

## SELEÇÃO DE CLONES DE CAFÉ ROBUSTA COM POTENCIAL PRODUTIVO PARA A ZONA DA MATA MINEIRA

Felipe Lopes da Silva<sup>1</sup>, Juliana Costa de Rezende<sup>2</sup>, Fernanda Cupertino Rodrigues<sup>3</sup>,  
Leila Caroline Toledo Cortez Soles<sup>4</sup>, Vanessa Vitoriano Pereira<sup>5</sup>,  
Marcelo Ribeiro Malta<sup>6</sup>

(Recebido: 16 de janeiro de 2015 ; aceito: 25 de maio de 2015)

**RESUMO:** Objetivou-se, selecionar clones superiores quanto às características agrônômicas e ao teor de cafeína nos grãos de *Coffea canephora*, por meio de procedimentos biométricos, para compor uma população base adequada às condições de cultivo de Minas Gerais. Dessa forma, avaliaram-se 69 clones de *C. canephora* var. *kouilouensis* e 46 clones de *C. canephora* var. *robusta*, pertencentes ao do Banco de Germoplasma da Epamig/UFV. Verifica-se variabilidade genética, nas populações em estudo. A seleção dos clones kouillou favorece ganho acima da média genotípica geral do experimento de 3%; 2,6%, 2,1%, 5,6%, 8,2% e 20,7%, respectivamente, para as características: vigor vegetativo médio das plantas, altura média das plantas, diâmetro médio da copa das plantas, diâmetro médio do caule das plantas, tamanho de frutos e produtividade. Para a seleção dos clones robusta, os ganhos observados são: 0,7%; 4,1%; 2,8%; 3,6%, 1,5% e 21,6%, respectivamente, para as mesmas características avaliadas acima. Tendo como base os caracteres agrônômicos desejados, que apresentassem menores teores de cafeína, selecionaram-se os clones 3013, 207, 303, 2029, 3036, 2014, 306 e 3015 para o grupo kouillou e, 101, 1028, 106 para o grupo robusta, os quais serão usados para compor uma população base para as condições de cultivo do estado de Minas Gerais.

**Termos para indexação:** *Coffea canephora*, melhoramento genético, BLUP, índice de seleção.

## SELECTION OF CLONES ROBUST COFFEE WITH PRODUCTION POTENTIAL IN AREA OF ZONA DA MATA-MG

**ABSTRACT:** The objective was to select superior clones as agronomic traits and caffeine content of the grains of *Coffea canephora* through appropriate biometric procedures, to compose a base population to growing in Minas Gerais state conditions. Thus, we evaluated 69 clones of *C. canephora* var. *kouilouensis* and 46 clones from *C. canephora* var. *robusta*, belonging to the Germplasm Bank of Epamig/UFV. The populations under study shows genetic variability. The selection of clones kouillou favor a gain above the overall average genotypic test 3%; 2.6%, 2.1%, 5.6%, 8.2% and 20.7%, respectively, for the characteristics vegetative vigor of plants, plant height average, diameter of plants average, diameter of the stems average, fruit size and yield. For robust clones the observed gains are: 0.7%; 4.1%; 2.8%; 3.6%, 1.5% and 21.6%, respectively, for the same characteristic measured above. Based on the desired agronomic traits, which presented lower levels of caffeine, the selected clones are 3013, 207, 303, 2029, 3036, 2014, 306 and 3015 for the kouillou group, and 101, 1028, 106 for the robust group, which will be used to compose a base population for the growing conditions in Minas Gerais.

**Index terms:** *Coffea canephora*, breeding, BLUP, index selection.

### 1 INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo. Dentre seus constituintes, a cafeína destaca-se como principal princípio psicoativo (ALI et al., 2012; ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012), sendo o estimulante mais comum atualmente. Estudos indicam que o consumo moderado de café tem efeitos positivos na saúde humana, sendo citados como funcionais ou nutracêuticos. No entanto, quando consumida em doses elevadas, a cafeína pode ser associada aos sintomas de nervosismo, ansiedade, insônia, desconforto gastrointestinal, taquicardia e agitação psicomotora (REISSIG; STRAIN; GRIFFITHS, 2009). Além

disso, muitas pessoas apresentam sensibilidade e intolerância a este alcaloide.

A busca pelo café com baixo teor de cafeína tem mobilizado estudiosos do mundo inteiro para atender à demanda crescente de pessoas que querem se livrar dos efeitos colaterais provocados por essa substância estimulante. O café descafeinado responde por 10% do consumo mundial da bebida, porém a maioria dos métodos de descafeinação utiliza solventes como diclorometano, clorofórmio, etanol e acetona, entre outros (ABRAHÃO et al., 2008). Considerando que o Brasil é o maior produtor mundial de café, há uma busca constante pelo desenvolvimento de cultivares com baixos teores de cafeína, visando

<sup>1,3,4,5</sup>Universidade Federal de Viçosa/UFV - Departamento de Fitotecnia - Avenida P.H. Rolfs s/n - 36570-900 - Viçosa - MG  
felipe.silva@ufv.br, fernanda.cupertino@ufv.br, caroline.tcortez@gmail.com, vvitorianopereira@yahoo.com.br

<sup>2,6</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Campus UFLA - Cx.P 176 - 37200-000 - Lavras - MG  
julianacr@epamig.ufla.br, marcelomalta@epamig.ufla.br

atender a um nicho de mercado específico que prefere consumir cafês com menores teores dessa substância.

