

## Estimativas de parâmetros genéticos em clones de café conilon para o estado do Espírito Santo

Romário Gava Ferrão<sup>1</sup>, Maria Amélia Gava Ferrão<sup>2</sup>, Paulo Sérgio Volpi<sup>3</sup>, Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca<sup>2</sup>, Abraão Carlos Verdin Filho<sup>4</sup>

Submissão: 02/02/2021 - Aprovação: 12/05/2021

**Resumo** – O café conilon é a principal atividade agrícola do Espírito Santo. Representa cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) dos setores da agropecuária capixaba. Esse café, com produção de mais de 10 milhões de sacas/ano, representa cerca de 70% do café conilon/robusta do Brasil, e 17% do mundo, se constituindo como o produto de maior importância social no Estado. O Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em parceria com outras instituições, vem desde 1985 desenvolvendo um programa contínuo de pesquisa em melhoramento genético com o café conilon. Como resultados aplicados obtiveram 12 cultivares. A estimativa de parâmetros genético é importante para gestão e definição de estratégias para se ter êxito em programa de melhoramento. O objetivo do trabalho é estimar os parâmetros genéticos de clones de café conilon envolvendo diferentes características para o Espírito Santo. Por intermédio de pesquisa experimental de campo em Marilândia e Sooretama, locais representativos de mais de 70% do conilon do Estado, foram avaliados no delineamento experimental blocos casualizados em seis repetições, por seis colheitas e quarenta genótipos de café conilon. Os resultados das estimativas de parâmetros genéticos, como as altas herdabilidades, mostram no geral a existência de variabilidade genética entre os genótipos. Esses resultados, associados aos adequados coeficientes de variações genotípicos (CVg), são superiores aos coeficientes de variação ambiental (CvE) e no geral reforçam as condições adequadas para execução do programa de melhoramento via estratégias sexuada e assexuada e obtenção de sucesso nos trabalhos de seleção e desenvolvimento de novas cultivares.

Palavras chave: Café Conilon. Genético e melhoramento. Estimativa de parâmetros.

## Estimates of genetic parameters in clones of conilon coffee for the state of Espírito Santo

**Abstract** - Conilon coffee is the main agricultural activity in Espírito Santo. It represents about 30% of the Gross Domestic Product (GDP) of the agricultural sectors in Espírito Santo. This coffee with a production of more than 10 million bags / year represents about 70% of Conilon / Robusta coffee in Brazil and 17% in the world, and constitutes the product of greatest social importance in the State. The Capixaba Institute for Technical Assistance and Rural Extension Research - Incaper, in partnership with other institutions, has been developing a continuous research program in genetic improvement with Conilon coffee since 1985. As applied results, he obtained twelve cultivars. The estimation of genetic parameters is important for the management and definition of strategies to be successful in an improvement program. The objective of the work is to estimate the genetic parameters of Conilon coffee clones involving different characteristics for the State of Espírito

1 Eng. Agrônomo, D.Sc Pesquisador Multivix/Incaper, Vitória, ES, romario.ferrao@gmail.com

2 Eng. Agrônoma, D.Sc Pesquisadores Incaper/Embrapa Café, Vitória, ES.

3 Administração Rural, B.Sc Pesquisador Incaper, Marilândia, ES

4 Administração Rural, D.Sc Pesquisador Incaper, Marilândia, ES

Santo. Through experimental field research in Marilândia and Sooretama, these sites, representing more than 70% of the State Conilon, randomized blocks in six replications were evaluated in the experimental design, for six harvests and forty Conilon coffee genotypes. The results of the estimates of genetic parameters, as the high heritabilities show in general, the existence of genetic variability between the genotypes. These results associated with the adequate coefficients of genotypic variations (CVg) higher than the coefficients of environmental variation (CVe) in general, reinforce the adequate conditions for the execution of the breeding program via sexual and asexual strategies and obtaining success in the work of selection and development of new cultivars.

