

ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA DE PROGÊNIES F₂ DE *Coffea arabica* L.¹

Tiago Teruel Rezende²; Thamis Bandoni Pereira³; Samuel Pereira de Carvalho⁴; Julio Sílvio de Sousa Bueno Filho⁵; Diego Rosa Baquião Maia⁶; Leonardo Luiz Oliveira⁷; Matheus Prado Maciel⁸

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

²Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, tiago.teruel@yahoo.com.br;

³Doutoranda em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, thamisbandoni@hotmail.com

⁴Professor DSc, Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, samuelpc@dag.ufla.br

⁵Professor DSc, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, jssbueno@dex.ufla.br

⁶Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, diego_drbrm@hotmail.com;

⁷Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, agronleonardo@yahoo.com.br;

⁸Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, mpradomaciel@yahoo.com.br

RESUMO: A estimativa dos componentes genéticos é uma estratégia de grande importância no melhoramento genético do cafeeiro. Por meio dela, é possível conhecer a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e também avaliar a eficiência da estratégia de melhoramento adotada. Neste contexto, objetivou-se estimar os componentes de variância de progênies F₂ de *Coffea arabica* submetidas a poda por meio do modelo linear utilizando o método de momentos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 44 progênies, três blocos e 10 plantas por parcela. Foram avaliadas a altura dos brotos (cm) e diâmetro dos brotos (mm), após recepa a 40 cm de altura do solo, posteriormente realizou-se desbrotas deixando apenas dois brotos por planta. A análise estatística foi realizada utilizando o programa R. De acordo com os componentes de variância é possível verificar variabilidade entre as progênies para ambas as características e que há possibilidade de sucesso a partir da seleção. Foi realizada ainda, a seleção das melhores progênies e indivíduos para cada característica.

PALAVRAS-CHAVE: seleção, poda, melhoramento genético.

VARIANCE COMPONENTS ESTIMATION OF F₂ PROGENIES *Coffea arabica*

ABSTRACT: The estimation of genetic components is a strategy of great importance in coffee breeding. Through it, you can know the nature of the action of genes involved in the control of quantitative traits and evaluate the efficiency of the breeding strategy adopted. In the context, the aim was to estimate the variance components of F₂ *Coffea arabica* subjected to pruning through the linear model using the method of moments. The experimental design was a randomized block with 44 progenies, three blocks and 10 plants per plot. The height of shoots (cm) and diameter of shoots (mm) after receipt the 40 cm soil subsequently held thinning leaving only two shoots per plant. Statistical analysis was performed using the program R. According to the variance components can be checked variability among progenies for both traits and that the possibility of success from the selection. Was also performed, the selection of the best progenies and individuals for each trait.

KEY WORDS: selection, pruning, genetic improvement.

INTRODUÇÃO

Até a década de 1970 as lavouras de café no Brasil eram implantadas com baixo estande de plantas, em espaçamento maior do que o recomendado nos dias atuais. A necessidade de pulverizações constantes para o controle da ferrugem a partir dos anos 70 exigiu a disposição das plantas em renque e mais fechadas na linha de plantio, aumentando assim a densidade de plantas por área. O sistema de plantio adensado possibilita o aumento do número de plantas de três a cinco vezes em relação aos espaçamentos convencionais, que por sua vez, aumenta a produtividade, melhora o aproveitamento das áreas de plantio, entre outras características (GUIMARÃES et al., 2002). No entanto, este sistema necessita de uma atenção especial no que se refere ao manejo de podas, já que o sombreamento do terço inferior da parte aérea da planta é mais intenso, o que causa a morte de ramos plagiotrópicos e conseqüentemente uma redução na produção. Desta forma, a avaliação do desempenho de progênies após uma poda drástica, no caso de sistema adensado, é importante para um programa de melhoramento, no qual apenas plantas que apresentem um bom crescimento dos brotos e também outras características associadas a produção, resistência a doenças serão selecionadas para dar seqüência ao programa. A estimativa dos componentes genéticos é uma ferramenta de grande importância no melhoramento genético do cafeeiro. Por meio dela, é possível conhecer a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e também avaliar a eficiência da estratégia de melhoramento adotada. Dentre os parâmetros de maior importância, destacam-se as variâncias, as correlações e os coeficientes de variações, que facilitam a seleção das melhores progênies a partir das características mais promissoras (CRUZ; CARNEIRO, 2004). Existem