As espécies de café mais comercializadas são *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (robusta). O café arábica é um produto com aroma e sabor mais intenso e característico, apresentando maior valor comercial e qualidade sensorial. O café robusta, utilizado em *blends* com o arábica, tem a finalidade de conferir mais corpo e reduzir a acidez da bebida, ajustando-a a preferência dos consumidores (MARCUCCI et al., 2013). O teor de cafeína é variável entre as espécies de *Coffea*, sendo os maiores teores desse alcaloide relatado no café robusta (SOUZA; BENASSI, 2012).

O cultivo de *Coffea canephora* ainda não foi consolidado no Estado, sendo considerado uma alternativa para a agricultura da Região Norte de Minas Gerais, que possui disponibilidade de área, clima e solo favoráveis à exploração dessa espécie. Recentemente, tem havido grande demanda por parte de agricultores familiares, grandes empresários e extensionistas por técnicas de cultivo desse café, entretanto, ainda não há resultados de pesquisas sobre o comportamento desse café na região, bem como sobre a tecnologia de produção.

Assim, o melhoramento genético torna-se um grande aliado nas buscas de genótipos de *C. canephora*, com diferentes teores de cafeína e que sejam adequados às condições de cultivo de Minas Gerais. Na seleção de progênies superiores, o embasamento em uma ou poucas características pode não ser adequada ao melhorista. Dessa forma, a seleção simultânea de várias características desejáveis visa aumentar a probabilidade de sucesso do programa (COSTA et al., 2004; GONÇALVES et al., 2007). Os índices de seleção são técnicas multivariadas que permitem a combinação de várias informações contidas na unidade experimental, com o propósito de selecionar materiais superiores com base em um complexo de variáveis que reúna atributos de interesse ao melhorista, de modo que resulte em melhores ganhos simultâneos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). O índice baseado na soma de “ranks” (MULAMBA; MOCK, 1978) tem sido indicado na literatura por proporcionar melhores ganhos simultâneos em várias situações (COSTA et al., 2004; SANTOS et al., 2007).

Além disso, o método de modelos mistos (HENDERSON, 1984) é um procedimento flexível para obter estimativas de parâmetros

genéticos e de valores genéticos, especialmente, sob condições de desbalanceamento, maximizando os ganhos genéticos com a seleção (CHIORATO et al., 2008; FURLANI et al., 2005). Objetivou-se, dessa forma, selecionar clones superiores quanto as características agronômicas e que apresentem menores teores de cafeína nos grãos de *C. canephora* var. *kouilouensis* e var. *robusta*, por meio de procedimentos biométricos, para compor uma população base para as condições de cultivo do estado de Minas Gerais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Em julho de 2009, quatro experimentos foram implantados na Fazenda Experimental da EPAMIG em Oratórios, Minas Gerais, sendo dois deles envolvendo 34 e 32 genótipos de *C. canephora* var. *kouilouensis* De Wild. e três testemunhas comuns; e dois experimentos envolvendo 44 genótipos de *C. canephora* var. *robusta* (L. Linden) A. Chev. e duas testemunhas comuns. Esses clones são provenientes do Banco de Germoplasma da Epamig/UFV.

Cada experimento foi implantado sob o delineamento experimental de blocos completos com tratamentos casualizados, em cinco repetições e parcelas experimentais constituídas de uma planta, conduzida com quatro hastes cada, no espaçamento de 3,0 x 1,5 m. A condução foi de acordo com as recomendações técnicas para a cultura de *C. canephora* usualmente empregadas no estado do Espírito Santo, em que os tratamentos fitossanitários foram realizados acompanhando a sazonalidade da ocorrência das pragas e doenças.

### Avaliação de características agronômicas

Em julho de 2013, foram avaliadas as seguintes características: vigor vegetativo médio das plantas (VIG), reação à ferrugem do cafeeiro no campo (FER), reação à cercóspora no campo (CER), altura média das plantas (APL), diâmetro médio da copa das plantas (DCO), diâmetro médio dos ramos ortotrópicos das plantas (DCAU), época de maturação de frutos (MAT), tamanho de frutos (TFR) e produtividade em sacas de café beneficiado por hectare (PRO).