**Keywords:** Conilon Coffee. Genetic and breeding. Estimation of parameters.

## INTRODUÇÃO

O café Conilon é a principal atividade agrícola do Espírito Santo representando cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) dos produtos agropecuária do capixaba. Esse café com produção de mais de 10 milhões de sacas/ano representa cerca de 70% do café Conilon/Robusta do Brasil e 17% do mundo e, se constitui o produto e maior importância social o Estado.

Com base na importância social e econômica do café Conilon no Espírito o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Incaper, em parceria com outras instituições vem desenvolvendo desde 1985 um programa contínuo de pesquisa em melhoramento genético com essa variedade. Como resultado aplicado foram obtidas e lançadas para os produtores capixaba 12 cultivares, que tem sido a base das plantações e renovações das lavouras do estado (FERRÃO et al., 2017, 2019, 2020).

A estimativa de parâmetros genéticos é de suma importância na gestão e desenvolvimento de programas de melhoramentos via sexuada e ou assexuada. Tendo em mãos um conjunto de dados de experimentos, seguindo os princípios da estatística e da biometria, é possível obter estimativas de diferentes parâmetros genéticos, como: variância genética, variância ambiental, variância envolvendo a interação genótipos x ambientes, coeficiente de variação genética, herdabilidade e correlações de naturezas genotípica, fenotípica e ambiental. Tais parâmetros são de fundamental importância para planejamento e execução do melhoramento, bem como nas definições de métodos e locais para experimentação, no planejamento dos recursos, na definição de características a serem melhoradas e na predição de ganhos de seleção (CRUZ, CARNEIRO, 2003).

As estimativas de parâmetros genéticos, além de sua importância na inferência sobre o controle genético dos diferentes caracteres e comparação de métodos de seleção, são essenciais nos procedimentos de predição de valores genéticos e, portanto, na seleção propriamente dita.

Dentre os parâmetros genéticos e fenotípicos que podem auxiliar o direcionamento da seleção de cafeeiros mais promissores, citam-se as variâncias genéticas e fenotípicas, as herdabilidades e os progressos genéticos esperados. Pela importância da herdabilidade na predição de ganhos genéticos de um caráter, é fundamental que ela seja a mais real possível. Essa veracidade vai depender do controle experimental, do local e número de ano de experimentação, da característica avaliada, do método de estimação e da natureza da unidade de seleção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

A herdabilidade diz respeito à proporção relativa das influências genéticas e ambientais na manifestação fenotípica dos caracteres e indica, portanto, o grau de facilidade ou dificuldade para melhorar determinados caracteres. O coeficiente de herdabilidade ( $h^2$ ) pode variar de zero a 1. Quando  $h^2 = 1$ , as diferenças fenotípicas entre os indivíduos são causadas unicamente por diferença genética entre eles. Quando  $h^2 = 0$ , a variabilidade do caráter não tem origem genética, não tendo, assim, correlação alguma entre o valor genético e o valor fenotípico da unidade de seleção. Caracteres com herdabilidade baixa demandam maiores cuidados e exigem métodos de seleção mais elaborados do que aqueles com herdabilidade alta, para se obterem ganhos genéticos satisfatórios (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

O coeficiente de variação genético permite inferir sobre a magnitude da variabilidade presente na

população em diferentes caracteres, possibilitando comparar os níveis de variabilidade genética presente em diferentes genótipos, ambientes e caracteres (RESENDE, 2002).

Em estudos de estimativas de parâmetros genéticos envolvendo diferentes características e genótipos de café Conilon e robusta, Ferrão et al. (2003, 2008), Oliveira et al. (2010), Oliveira et al. (2010), Rodrigues et al. (2012), Mistro (2013), Vicentini (2013) e Carias et al. (2014), verificaram que na análise de variância houve diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) entre genótipos, para a maioria das características, indicando a existência de variabilidade genética entre os materiais genéticos; o coeficientes de determinação genotípico ( $H^2$ ) foi superior a 70% para a maioria das características, alcançando o valor superior a 95%.

Oliveira (2010) estimando parâmetros genéticos em 60 clones de café Conilon para 14 características em ambientes do Estado do Espírito Santo, encontrou baixo coeficiente de determinação genotípico para 78,50% dos caracteres. Esses resultados mostram grande influência do ambiente e a baixa variabilidade genética entre os clones estudados.