poucos relatos na literatura dos componentes genéticos de progênies submetidas a poda. Segundo Falconer (1981) a variância genética aditiva é o componente mais importante dentre os parâmetros genéticos, sendo um dos principais indicadores das propriedades genéticas observadas em uma população e sua resposta à seleção. No entanto, Resende e Higa (1994) consideraram que, no caso da seleção entre e dentro de progênies, frações da variação genética aditiva não são consideradas na seleção, pois são retidas nos efeitos de parcela e de blocos, sendo assim, os autores sugerem que com a utilização de todos os efeitos do modelo é possível conseguir a maximização na precisão da seleção, embora, em muitos casos, as inclusões dos efeitos de parcela e blocos podem pouco alterar a seleção. Neste contexto, objetivou-se estimar os componentes de variância de progênies F_2 submetidas a poda por meio do modelo linear utilizando o método de momentos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais, em Latossolo Vermelho Distroférico. Foram avaliadas 44 progênies F_2 de *Coffea arabica* L. que foram selecionadas a partir de uma população de híbridos. As sementes F_2 foram coletadas em março de 2002 e procedeu-se a formação das mudas e plantio em dezembro do mesmo ano. O espaçamento utilizado foi de 2,0 x 0,5 m. O experimento foi instalado em delineamento em bloco casualizados, com três blocos e 10 plantas por parcela. Com o objetivo de comparar o comportamento destas progênies F_2 após uma poda drástica, as mesmas foram recepadas a 40 centímetros de altura em relação ao solo, no mês de novembro de 2009. Foram realizadas desbrotas deixando apenas dois brotos por planta. Em maio de 2011 foram realizadas as medições da altura dos brotos e o seu diâmetro. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + b_j + g_i + e_{ij} + d_{ijk}$$

Em que Y_{ijk} é o valor do k -ésimo indivíduo no j -ésimo bloco da i -ésima progênie; m uma constante inerente a todas as observações; b_j é o efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2, 3$); g_i o efeito da i -ésima progênie ($i = 1, 2, 3, \dots, 44$); e_{ij} erro experimental e d_{ijk} é o desvio fenotípico do indivíduo k dentro da parcela ij .

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R versão 3.0.1 (R Development Core Team, 2013). O esquema da análise de variância, assim como a esperança do quadrado médio ponderado utilizado para a estimação dos componentes de variância são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Esquema da análise de variância e da esperança do quadrado médio ponderado utilizada para a estimação dos componentes de variância.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	b-1	Q_1	$\sigma_e^2 + \sigma_{dp}^2 + \bar{n}\sigma_e^2 + p\sigma_b^2$
Progênies	p-1	Q_2	$\sigma_e^2 + \sigma_{dp}^2 + \bar{n}\sigma_e^2 + b\sigma_g^2$
Erro entre	(b-1)(p-1)	Q_3	$\sigma_e^2 + \sigma_{dp}^2 + \bar{n}\sigma_e^2$
Erro dentro	(n-1)pb	Q_4	$\sigma_e^2 + \sigma_{dp}^2$

b = número de blocos; p = número de progênies; \bar{n} = média harmônica do número de plantas por parcela; σ_e^2 = componente de variância devido ao erro entre parcelas; σ_{dp}^2 = componente de variância devido ao erro dentro de parcelas; σ_b^2 = estimativa da variância entre blocos; σ_g^2 = estimativa da variância genética entre progênies.

a) Estimativa da variância genotípica entre progênies ($\hat{\sigma}_g^2$)

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{Q_2 - Q_3}{b}$$

b) Estimativa da variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$)

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{Q_3 - Q_4}{\bar{n}}$$

c) Estimativa da variância fenotípica dentro de progênies ($\hat{\sigma}_{dp}^2$)

$$\hat{\sigma}_{dp}^2 = Q_4 - \hat{\sigma}_e^2$$

d) Estimativa da variância de blocos ($\hat{\sigma}_b^2$)

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{Q_1 - Q_3}{p}$$

e) Estimativa da variância fenotípica total ($\hat{\sigma}_F^2$)