O VIG foi avaliado pelo aspecto geral da planta, adotando-se notas de 1 (planta totalmente depauperada) a 10 (planta altamente vigorosa) (CARVALHO; MÔNACO; FAZUOLI, 1979), a FER foi avaliada por escala de notas variando de 1 (ausência de pústulas e reações de hipersensibilidade) a 5 (alta quantidade de pústulas

com alta produção de esporos e alta desfolha da planta) (PETEK; SERA, FONSECA, 2008) e a CER de 0 (ausência de sintomas) a 5 (planta com intensa seca de ramos e sintomas de manchas grandes e negras bastante espalhadas pela planta e frutos bastante atacados), conforme sugerido por Petek et al. (2007). A APL foi avaliada do nível do solo ao ponto mais alto da planta em centímetro; o DCO determinado pela projeção da copa no solo em centímetro e o DCAU foi determinado pela média das medições do diâmetro a aproximadamente 10 cm do solo em milímetro. A MAT foi determinada, utilizando escala de nota de 1 a 3, sendo, 1 para maturação precoce, considerando que mais de 70% dos frutos na planta estavam maduros; 2 para maturação média, considerando que 25 a 70% dos frutos na planta estavam maduros; e, 3 para maturação tardia, considerando que, no máximo, 25% dos frutos na planta estavam maduros; o TFR determinado utilizando escala de nota de 1 a 3, sendo, 1 para frutos pequenos, 2 para frutos de tamanho médio e 3 para frutos de grãos e a PRO determinada pela colheita e medição em litros de todos os frutos da planta, considerou-se a área da parcela e, posteriormente, utilizou-se a relação de 360 litros de frutos, para uma saca de café beneficiado por hectare.

As análises estatísticas para as características agrônômicas foram realizadas com o auxílio do programa computacional em genética e estatística Selegen-Reml/Blup (RESENDE, 2007b). As equações de modelo misto foram utilizadas para prever os valores genotípicos dos genótipos, dentro de cada variedade (*C. canephora* var. *kouilouensis* e *C. canephora* var. *robusta*), visto que houve desbalanceamento no número de repetições para alguns clones. Como os clones (exceto as testemunhas) não eram comuns aos dois experimentos de cada grupo, os blocos experimentais caracterizaram-se como incompletos e, portanto, foram analisados como tal. Assim, o modelo usado foi:

$$y = Xr + Zg + Wb + e$$

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 (assumidos como aleatórios),  $b$  é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios), e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (RESENDE, 2007b). A significância para cada característica

foi estimada pela análise de deviance (ANADEV) (RESENDE, 2007a), seguido do teste de razão de verossimilhança (LRT), a 1 e 5% de probabilidade.

Os componentes de variância foram obtidos pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita-REML e utilizados para computar as estimativas de herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo e para predição BLUP. A partir dos valores genotípicos preditos, os ganhos com a seleção (GS) foram estimados por meio da expressão:

$$GS = \left( \frac{Ms - Mo}{Mo} \right) \times 100$$

em que GS é o ganho obtido com a seleção, em porcentagem; Ms: média dos clones para o caráter desejado, selecionados a partir da intensidade de seleção desejada; Mo: média inicial dos clones de cada caráter desejado antes da seleção.

Os valores genotípicos, preditos para cada clone dentro de cada grupo das características agrônômicas, com exceção à época de maturação de frutos, uma vez que há a necessidade em um programa de melhoramento de se ter clones com grupos de maturidade diferentes, foram utilizados para determinação do índice de seleção, baseado na soma de rank preconizado por Mulamba e Mock (1978).

#### Extração e quantificação do teor de cafeína nos grãos

Na ocasião da colheita, em julho de 2013, foi coletado 1 litro de frutos, em cada parcela experimental das três primeiras repetições dos experimentos, em que todos os genótipos estavam representados, caracterizando assim um balanceamento dos dados.

Os frutos foram coletados no estádio “cereja” e secos em estufa de circulação forçada a 65°C, por 48 horas. Após a secagem, eles foram descascados e os grãos foram enviados para o Laboratório de Qualidade do Café “Dr. Alcides Carvalho”, pertencente à EPAMIG, localizado no município de Lavras, Minas Gerais, para que a extração e a quantificação do teor de cafeína fosse realizada. Para isso, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Li, Berger e Hartland (1990).

As análises de variância agrupadas, considerando, separadamente, os dois experimentos var. *kouilouensis*, e os dois experimentos da var. *robusta*, e os testes de agrupamento de médias Scott e Knott, visando à seleção de clones, com baixo teor de cafeína, foram realizados com o auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Características agronômicas

Os LRT indicaram, através dos valores das variâncias genótípicas, efeitos significativos para o grupo kouillou, para as características VIG, FER, APL, DCO, DCAU, MAT, TFR e PRO. Já para o grupo robusta, efeitos significativos foram obtidos para as características FER, APL, MAT, TFR e PRO (Tabela 1). Esses resultados indicam a existência de variabilidade genética nas populações em estudo, sinalizando que as possibilidades de uso deste material, para o desenvolvimento de variedades sintéticas são promissoras. Quanto maior a magnitude da variabilidade genética nas populações, 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; RODRIGUES et al., 2012).

Os resultados referentes às estimativas dos parâmetros genéticos para a avaliação dos experimentos de clones, pertencentes ao grupo kouillou e robusta são apresentados na Tabela 2. Verifica-se, de maneira geral, alta variabilidade genética entre os genótipos avaliados, conforme se depreende das estimativas das herdabilidades ajustadas da média de clones, para a maioria dos

caracteres avaliados. Essa variabilidade corrobora os resultados das análises de deviance e as significâncias do teste de razão da verossimilhança (LRT), apresentados na Tabela 1.

As características CER na população de kouillou e VIG, CER, DCO e DCAU na população de robusta foram muito influenciadas pelo ambiente e, apresentaram baixos valores de herdabilidade (de 0,11 a 0,59), de coeficiente de variação relativa (de 0,11 a 0,38) e variância genética não significativa, corroborando a dificuldade de selecionar plantas superiores partindo-se destas características, aos 48 meses após o plantio.