Rodrigues (2010) e Rodrigues et al. (2012) estudando um grupo de clones com diferentes épocas de maturação de frutos no Espírito Santo verificou alta produtividade média e variabilidade de comportamento entre os materiais genéticos indicando adequadas possibilidades de usos em programas de melhoramento.

Mistro (2013) estudando progênies de uma população de café robusta na Estado de São Paulo, verificou elevada variabilidade genética. Os adequados resultados são bons indicativos para utilização da população em melhoramento via estratégia sexuada e ou assexuada (FERRÃO et al., 2017, 2019).

Por intermédio da estimativa de parâmetros genéticos, Vicentini (2013) estudou cinco características uma população de maturação e frutos tardios visando utilizar os resultados para seleção de clones e seleção recorrente (FERRÃO et al., 2017, 2019). Os resultados mostraram significativa variabilidade genética para produtividade, tamanho de grãos e uniformidade de maturação, evidenciando assim, a possibilidade de ganhos contínuos no melhoramento genético para essas características.

Usando o procedimento REML/BLUP para estima-

tiva de parâmetros genéticos, Carias et al. (2014) estudando um grupo de clones do Incaper com diferentes épocas de maturação de frutos verificaram no geral baixa magnitude dos valores genéticos. A maior herdabilidade foi para o grupo de maturação intermediária, seguido pelos precoce e tardio. A acurácia foi de 0,68, 0,69 e 0,18 para os grupos precoce, intermediário e tardio, respectivamente.

O objetivo do trabalho é estimar parâmetros genéticos de clones de café Conilon envolvendo diferentes características para utilização em estratégias de melhoramento genéticos para o Estado Espírito Santo.

Espera-se que os resultados sejam importantes para uso de clones promissores para obtenção de novas cultivares clonais e propagadas por sementes e também para seleção recorrente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Trinta e oito clones de café Conilon selecionados com base na ampla variabilidade genética de lavouras do norte do Estado do Espírito Santo e duas variedades foram avaliados por sete colheitas em experimentos em condições não irrigadas nas Fazendas Experimentais de Sooretama e Marilândia/Incaper, localizadas nesses dois municípios. Esses ambientes são representativos das condições agroclimáticas das regiões noroeste e nordeste do Estado, regiões essa, que são responsáveis por mais de 70% da produção de café do Espírito Santo. Os experimentos de campo foram conduzidos no delineamento de blocos casualizados com seis repetições em parcelas de duas plantas seguindo as recomendações técnicas da cultura do café Conilon (FERRÃO et al. (2012).

Com base em um banco de dados experimentais para as características, seguindo Cruz, Regazzi (1997), Cruz e Carneiro (2003) e Cruz, Carneiro e Regazzi (2004), foram realizadas as estimativas dos parâmetros genéticos, como a variância genética, variância ambiental, variância da interação genótipos x ambientes, coeficiente de variação genética e herdabilidade.

Foram realizadas a análise de variância e estimados os parâmetros genéticos por local, Marilândia e Sooretama. Em seguida foram realizadas as análises estatísticas conjuntas.

### ANÁLISES DE VARIÂNCIA E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS

Realizaram-se as análises de variância das características dos genótipos, com base na média de parcelas, visando avaliar a existência de variabilidade genética entre os tratamentos. Utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$  = valor fenotípico da  $ij$ -ésima observação referente ao  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo bloco;

$\mu$  = média geral do caráter;

$G_i$  = efeito do  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, 3, \dots, g; g = 40$ );

$\beta_j$  = efeito do  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, r; r = 4$  ou  $6$ ); e

$\varepsilon_{ij}$  = efeito do erro experimental, sendo  $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ .

Como os genótipos avaliados não representam uma amostra da variabilidade do conilon do norte do Estado do Espírito Santo, sendo os resultados válidos apenas para os materiais genéticos em questão, o efeito de genótipo foi considerado fixo no modelo. Assim, a hipótese testada pela estatística  $F$  é  $H_0: G_i = 0$  para todo  $i$ .