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{dp}^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

f) Estimativa da variância aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$)

$$\hat{\sigma}_A^2 = 2\hat{\sigma}_g^2 - \frac{1}{2}\hat{\sigma}_{dp}^2$$

g) Estimativa da correlação devida ao ambiente comum da parcela (\hat{C}^2)

$$\hat{C}^2 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_F^2}$$

h) Coeficiente de variância fenotípica dentro de parcelas (CV_{dp})

$$CV_{dp} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{dp}^2}}{\bar{x}} * 100$$

onde \bar{x} = média geral.

i) Coeficiente de variação genética entre progênies (CV_g)

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\bar{x}} * 100$$

j) Coeficiente de variação do resíduo (CV_e)

$$CV_e = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}{\bar{x}} * 100$$

k) Coeficiente de variação fenotípica (CV_F)

$$CV_F = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_F^2}}{\bar{x}} * 100$$

l) Estimativa da herdabilidade no sentido restrito de plantas individuais (\hat{h}_i^2)

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_{dp}^2 + \hat{\sigma}_b^2}$$

Aplicando-se uma intensidade de seleção de 10%, foram identificados os 90 indivíduos que apresentaram os melhores valores para altura e diâmetro dos brotos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos para o caráter altura de brotos (cm) e diâmetro de brotos (mm) estão representados na Tabela 2. Verifica-se por meio da estimativa de variância genotípica entre as progênies que a altura se destacou em relação ao diâmetro do broto, indicando maior variabilidade genética, sendo possível a seleção de progênies superiores para essa característica. Dias (2002), avaliando o crescimento vegetativo e a produção de 25 cultivares de *C. arabica*, verificou que plantas com maior incremento em altura tiveram maior produção de grãos, estas plantas tendem a apresentar maior número de ramos plagiotrópicos, assim como maior número de gemas, influenciando diretamente no aumento da produção. Em relação a variância aditiva, que é descrita como a variância dos valores genéticos, importante por ser transmitida a descendência e, sendo também o principal determinante das propriedades genéticas da população e da resposta da população à seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992), houve grande superioridade para altura de brotos.

O valor do coeficiente de variação genético CV_g (%) é um indicador da grandeza relativa das mudanças de um caráter, que podem ser obtidas por meio da seleção (FERRÃO e FONSECA, 1999). Altos valores referentes ao coeficiente de variação genético revelam que a seleção das melhores progênies possibilitará expressivo aumento no valor genético da população, quanto ao caráter em questão. De acordo com esses resultados, as maiores mudanças e ganhos devem ocorrer a partir da variável altura dos brotos, porém para este parâmetro os valores encontrados para as duas características ficaram próximos. Em relação a herdabilidade no sentido restrito de plantas individuais, que é definida como a parte da variação fenotípica que é em função da ação dos genes e passada a descendência, assim verifica-se aproximação entre os valores das características avaliadas, demonstrando que há condições favoráveis para a seleção. Resende et al. (2001) encontraram os valores de 0,026 para altura de plantas e 0,059 para diâmetro do caule de *Coffea arabica*. Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os 90 melhores indivíduos para as características altura e diâmetro dos brotos, respectivamente. Deste total de indivíduos selecionados, 38 apresentaram-se coincidentes, ou seja, destacaram-se para ambas as características avaliadas.

Tabela 2. Variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), variância fenotípica dentro de progênies ($\hat{\sigma}_{dp}^2$), variância de bloco ($\hat{\sigma}_b^2$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), variância aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), correlação devida ao ambiente comum da parcela (\hat{C}^2), coeficiente de variância fenotípica dentro de parcelas (CV_{dp}), coeficiente de variação genotípica (CV_g), coeficiente de variação experimental (CV_e), coeficiente de variação fenotípica (CV_F), estimativa da herdabilidade no sentido restrito de plantas individuais (\hat{h}_i^2) para o caráter altura de brotos (cm) e diâmetro de brotos (mm).

