods in coffee plant breeding: *Coffea canephora* Pierre. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee: agronomy**. London: Elsevier, 1988. v. 4, p. 167-197.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>>. Acesso em: 6 ago. 2014.
- COUTO, M. F.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Classification of the coefficients of variation for sugarcane crops. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 6, p. 957-961, 2013.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. v. 2, 585 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. 668 p.
- DANDENGO, M. C. J. et al. Crescimento e qualidade de mudas de café conilon produzidas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 500-509, 2013.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.
- FARIAS NETO, J. T. et al. Parâmetros genéticos e ganhos com a seleção de progênies de *Euterpe oleracea* na fase juvenil. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 515-521, jul./set. 2012.
- FERRÃO, R. G. et al. **Café Conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. 14. ed. Vitória: Incaper, 2012. 73 p.
- FERRÃO, R. G. et al. 'EMCAPA 8141' Robustão Capixaba, variedade clonal de café conilon tolerante à seca, desenvolvida para o estado do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 273, p. 555-559, 2000.
- FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, jan. 2008.
- Ferreira, A. et al. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 1189-1195, 2005.
- FONSECA, A. F. A. da et al. **Conilon Vitória Incaper 8142: variedade clonal de café Conilon**. Vitória: Incaper, 2004. 24 p.
- FREITAS, I. L. J. et al. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milhopicoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1464-1471, nov. 2013.
- FREITAS, I. L. J. et al. Genetic gains in the UENF-14 popcorn population with recurrent selection. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 13, n. 1, p. 518-527, 2014.
- FRITSCHÉ-NETO, R. et al. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 1, p. 99-101, 2012.

- GUERREIRO-FILHO, O. et al. Características utilizadas para a identificação de cultivares de café. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA-Café, 2008. v. 1, p. 141-155.
- HULL, F. H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. **Journal American Society Agronomy**, Madison, v. 37, p. 134-145, 1945.
- LEROY, T. et al. Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora* Pierre II: genetic gains and results of first cycle intergroup crosses. **Euphytica**, Wageningen, v. 95, n. 3, p. 347-354, 1997.
- MAIA, M. C. C. et al. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. **Revista Agrotecnologia**, Goiânia, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2014.
- MISTRO, J. C. **Estimativas de parâmetros genéticos visando o melhoramento do café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex. A. Froehner)**. 2013. 152 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2013.
- MISTRO, J. C. et al. Estimates of genetic parameters and expected genetic gains with selection in robust coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, p. 86-91, 2004.
- OLIVEIRA, E. J. et al. Seleção em progênies de maracujazeiro amarelo com base em índices multivariados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1543-1549, nov. 2008.
- RANGEL, R. M. et al. Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho-pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, p. 473-481, 2011.
- RESENDE, M. A. V. et al. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 334-340, 2014.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, p. 182-194, 2007.
- RIBEIRO, R. M. et al. Genetic progress in the UNB-2U population of popcorn under recurrent selection in Rio de Janeiro. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 1417-1423, 2012.
- RODRIGUES, W. N. et al. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, p. 177-186, 2012.
- SEVERINO, L. S. et al. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, p. 1467-1471, 2008.
- SILVA, T. R. C. et al. Agronomic performance of popcorn genotypes in Northern and Northwestern Rio de Janeiro State. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 57-63, 2013.
- TEIXEIRA, D. H. L. et al. Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 237-243, fev. 2012.