O esquema da análise de variância, com as esperanças dos quadrados médios  $[E(QM)]$ , considerando-se o efeito de genótipo como fixo, segundo Steel e Torrie (1960), é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Esquema de análise de variância e esperanças de quadrados médios de um modelo em blocos casualizados, com efeito de genótipo fixo

FV	GL	QM	E(QM)	F
Blocos	$R - 1$	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$	
Genótipos	$G - 1$	QMG	$\sigma^2 + r\phi_g$	QMG/QMR
Resíduo	$(r - 1)(g - 1)$	QMR	$\sigma^2$	

em que:

$\sigma^2$  = componente de variância devido ao erro experimental;

$\sigma_b^2$  = componente de variância devido ao bloco; e

$\phi_g$  = componente quadrático associado ao efeito fixo de genótipos.

sendo:

$$\phi_g = \frac{\sum_{i=1}^g G_i^2}{g - 1}$$

As estimativas dos componentes de variância associados aos efeitos aleatórios, dos componentes quadráticos associados aos efeitos fixos e dos parâmetros genéticos e não-genéticos, foram obtidas

com informações das esperanças de quadrados médios da análise de variância, segundo as expressões apresentadas por Cruz e Regazzi (1997) e Cruz e Carneiro (2003).

a) Variância fenotípica entre médias de tratamentos

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{r}$$

b) Variabilidade genotípica

$$\hat{\Phi}_g = \frac{QMG - QMR}{r}$$

c) Variância de ambiente entre médias de tratamentos

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{QMR}{r}$$

d) Coeficiente de variação genotípica

$$CV_g = \frac{100\sqrt{\hat{\Phi}_g}}{\hat{\mu}}, \text{ sendo } \hat{\mu}, \text{ a média do experimento}$$

e) Coeficiente de variação ambiental

$$CV_e = \frac{100\sqrt{QMR}}{\hat{\mu}}$$

f) Razão entre coeficiente de variação genotípico e ambiental

$$\frac{CV_g}{CV_e} = \sqrt{\frac{\hat{\Phi}_g}{QMR}}$$

Para a realização de análise conjunta envolvendo as fontes de variações individuais, as interações simples e tripla, foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{iikjm} = \mu + G_i + L_k + GL_{ik} + (B/A)/L_{ijkm} + \varepsilon A_{ikm} + A_j + GA_{ij} + AL_{jk} + GAL_{ijk} + \varepsilon B_{ijkm}$$

em que:

$\mu$  = média geral;

$G_i$ ,  $A_j$  e  $L_k$  = efeito de genótipos, anos e locais, respectivamente;

$GA_{ij}$ ,  $GL_{ik}$  e  $AL_{jk}$  = efeitos das interações de primeira ordem entre genótipos e anos, genótipos e locais e locais e anos, respectivamente;

$GAL_{ijk}$  = efeito da interação tripla entre genótipos, anos e locais;

$(B/A)/L_{ijkm}$  = efeito de blocos dentro de anos dentro de locais;

$\varepsilon A_{ikm}$  = erro aleatório A; e

$\varepsilon B_{ijkm}$  = erro aleatório B.

sendo:

$i = 1, 2, \dots, g; g = 40$

$j = 1, 2, \dots, a; a = 5$

$k = 1, 2, \dots, l; l = 2$

$m = 1, 2, \dots, r; r = 4 \text{ ou } 6$

Para esse modelo, o esquema de análise de variância das esperanças dos quadrados médios é apresentado no Quadro 3, em que anos e locais foram considerados aleatórios e genótipos fixos.