Estimativas dos componentes de variância	Caracteres	
	Altura dos brotos	Diâmetro dos brotos
$\hat{\sigma}_g^2$	224,7912	3,9513
$\hat{\sigma}_e^2$	211,6583	8,8220
$\hat{\sigma}_{dp}^2$	336,2130	4,2779
$\hat{\sigma}_b^2$	48,6381	1,5465
$\hat{\sigma}_F^2$	772,6625	17,0512
$\hat{\sigma}_A^2$	281,4758	5,7636
\hat{h}_i^2	0,3427	0,3099
\hat{C}^2	0,2739	0,5174
CV_{dp}	24,2632	16,3743
CV_g	19,8395	15,7368
CV_e	19,2512	23,5142
CV_F	36,7821	32,6907

Tabela 3. Identificação dos 90 melhores indivíduos para altura de brotos.

Ordem	Progênie	Indivíduo	Bloco	Planta	Altura do broto (mm)	Ordem	Progênie	Indivíduo	Bloco	Planta	Altura do broto (mm)	Ordem	Progênie	Indivíduo	Bloco	Planta	Altura do broto (mm)
1	103	938	2	8	176	31	139	1199	1	9	136	61	123	621	3	1	117.5
2	129	606	3	6	169.5	32	113	33	3	3	134	62	133	721	1	1	117.5
3	137	590	3	10	165	33	125	1153	2	3	133	63	142	773	1	3	117.5
4	102	958	1	8	162.5	34	104	1181	1	1	132.5	64	130	1005	1	5	117.5
5	141	516	1	6	160.5	35	106	492	1	2	130	65	119	548	2	8	117
6	123	623	3	3	158.5	36	143	899	3	9	129.5	66	133	725	1	5	117
7	132	1047	2	7	157	37	131	1014	1	4	128.5	67	103	937	2	7	117
8	133	724	1	4	156	38	129	609	3	9	128	68	130	191	2	1	116.5
9	111	161	3	1	153.5	39	102	952	1	2	128	69	106	497	1	7	116.5
10	102	959	1	9	152.5	40	110	51	2	1	127.5	70	114	715	1	5	116.5
11	103	424	3	4	152	41	112	682	2	2	127.5	71	111	786	2	6	116.5
12	130	1006	1	6	152	42	107	1165	2	5	127.5	72	116	941	1	1	116.5
13	111	162	3	2	151	43	132	1049	2	9	126.5	73	141	1133	3	3	115.5
14	123	625	3	5	150	44	117	376	3	6	126	74	117	43	2	3	115
15	113	34	3	4	146.5	45	106	456	2	6	124.5	75	121	271	1	1	115
16	111	785	2	5	143	46	138	828	3	8	124	76	141	520	1	10	115
17	124	559	2	9	142.5	47	101	1090	3	10	122	77	123	622	3	2	115
18	112	684	2	4	141.5	48	120	1292	3	2	122	78	133	726	1	6	115
19	122	153	3	3	141	49	132	1046	2	6	121	79	114	714	1	4	114.5
20	117	373	3	3	141	50	124	356	3	6	120.5	80	110	757	1	7	114
21	122	692	2	2	141	51	132	1048	2	8	120.5	81	142	869	3	9	114
22	110	756	1	6	140	52	124	355	3	5	119.5	82	120	1291	3	1	114
23	102	957	1	7	140	53	102	924	2	4	119.5	83	129	605	3	5	113
24	136	763	1	3	138.5	54	130	1007	1	7	119.5	84	133	727	1	7	113
25	122	85	1	5	138	55	136	762	1	2	118.5	85	103	931	2	1	113
26	139	595	3	5	138	56	136	764	1	4	118	86	102	956	1	6	113
27	125	615	3	5	138	57	142	771	1	1	118	87	139	596	3	6	112.5
28	112	303	1	3	137.5	58	102	929	2	9	118	88	111	781	2	1	112.5
29	123	624	3	4	137.5	59	109	1147	2	7	118	89	142	1023	2	3	112.5
30	110	751	1	1	136.5	60	117	44	2	4	117.5	90	102	5	3	5	112

Tabela 4. Identificação dos 90 melhores indivíduos para diâmetro de brotos.