De maneira geral, os valores da acurácia da predição dos valores genótipos foram considerados altos para todas as características avaliadas, com exceção à reação à cercospora para o grupo kouillou e vigor de plantas para o grupo robusta (Tabela 1), de acordo com valores sugeridos por Resende e Duarte (2007) os quais afirmam que, nos processos de seleção em melhoramento de plantas, valores de acurácia superiores a 70% devam ser buscados. Os altos valores obtidos para esta estimativa podem estar associados ao maior número de repetições utilizadas nos experimentos e à utilização de parcelas experimentais de uma planta (LEITE et al., 2009; LEITE; PETERNELLI; BARBOSA, 2006).

**TABELA 1** - Análises de deviance, significâncias do teste de razão da verossimilhança (LRT), referentes às características vigor vegetativo (VIG), reação à ferrugem (FER) e a cercospora (CER), altura das plantas (APL), diâmetro da copa (DCO), diâmetro de caule (DCAU), maturação (MAT), tamanho dos frutos (TFR) e produtividade (PRO) realizadas nos experimentos de genótipos de *Coffea canephora* variedades *kouillou* e *robusta*.

<i>Coffea canephora</i> var. <i>kouilouensis</i>									
Efeito	VIG	FER	CER	APL	DCO	DCAU	MAT	TFR	PRO
Genótipos	216.31	331.88	350.6	1908.8	1986.2	1056.2	172.45	38.95	2095.6
Modelo completo	204.82	278.77	350.6	1903.	1982.8	1038.7	54.58	-19.53	2077.5
LRT	11.49**	53.11**	0.06	5.57*	3.39 <sup>+</sup>	17.46**	117.8**	58.48**	18.08**
<i>Coffea canephora</i> var. <i>robusta</i>									
Efeito	VIG	FER	CER	APL	DCO	DCAU	MAT	TFR	PRO
Genótipos	139.31	-41.11	-27.52	1064.5	1099.4	627.25	14.87	-37.23	1111.3
Modelo completo	138.96	-66.18	-29.19	1058.0	1096.9	624.91	-25.00	-74.96	1106.5
LRT	0.35	25.07**	1.67	6.59*	2.49	2.34	39.87**	37.73**	4.78*

\*\* , \* e <sup>+</sup> : significativo a 1, 5 e 10%, respectivamente, pelo teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

**TABELA 2** - Média, componentes de variância e parâmetros genéticos para as características avaliadas: vigor vegetativo (VIG), reação à ferrugem (FER) e à cercóspera (CER), altura de planta (APL), diâmetro de copa (DCO), diâmetro de caule (DCAU), época de maturação (MAT), tamanho de fruto (TFR) e produtividade (PROD), avaliadas em 69 clones de *Coffea canephora* var. kouilouensis e 46 clones de *Coffea canephora* var. robusta, pertencentes ao do Banco de Germoplasma da EPAMIG/UFV.

<i>Coffea canephora</i> var. <i>kouilouensis</i>									
Parâmetros <sup>1</sup>	VIG	FER	CER	APL	DCO	DCAU	MAT	TFR	PROD
$\sigma^2_g$	0.13	0.52	0.00	59.35	52.74	3.97	0.35	0.16	220.24
$\sigma^2_e$	0.61	0.66	0.08	427.05	599.57	14.45	0.25	0.21	769.12
$\sigma^2_f$	0.82	1.27	0.10	539.78	727.26	20.23	0.63	0.40	1085.50
$h^2_g$	0.16	0.41	0.01	0.11	0.07	0.20	0.55	0.40	0.20
$h^2_{mc}$	0.69	0.89	0.11	0.58	0.47	0.73	0.93	0.88	0.74
$AC_{clones}$	0.83	0.94	0.33	0.76	0.68	0.86	0.97	0.94	0.86
$CV_e$	11.71	36.71	14.73	13.56	14.68	16.64	26.63	20.83	56.14
$CV_r$	0.47	0.88	0.11	0.37	0.30	0.52	1.17	0.87	0.54
Média Geral	6.66	2.22	1.96	152.34	166.78	22.84	1.88	2.21	49.40
<i>Coffea canephora</i> var. <i>robusta</i>									
Parâmetros <sup>1</sup>	VIG	FER	CER	APL	DCO	DCAU	MAT	TFR	PROD
$\sigma^2_g$	0.04	0.08	0.02	152.84	114.33	3.74	0.16	0.11	156.19
$\sigma^2_e$	0.80	0.13	0.22	565.38	810.84	25.80	0.16	0.11	845.97
$\sigma^2_f$	0.94	0.23	0.28	788.89	1026.53	32.76	0.34	0.24	1107.9
$h^2_g$	0.04	0.35	0.09	0.19	0.11	0.11	0.46	0.45	0.14
$h^2_{mc}$	0.32	0.86	0.51	0.73	0.59	0.59	0.91	0.90	0.65
$AC_{clones}$	0.57	0.93	0.72	0.85	0.76	0.77	0.95	0.95	0.81
$CV_e$	12.85	33.25	26.66	14.49	15.92	20.46	15.13	12.42	86.15
$CV_r$	0.22	0.78	0.32	0.52	0.38	0.38	0.99	0.96	0.43
Média Geral	6.96	1.10	1.77	164.05	178.89	24.82	2.67	2.73	33.76