Quadro 3 – Esperança dos quadrados médios, considerando-se o modelo da análise conjunta, em blocos casualizados, com interação tripla, anos e locais aleatórios e genótipos fixos

FV	GL	QM	E(QM)
(B/L)/A	(r-1)al	QMB	$\sigma_{eb}^2 + a\sigma_{ea}^2 + g\sigma_b^2$
Locais (L)	l-1	QML	$\sigma_{eb}^2 + a\sigma_{ea}^2 + g\sigma_b^2 + rg\sigma_{al}^2 + rga\sigma_e^2$
Genótipos (G)	g-1	QMG	$\sigma_{eb}^2 + a\sigma_{ea}^2 + ra\sigma_{gal}^2 + ra\alpha\sigma_{gl}^2 + rla\sigma_{ga}^2 + ral\Phi_g$
G x L	(g-1)(l-1)	QMGL	$\sigma_{eb}^2 + a\sigma_{ea}^2 + ra\sigma_{gal}^2 + ra\alpha\sigma_{gl}^2$
Erro A	(r-1)(g-1)l	QME <sub>a</sub>	$\sigma_{eb}^2 + a\sigma_{ea}^2$
Anos (A)	a-1	QMA	$\sigma_{eb}^2 + g\sigma_b^2 + rg\sigma_{al}^2 + rgl\sigma_a^2$
G x A	(g-1)(a-1)	QMGA	$\sigma_{eb}^2 + ra\sigma_{gal}^2 + rla\sigma_{ga}^2$
L x A	(l-1)(a-1)	QMLA	$\sigma_{eb}^2 + g\sigma_b^2 + rg\sigma_{al}^2$
G x A x L	(g-1)(a-1)(l-1)	QMGAL	$\sigma_{eb}^2 + ra\sigma_{gal}^2$
Erro B	(r-1)(a-1)(g-1)l	QME <sub>b</sub>	$\sigma_{eb}^2$

$$\alpha = \frac{g}{g-1}$$

Para testar a significância das diferentes fontes de variações, utilizaram-se as seguintes expressões para o teste F:

$$\text{Blocos (B)} - F = \frac{QMB}{QME_a}$$

$$\text{Locais (L)} - F = \frac{QML + QME_b}{QMLA + QME_a}$$

$$\text{Anos (A)} - F = \frac{QMA}{QMLA}$$

$$\text{Genótipos (G) - } F = \frac{QMG + QMGAL}{QMGa + QMGL}$$

$$G \times L - F = \frac{QMGL + QME_b}{QMGAL + QME_a}$$

$$G \times A - F = \frac{QMGa}{QMGAL}$$

$$L \times A - F = \frac{QMLA + GME_a}{QMB + QME_b}$$

$$G \times A \times L - F = \frac{QMGAL}{QME_b}$$

As análises de variâncias e a obtenção das estimativas de parâmetros genéticos foram realizadas utilizando o programa GENES (CRUZ, 2001, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantificação da variabilidade genética e a estimação de parâmetros genéticos são de fundamental importância em programas de melhoramento, pois possibilitam conhecer a estrutura genética da população. No entanto, deve-se atentar para o fato de as diferenças nas estimativas dos parâmetros genéticos, encontrados na mesma espécie por diversos autores, serem conseqüências, principalmente, dos diferentes métodos utilizados na sua determinação, dos distintos materiais genéticos analisados, das diferentes condições ambientais e da época e idade de avaliação, dentre outros fatores (FALCONER, 1981; VENCOVSKY, 1987 apud FERRÃO et al. 2017, 2019).

Os resultados das análises de variâncias individuais, médias, coeficiente de variação, variância genotípica e coeficiente de determinação, para a característica produtividade média de grãos (PMG) nos cinco anos (colheitas) de genótipos de café Conilon para Sooretama e Marilândia, ES, encontram-se nos Tabela 1. Podem-se verificar para essa característica nos dois locais, pelo teste F, diferenças ( $P < 0,01$  ou  $0,05$ ) entre genótipos, indicando assim. Esse fato indica a variabilidade entre os materiais genéticos. A presença de variabilidade genética significativa dos materiais genéticos para as diferentes características, associadas às adequadas produtividades médias de

grãos em condições não irrigada, nos dois locais e nos diferentes anos, são indicativos favoráveis para a realização de melhoramento para as características, tornando possível a identificação de clones superiores e a obtenção de ganhos genéticos consideráveis com suas utilizações em programas de melhoramento. Ademais, essa condição mostra-se favorável ao estudo de divergência genética, em virtude da existência de razoável variabilidade genética entre os materiais, proporcionando, assim, facilidade para a discriminação dos genótipos e identificação de combinações híbridas mais favoráveis.