Ordem	Progênie	Indivíduo	Bloco	Planta	Diâmetro do broto (mm)	Ordem	Progênie	Indivíduo	Bloco	Planta	Diâmetro do broto (mm)	Ordem	Progênie	Indivíduo	Bloco	Planta	Diâmetro do broto (mm)
1	113	34	3	4	25	31	141	1138	3	8	21	61	107	1166	2	6	19.5
2	103	424	3	4	25	32	120	1292	3	2	21	62	104	1172	2	2	19.5
3	129	606	3	6	25	33	117	373	3	3	20.5	63	104	1183	1	3	19.5
4	142	869	3	9	25	34	141	1133	3	3	20.5	64	108	1248	2	8	19.5
5	107	1165	2	5	24	35	141	1139	3	9	20.5	65	133	1278	2	8	19.5
6	111	785	2	5	23.5	36	104	1181	1	1	20.5	66	119	27	3	7	19
7	142	1023	2	3	23.5	37	133	1274	2	4	20.5	67	146	182	3	2	19
8	142	1024	2	4	23.5	38	122	151	3	1	20	68	130	200	2	10	19
9	113	33	3	3	23	39	113	317	2	7	20	69	141	513	1	3	19
10	104	1101	3	1	23	40	113	318	2	8	20	70	119	548	2	8	19
11	122	153	3	3	22.5	41	123	463	2	3	20	71	124	559	2	9	19
12	130	1007	1	7	22.5	42	123	623	3	3	20	72	138	912	2	2	19
13	132	1047	2	7	22.5	43	123	624	3	4	20	73	131	1016	1	6	19
14	111	1222	1	2	22.5	44	118	642	3	2	20	74	107	1112	3	2	19
15	108	1245	2	5	22.5	45	110	757	1	7	20	75	109	1147	2	7	19
16	131	633	3	3	22	46	136	763	1	3	20	76	107	1161	2	1	19
17	103	937	2	7	22	47	116	944	1	4	20	77	104	1171	2	1	19
18	130	1001	1	1	22	48	102	952	1	2	20	78	114	387	3	7	18.5
19	133	1273	2	3	22	49	102	958	1	8	20	79	135	404	3	4	18.5
20	120	1295	3	5	22	50	142	1022	2	2	20	80	106	497	1	7	18.5
21	111	162	3	2	21.5	51	132	1046	2	6	20	81	110	756	1	6	18.5
22	111	167	3	7	21.5	52	101	1090	3	10	20	82	136	764	1	4	18.5
23	138	828	3	8	21.5	53	104	1177	2	7	20	83	142	775	1	5	18.5
24	130	1006	1	6	21.5	54	125	1201	1	1	20	84	123	964	1	4	18.5
25	131	1014	1	4	21.5	55	121	271	1	1	19.5	85	123	968	1	8	18.5
26	104	1103	3	3	21.5	56	112	682	2	2	19.5	86	130	1005	1	5	18.5
27	133	1275	2	5	21.5	57	142	773	1	3	19.5	87	130	1064	3	4	18.5
28	133	1277	2	7	21.5	58	143	899	3	9	19.5	88	106	1097	3	7	18.5
29	142	771	1	1	21	59	142	1027	2	7	19.5	89	104	1102	3	2	18.5
30	131	1017	1	7	21	60	141	1136	3	6	19.5	90	139	1198	1	8	18.5

CONCLUSÕES

Foi possível identificar progênies que apresentam maior altura e diâmetro dos brotos após serem submetidas à uma poda drástica. A identificação destas progênies poderá ser utilizada no momento em que for avançar uma geração, juntamente com a informação de outras características de maior importância econômica, como produção, resistência a doenças.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsa Pesquisador Mineiro (PPM).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético 2. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585 p.
- DIAS, F.P. Caracterização de progênies de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) por meio de técnicas multivariadas. 2002. 64f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics.2. Ed. London: Longman, 1981. 340p.
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Programas de melhoramento genético de café robusta no Brasil. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 1999, Lavras. Anais...Lavras: UFLA, 1999. p. 50-64.
- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Cafeicultura. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. v.1, 317p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 12 mar. 2013.
- RESENDE, M. D. V. et al. Estimación de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. *Bragantia*, Campinas, v. 60, p. 185- 193, 2001.
- RESENDE, M. D. V., HIGA, A. R. Estimación de valores genéticos no melhoramento de *Eucaliptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e seus parentes. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.28/29, p.11-36, 1994.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.