<sup>1</sup> :  $\sigma^2_g$ : variância genotípica;  $\sigma^2_e$ : variância residual;  $\sigma^2_f$ : variância fenotípica individual;  $h^2_g$ : herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais;  $h^2_{mc}$ : herdabilidade ajustada da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa;  $AC_{clones}$  acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa;  $CV_e$ : coeficiente de variação residual,  $CV_r$ : coeficiente de variação relativa; Média geral do experimento

De acordo com Ferrão et al. (2008), os países importadores de *C. canephora* estão exigindo cada vez mais grãos de tamanho maior e de alta qualidade. As herdabilidades médias de clones, a acurácia da seleção de genótipos e o coeficiente de variação relativa para as características MAT e TFR foram superiores a 88%, 0,87 e 0,97, respectivamente, sugerindo progresso genético em resposta à seleção entre clones (RESENDE; DUARTE, 2007) e revelando que a seleção dos melhores clones possibilitará expressivo aumento no valor genético das populações, quanto aos caracteres em questão.

Vale ressaltar que tamanho de frutos tem herança quantitativa na maioria das clones, sendo bastante influenciado pelo ambiente de cultivo (RODRIGUES et al., 2012), mas, no presente experimento, as altas magnitudes de herdabilidade e as altas relações  $CV_g/CV_e$  evidenciam a predominância da variabilidade genética, em relação à ambiental e à possibilidade de melhoramento para essas características, atendendo-se às exigências do produtor.

Já o coeficiente de variação residual variou de 11.71 a 56.14 para o grupo kouillou, e de 12.42 a 86.15, para cafeeiros do grupo robusta.

**TABELA 3** - Valores genotípicos preditos (Vg), classificação (r) de 21 clones de *Coffea canephora* var. *koiullou* e valores relativos ao índice de Mulamba e Mock (1978) (Ij), para as características vigor vegetativo (VIG), reação à ferrugem (FER), reação à ferrugem (FER) e à cercospora (CER), altura de planta (APL), diâmetro de copa (DCO), diâmetro de caule (DCAU), tamanho de fruto (TFR) e produtividade (PRO).

Clone	VIG		FER		CER		APL		DCO		DCAU		TFR		PRO		Ij
	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	
24	7.2	1	1.2	1	1.9	1	163.4	1	176.7	1	26.9	2	2.4	12	79.7	1	20
304	6.9	10	1.3	3	1.9	1	158.1	8	173.0	2	25.0	5	2.1	23	73.3	2	54
305	7.0	5	2.1	30	1.9	1	157.3	12	172.2	6	24.8	7	2.3	14	68.2	5	80
207	7.0	4	1.8	21	1.9	1	153.8	25	170.3	11	25.2	4	2.4	11	53.1	22	99
3013	6.7	19	1.9	23	1.9	1	158.5	6	170.3	10	23.2	18	2.2	18	66.2	7	102
3032	6.9	9	1.9	23	1.9	1	158.7	4	169.5	16	22.4	37	2.5	7	63.3	9	106
3036	6.9	8	2.5	42	1.9	1	155.3	20	172.2	5	22.7	31	2.9	1	67.4	6	114
3023	7.0	5	1.9	24	1.9	1	157.6	10	170.2	12	24.8	8	1.9	31	50.9	25	116
2032	6.8	11	2.9	51	1.9	1	158.9	3	170.1	13	25.3	3	2.0	27	65.23	8	117
203	6.9	8	2.0	26	1.9	1	152.0	37	173.0	3	23.5	16	2.2	17	57.1	14	122
306	6.8	13	1.8	19	1.9	1	152.0	38	168.7	22	25.0	6	2.4	10	56.9	15	124
3026	6.8	12	1.5	8	1.9	1	154.0	24	168.8	19	27.5	1	1.8	39	50.1	27	131
2025	6.4	34	3.3	54	1.9	1	158.5	5	171.5	9	23.1	22	2.5	7	71.4	3	135
303	6.8	14	2.2	32	1.9	1	152.4	34	168.8	18	23.6	15	2.7	4	49.2	29	147
2021	6.4	32	3.4	55	1.9	1	157.8	9	169.6	15	24.3	11	2.4	9	56.0	16	148
2029	7.0	3	1.7	16	1.9	1	150.7	44	167.3	30	23.2	20	2.2	19	53.8	19	152
2014	6.7	18	2.5	44	1.9	1	157.3	11	166.0	40	22.9	26	2.4	9	69.3	4	153
2034	6.7	17	2.8	49	1.9	1	156.9	13	171.8	7	22.4	36	2.3	13	55.3	17	153
2019	6.5	24	3.4	57	1.9	1	155.7	17	167.7	24	23.8	13	2.5	8	57.6	13	157

**TABELA 4** - Valores genotípicos preditos (Vg), classificação (r) de 14 clones de *Coffea canephora* var. robusta e valores relativos ao índice de Mulamba e Mock (1978) (Ij), para as características vigor vegetativo (VIG), reação à ferrugem (FER) e à cercospora (CER), altura de planta (APL), diâmetro de copa (DCO), diâmetro de caule (DCAU), tamanho de fruto (TFR) e produtividade (PRO).