Para a maioria dos anos e locais para a característica PMG os coeficientes de variação experimental (CVe) estiveram no intervalo 15,83% a 26,24%, percentagens essa, dentro da faixa considerada aceitável para experimentação em culturas perenes (GOMES, 1978).

Os CVe um pouco mais elevados podem estar associados às seguintes causas: longo ciclo da cultura; grande tamanho dos experimentos, dificultando a escolha de uma área com solo uniforme; respostas diferenciadas dos genótipos aos estresses de altas temperaturas e seca; respostas diferenciadas dos materiais à incidência de pragas e doenças, a ventos e podas; e mudanças nas equipes de trabalhos, que fizeram as avaliações dos experimentos.

Verificou-se que as médias de produção de grãos beneficiados (PMG) foram diferentes nos dois locais e nas cinco colheitas. Em Sooretama, as maiores PMG foram na segunda (3.439,75 kg/ha) e quarta (4.228,41 kg/ha) colheitas e a menor PMG, na primeira colheita (1.252,23 kg/ha). Em Marilândia, as melhores colheitas foram a segunda (3.336,94 kg/ha) e a terceira (3.267,11 kg/ha), sendo a colheita inferior também a primeira (971,15 kg/ha). Em ambas as localidades, verificaram-se efeitos da bienalidade a partir da terceira colheita, concordando com os resultados de Ferrão et al. (2003, 2008). Os fatores que contribuíram para as baixas produtividades em alguns anos foram: as colheitas iniciais, em que as plantas não estavam totalmente formadas para expressar seus potenciais produtivos; a baixa precipitação pluviométrica, a inadequada distribuição de chuvas e a falta de suplementação de água por irrigação; as altas temperaturas; e os efeitos da bienalidade e das podas realizadas, com reflexo na produção, principalmente na colheita seguinte.

As estimativas dos componentes que expressam a variabilidade genotípica ( $\Phi_g$ ) são muito importantes em um programa de melhoramento, pois, quanto maior as suas magnitudes, mais heterogêneos os genótipos avaliados e maior a possibilidade de selecionar materiais genéticos superiores, visando ao seu

uso como progenitores. Observaram-se diferenças nas estimativas da variabilidade de comportamentos para a variabilidade genotípica ( $\Phi_g$ ) para PMG no intervalo de 95.902,89 a 1.244.839,62 nas diferentes localidades e colheitas. Esses resultados são concordantes com os obtidos por Ferrão et al. (2003, 2008).

**Tabela 1.** Análise de variância, média, coeficientes de variação e estimativas de parâmetros genéticos da característica produtividade média de grãos (PMG), de 40 genótipos de café Conilon avaliados em cinco colheitas. Sooretama e Marilândia, ES

FV	GL	Quadrados Médios para Produtividade Média de Grãos (PMG), (kg/ha)									
		Sooretama					Marilândia				
		Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Blocos	3	184586,40	54328,26	328696,98	1866708,18	584859,34	368916,73	293056,10	124674,90	101849,07	225198,29
Genótipos	39	660260,67**	4709139,52**	4283646,26**	5766170,43**	5724346,63**	446786,51**	2917403,02**	2147580,83**	3612638,89**	2099742,23**
Resíduos	117	57240,11	547243,16	316848,27	965728,25	744988,15	63174,94	279309,94	317085,22	138154,04	214626,17
Médias		1252,23	3439,75	2731,30	4228,41	3289,68	971,15	3336,94	3267,11	2197,25	2194,38
CV <sub>g</sub> (%)		19,10	21,51	20,60	23,24	26,24	25,88	15,83	17,24	16,92	21,11
$\hat{\phi}_g$		150755,14	1040474,09	991699,50	1200110,55	1244839,62	95902,89	659523,27	457623,90	868621,21	471279,01
H <sup>2</sup>		0,913	0,884	0,926	0,832	0,870	0,858	0,904	0,852	0,962	0,898