Clone	VIG		FER		CER		APL		DCO		DCAU		TFR		PRO		Ij
	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	Vg	r	
1018	7.0	1	0.9	2	1.6	1	184.5	1	193.8	1	28.8	1	2.93	6	47.7	3	16
408	7.0	1	1.0	9	1.6	1	180.2	3	189.9	1	26.6	1	2.93	6	38.8	8	30
1019	7.0	1	0.9	5	1.9	1	169.3	10	184.5	1	25.7	1	2.92	7	40.3	6	32
403	7.0	1	1.1	10	1.8	1	174.0	5	178.4	1	24.5	1	3.00	2	37.3	12	33
4021	6.9	1	1.2	13	1.9	1	167.6	16	183.0	1	25.6	1	2.97	3	58.5	1	37
4024	7.1	1	1.0	9	1.8	1	177.7	4	192.8	1	25.6	1	2.48	18	41.3	4	39
104	7.0	1	0.9	5	1.8	1	170.9	8	182.7	1	25.6	1	2.87	10	36.1	15	42
4027	7.0	1	1.1	10	1.8	1	169.1	11	185.2	1	26.1	1	3.00	2	33.4	24	51
401	6.9	1	1.1	10	1.7	1	162.5	26	179.7	1	25.1	1	2.94	5	39.6	7	52
1028	6.9	1	0.9	3	1.8	1	163.1	24	179.2	1	25.5	1	2.93	6	36.1	16	53
4031	7.0	1	1.1	10	1.7	1	163.9	20	175.3	1	25.4	1	2.62	16	41.2	5	55
101	6.8	1	0.9	4	1.6	1	164.1	19	180.1	1	24.4	1	2.91	8	33.9	20	55
106	6.9	1	2.4	15	1.7	1	169.1	12	183.4	1	24.9	1	2.33	23	51.8	2	56
4019	7.0	1	1.0	9	1.7	1	173.9	6	185.0	1	25.7	1	1.98	28	38.3	9	56

Os valores de alta magnitude, observados nesse coeficiente para produtividade, podem ser justificados em função dos diferentes fatores que influenciam no momento da colheita, além da expressão diferencial de genes, ao longo do desenvolvimento da planta, e das condições de ambiente apresentadas nos anos de colheita, como destacam Bonomo et al. (2004).

Os valores genotípicos preditos para os genótipos do grupo kouillou e para os pertencentes ao grupo robusta, bem como o índice de seleção baseado na soma de ranks, encontram-se nas Tabelas 3 e 4. Para as características em que não houve significância para o efeito de genótipos foram atribuídos o valor 1 de rank para todos os clones, visto que, estatisticamente, todos os valores genotípicos, para estas características, são iguais.

A seleção dos clones kouillou favoreceu um ganho acima da média genotípica geral do experimento de: 3%; 2,6%, 2,1%, 5,6%, 8,2% e 20,7%, respectivamente, para as características: vigor vegetativo médio das plantas, altura média das plantas, diâmetro médio da copa das plantas, diâmetro médio do caule das plantas, tamanho de frutos e produtividade. Para as características reação à ferrugem e à cercospora em campo, não houve ganho com a seleção. A seleção foi eficiente para clones com diferentes épocas de maturação de frutos, sendo que a maioria dos clones kouillou apresentaram época de maturação precoce e intermediária.

Para a seleção dos clones robusta, os ganhos observados foram: 0,7%; 4,1%; 2,8%; 3,6%, 1,5% e 21,6%, respectivamente para as características vigor vegetativo médio das plantas, altura média das plantas, diâmetro médio da copa das plantas, diâmetro médio do caule das plantas, tamanho de frutos e produtividade.

Vale ressaltar que nosso programa de melhoramento genético busca genótipos que sejam adequados às condições de cultivo do estado de Minas Gerais. A pesquisa indica uma produtividade média de café conilon de 35,02 sc.ha<sup>-1</sup>, para o estado do Espírito Santo (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014). No presente trabalho, foi obtida produtividade média de 49,40 sc.ha<sup>-1</sup> para o café kouillou e de 33,76 sc.ha<sup>-1</sup> para o café robusta. Considerando-se o ganho de seleção em torno de 20,7% e de 21,6% para produtividade do café *kouilouensis* e do café robusta, respectivamente, haveria um aumento de 10,22 sacas.ha<sup>-1</sup> com a seleção dos melhores clones de kouillou e de 7,3 sacas.ha<sup>-1</sup> com a seleção dos melhores clones de robusta.

Para a característica reação à cercospora no campo, não houve ganho com a seleção. Para a característica reação à ferrugem no campo, a média dos clones selecionados passou para 1,16 o que ainda é considerado uma reação de imunidade a este patógeno (PETEK et al., 2007). Quanto à época de maturação, verificou-se que a maioria dos clones robusta selecionados são tardios. Neste sentido, a obtenção de híbridos interpopulacionais, entre clones kouillou precoces e clones robusta intermediários ou tardios, favoreceria a obtenção de genótipos com características semelhantes ao grupo robusta, mas com época de maturação precoce.

### Teor de cafeína

Os efeitos de clones ajustados para os grupos kouillou e robusta foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F (dados não apresentados), revelando alta variabilidade genética contida dentro dos grupos, para a característica teor de cafeína nos grãos. Essa variabilidade genética pode ser comprovada pela alta magnitude do coeficiente de variação genético para os dois grupos de clones avaliados (3,63 e 5,49, respectivamente, para kouillou e robusta) e pelos baixos valores dos coeficientes de variação ambiental (menores que 3,5%), indicando alta precisão experimental e refletindo na eficiência do processo seletivo. Da mesma forma, valores de herdabilidades ao nível de média foram acima de 98%, favorecendo a maior eficiência da seleção e a obtenção de ganhos genéticos para a característica em questão.

A utilização do teste de agrupamento de médias Scott e Knott, a 5% de probabilidade, favoreceu a formação de oito e doze grupos homogêneos, respectivamente, para kouillou e robusta (Tabelas 5 e 6). Foi observada variação entre 1,64% e 2,69%, com média de 2,07%, para teor de cafeína em clones kouillou, e entre 1,60% a 2,51%, com média de 2%, em clones robusta. Aguiar et al. (2005), também observaram variabilidade nos teores de cafeína em *Coffea canephora* com teores entre 1,94% a 3,29%, indicando a possibilidade de seleção de plantas de interesse para o melhoramento dessa espécie.

As plantas de *Coffea canephora* são bastante variáveis, quanto ao teor desse alcaloide, podendo atingir até 4% do peso seco da semente (AGUIAR et al., 2005); contudo, a legislação brasileira define um teor máximo de 0,1% de cafeína nos grãos descafeinados (BRASIL, 1999).



**TABELA 5** - Teor de cafeína nos grãos determinada em 69 clones de *Coffea canephora* var. *kouilouensis*.

Clone	% Cafeína	Clone	% Cafeína	Clone	% Cafeína
3013	1.64 a	3032	1.94 c	304	2.15 e
2036	1.73 a	3035	1.94 c	3019	2.15 e
207	1.75 a	2010	1.95 c	3022	2.16 e
3016	1.75 a	209	1.96 c	3028	2.18 e
303	1.77 a	204	1.96 c	2027	2.18 e
309	1.78 a	2023	1.96 c	2031	2.21 e
2020	1.79 a	3033	1.97 c	201	2.22 e
2028	1.81 a	208	1.97 c	2016	2.24 e
2029	1.81 a	202	1.97 c	307	2.26 e
2018	1.81 a	302	1.97 c	2012	2.29 f
3023	1.83 b	3020	1.99 c	2034	2.31 f
3026	1.84 b	2037	1.99 c	3034	2.34 f
30	1.85 b	2013	2.01 c	3031	2.37 f
2017	1.85 b	24	2.02 c	2032	2.37 f
3012	1.86 b	3036	2.04 d	206	2.38 f
2026	1.88 b	2035	2.05 d	3021	2.44 g
2014	1.88 b	308	2.06 d	2019	2.46 g
203	1.88 b	3029	2.07 d	2022	2.48 g
3018	1.89 b	11	2.09 d	3025	2.49 g
3037	1.90 b	3014	2.10 d	2015	2.58 h
306	1.90 b	2025	2.10 d	2033	2.60 h
3015	1.92 c	301	2.10 d	305	2.63 h
3027	1.92 c	2021*	2.11 d	205	2.69 h

Médias seguidas pela mesma letra não diferem, estatisticamente, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

**TABELA 6** - Teor de cafeína nos grãos determinada em 46 clones de *Coffea canephora* var. *robusta*.

Clone	% Cafeína	Clone	% Cafeína	Clone	% Cafeína
1025	1.60 a	4023	1.91 d	4024	2.13 h
101	1.66 a	4018	1.91 d	4027	2.13 h
1028	1.74 b	4021*	1.93 e	1024	2.13 h
106	1.74 b	1022	1.94 e	4022	2.13 h
4019	1.78 c	13	1.94 e	409	2.13 h
1023	1.78 c	102	1.95 e	4010	2.13 h
401	1.81 c	4016	1.97 f	4020	2.16 i
1011	1.81 c	1017	1.99 f	4015	2.19 i
1026	1.84 d	12	2.00 f	408	2.21 j
1014	1.84 d	109	2.00 f	4031	2.22 j
1029	1.86 d	104	2.03 g	403	2.23 j
1016	1.86 d	405	2.03 g	404	2.27 j

1019	1.88 d	108	2.07 g	105	2.45 k
4030	1.89 d	4028	2.07 g	4011	2.51 l
1031	1.89 d	103	2.08 g		
1018	1.90 d	4025	2.08 g		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem, estatisticamente, pelo teste Scott-Knott, a5% de probabilidade.

Dessa forma, dada a importância desta variável, foram considerados para seleção, os clones destacados pelo índice de Mulamba e Mock (1978) (Tabelas 5 e 6), tendo como base os caracteres agronômicos desejados, que apresentassem menores teores de cafeína, sendo eles: 3013, 207, 303, 2029, 3036, 2014 e 306 para o grupo kouillou e, 101, 1028, 106 para o grupo robusta.