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Os coeficientes de determinação genotípico (H<sup>2</sup>) para PMG de 83,20%, estimada a partir das médias dos tratamentos foram semelhante aos de Ferrão et al. (2003, 2008) e Esses resultados evidenciam a predominância da variabilidade genética em relação à ambiental e, também, condições favoráveis para a realização de seleção e melhoramento nas duas localidades, pois, através das elevadas estimativas de H<sup>2</sup>, são verificadas as confiabilidades como os valores fenotípicos representam os valores genotípicos dos materiais genéticos estudados. Esses valores podem ser considerados elevados, em razão da variabilidade genética do material estudado e das boas condições experimentais (RAMALHO et al., 1993).

Na Tabela 2, encontram-se os resultados das análises de variância conjunta envolvendo os dois locais e as cinco colheitas, bem como as médias gerais, os CVe e as estimativas de parâmetros genéticos para

os 14 caracteres estudados. Verificaram-se diferenças para genótipos (G) pelo teste F (P<0,01) para todas as características estudadas, exceto para CeCo e UMI, mostrando, assim, a variabilidade genética expressa nos materiais genéticos estudados. Não houve diferenças (P<0,05) com relação a anos (A) e locais (L) para a maioria dos caracteres, mostrando a semelhança dos locais e anos, em que foram avaliados os genótipos. As significâncias (P< 0,01 ou P<0,05) das interações L x A e G x A x L para todos os caracteres evidenciam os comportamentos diferenciados dos genótipos nos diferentes locais e anos, indicando a necessidade de atenção para as variações temporais, para estratificação de ambientes e para os estudos de adaptabilidade e estabilidade. Tais estudos oferecem maior segurança aos melhoristas no planejamento, execução e recomendação de cultivares em um programa de melhoramento (CRUZ; CARNEIRO, 2004; FERRÃO et al., 2017, 2019).

**Tabela 2.** Análise de variância conjunta, média geral, coeficientes de variação e estimativas de parâmetros genéticos de 14 características envolvendo 40 genótipos de café Conilon, avaliados em cinco colheitas. Sooretama e Marilândia, ES