Com a seleção desses genótipos, estima-se um ganho de 13% para o grupo kouillou e, de 14,5% para o grupo robusta, com as novas médias de 1,80% e de 1,71% de cafeína, respectivamente. Para alcançar o objetivo do programa, primeiramente há a necessidade da realização de novos trabalhos para conhecer o controle genético dessa característica em *Coffea canephora*, e, posteriormente a este estudo, os clones aqui selecionados poderão ser utilizados como genitores dos programas de hibridação intra e interpopulacional, favorecendo futuras seleções com o intuito de obter uma população base adaptada para as diferentes condições edafoclimáticas do estado de Minas Gerais, combinando produtividade e baixos teores de cafeína.

#### 4 CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética nas populações em estudo, para todas as características avaliadas. Tendo como base os caracteres agronômicos desejados, com menores teores de cafeína, selecionaram-se os clones 3013, 207, 303, 2029, 3036, 2014, 306 e 3015 para o grupo kouillou e, 101, 1028, 106 para o grupo robusta, os quais serão usados para compor uma população base, para as condições de cultivo do estado de Minas Gerais.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo aporte financeiro ao programa de melhoramento genético do cafeeiro da EPAMIG e pela concessão de bolsa PNPd (JCR).

#### 6 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1799-1804, dez. 2008.

AGUIAR, A. T. E. et al. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 577-582, 2005.

ALI, M. M. et al. Determination of caffeine in some Sudanese beverages by high performance liquid chromatography. **Pakistan Journal of Nutrition**, Faisalabad, v. 11, n. 4, p. 336-342, 2012.

BONOMO, P. et al. Seleção antecipada de progênies de café descendentes de 'Híbrido de Timor' X 'Catuaí Amarelo' e 'Catuaí Vermelho'. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, p. 91-96, 2004.

BRASIL. Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999. Regulamento técnico para fixação de identificação e qualidade de café torrado em grão e café torrado e moído. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 80, p. 22, 29 abr. 1999. Seção 1.

CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do café XL: estudos de progênies e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 202-216, 1979.

CHIORATO, A. F. et al. Prediction of genotypic values and estimation of genetic parameters in common bean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 51, n. 3, p. 465-472, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café safra 2014: terceiro levantamento**, set. 2014. Brasília, 2014. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_09\\_16\\_08\\_47\\_43\\_boletim\\_setembro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_16_08_47_43_boletim_setembro_2014.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2014.

COSTA, M. M. et al. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, nov. 2004.

- CRUZ, C. D. **Programa GENES:** estatística experimental e matrizes. Viçosa, MG: UFV, 2006. 285 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.
- ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. Food Research International, New York, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012.
- FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café Conilon. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, p. 61-69, 2008.
- FURLANI, R. C. M. et al. Estimation of variance components and prediction of breeding values in rubber tree breeding using the REML/BLUP procedure. Genetics and Molecular Biology, Ribeirão Preto, v. 28, n. 2, p. 271-276, 2005.
- GONÇALVES, G. M. et al. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 1, p. 193-198, jan. 2007.
- HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding.** Ontario: University of Guelph, 1984. 462 p.
- LEITE, M. S. de O. et al. Sample size for full-sib family evaluation in sugarcane. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1562-1574, dez. 2009.
- LEITE, M. S. de O.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P. Effects of plot size on the estimation of genetic parameters in sugarcane families. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v. 6, p. 40-46, 2006.
- LI, S.; BERGER, J.; HARTLAND, S. UV spectrophotometric determination of theobromine and caffeine in cocoa beans. **Analytica Chimica Acta**, Alberta, v. 232, p. 409-412, 1990.
- MARCUCCI, C. T. et al. Teores de trigonelina, ácido 5-cafeoilquínico, cafeína e melanoidinas em cafês solúveis comerciais brasileiros. Química Nova, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 544-548, 2013.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. Egypt Journal of Genetics and Cytology, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.
- PETEK, M. R. et al. Correlações e análise de trilha entre reação à cercosporiose e outras variáveis em progênes de café arábica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Águas de Lindóia: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.
- PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. Predição de valores genéticos aditivos na seleção visando obter cultivares de café mais resistentes à ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 133-140, 2008.
- REISSIG, C. J.; STRAIN, E. C.; GRIFFITHS, R. R. Caffeinated energy drinks: a growing problem. Drug and Alcohol Dependence, New York, v. 99, n. 1/3, p. 1-10, 2009.
- RESENDE, M. D. V. Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 560 p.
- RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEM-REML/BLUP:** sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007b. 359 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.
- RODRIGUES, W. N. et al. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café conilon. Coffee Science, Lavras, v. 7, n. 2, p. 177-186, 2012.
- SANTOS, F. S. et al. Predição de ganhos genéticos por índice de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007.
- SOUZA, R. M. N. de; BENASSI, M. T. Discrimination of commercial roasted and ground coffees according to chemical composition. Journal of the Brazilian Chemical Society, Campinas, v. 23, n. 7, p. 1347-1354, 2012.