FV	GL	Quadrados Médios													
		C	PMG	CeCo	CeBe	CoBe	GCHO	GCHA	GMO	UMI	P17	P15	P13	P11	PM
(B/L)/A	30	370,0	413287,4	0,11	0,93	0,19	315,9	31,4	40,4	16,9	33,6	33,2	15,8	38,3	0,19
Locais (L)	1	58648,7	141567990,2	2,14	27,04	1,46	7857,1	227,6	230,7	15,9	4548,6	11035,8	5041,9	10945,6	47,76
Genótipos (G)	39	10809,2**	11126493,7**	0,15	4,17**	0,66**	886,2	612,8**	629,9**	14,45	3167,7**	5532,5**	4773,9**	3996,4**	21,36**
L x G	39	1415,5**	2442410,4	0,19	0,88	0,19	449,2**	118,4**	127,6**	15,6	235,4	389,7	407,3	306,9**	1,04
Erro A	234	175,9	608601,7	0,04	0,36	0,69	92,9	26,9	28,8	13,43	16,65	41,25	30,26	30,26	0,20
Anos (A)	4	25694,6	268032614,2	5,19	38,08	10,90	27679,9	4241,1	4067,5	996,89	16189,3*	9679,9	15615,7	9809,2	80,66
G x A	156	1014,4*	2154550,1	0,11	1,29	0,20	387,6**	43,3	46,3	18,2	284,6*	535,8**	472,5**	236,8**	0,72
L x A	4	27694,8**	78646997,7**	3,76**	103,06**	12,65**	9428,3**	2258,6**	2261,8**	235,2**	1351,6**	4158,1**	2872,2**	3066,7**	13,73**
G x A x L	156	625,1**	2545152,6**	0,14**	2,03**	0,23**	222,4**	49,6**	50,4**	16,2*	209,8**	299,8**	320,5**	161,5**	0,75**
Erro B	936	152,6	303399,4	0,040	0,31	0,06	91,9	18,4	20,3	13,4	17,9	34,9	34,7	27,7	0,19
Médias		260,18	2690,82	2,31	4,15	1,82	12,78	81,78	18,22	13,94	9,96	36,00	39,41	14,61	13,82
CV <sub>a</sub> (%)		4,75	20,47	8,65	13,49	13,24	75,03	5,24	24,70	26,26	42,57	16,42	14,96	36,02	3,18
$\phi_g$		225,11	226867,14	0,000	0,101	0,012	6,29	12,51	12,66	-0,077	71,44	122,67	105,36	90,35	0,509
$\sigma^2_{ga}$		170,92	490868,20	0,023	0,639	0,078	56,96	13,97	13,94	1,36	8,23	25,82	17,82	18,94	0,085
$\sigma^2_{gl}$		37,40	-19887,32	0,002	-0,059	-0,002	11,00	2,936	3,34	-0,030	1,31	4,08	4,45	6,96	0,013
$\sigma^2_{la}$		170,92	490868,20	0,003	0,639	0,078	56,96	13,97	13,94	1,36	8,23	25,82	17,82	18,94	0,085
$\sigma^2_{gal}$		115,16	546427,90	0,023	0,419	0,042	31,81	7,610	7,35	0,687	46,77	64,55	69,64	32,60	0,137
H <sup>2</sup>		0,833	0,816	-0,133	0,969	0,755	0,291	0,817	0,804	-0,214	0,902	0,887	0,883	0,904	0,953
CV <sub>g</sub> (%)		5,77	17,70	-	7,656	6,106	19,63	4,32	19,53	-	84,85	30,77	26,05	65,06	5,16
CV <sub>g</sub> /CV <sub>a</sub>		1,22	0,865	-	0,570	0,461	0,262	0,824	0,791	-	1,99	1,87	1,74	1,81	1,62
IT GxA (R <sup>2</sup> %)		50,89	40,57	38,27	36,33	41,83	53,66	35,35	36,01	47,44	51,43	57,43	52,81	49,86	41,52
IR GxL (R <sup>2</sup> %)		17,75	11,50	15,84	6,19	9,99	15,55	24,16	24,80	10,19	10,64	10,44	11,38	16,15	14,99
ITR GxAxL (R <sup>2</sup> %)		31,36	47,93	45,89	57,48	48,18	30,79	40,50	39,20	42,37	37,93	32,13	35,81	33,99	43,50

\* e \*\* significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. C = período em número de dias, da florada principal à completa maturação dos frutos (dias); PMG = produtividade média de grãos (kg/ha); CeCo = relação café cereja e café coco; CeBe = relação café cereja e café beneficiado; CoBe = relação café coco e café beneficiado; GCHO = porcentual de grãos “chochos”; GCHA = porcentual de grãos “chatos”; GMO = porcentual de grãos “mocás”; UMI = porcentagem de umidade do grão na colheita; P17, P15, P13, P11 e PM = porcentual de peneiras 17, 15, 13, 11 e peneira média, respectivamente. IT= interação temporal GxA; interação regional GxL; e ITR = interação temporal e regional GxAxL.

No desdobramento da interação em temporal (IT), regional (IR) e temporal regional (ITR), para os 14 caracteres estudados (Tabela 2), verificaram os seguintes R<sup>2</sup> médios (%): IT<sub>GxA</sub> = 42,24, com variação de 35,35 a 57,43; IR<sub>GxL</sub> = 14,26, com intervalo de 6,19 a 17,75; e ITR<sub>GxAxL</sub> = 43,50, com porcentagens de 30,79 a 57,48. Maior atenção do melhorista, novos métodos e novos estudos e estratégias devem ser priorizados nos programas de melhoramento, visando diminuir, principalmente, a interação temporal, pois esta tem proporcionado as maiores inseguranças e prejuízos para os produtores rurais (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Os coeficientes de determinações genotípicos (H<sup>2</sup>) superiores a 70,00%, em 11 das 14 variáveis estudadas, associados aos elevados CV<sub>g</sub> e CV<sub>g</sub>/CV<sub>a</sub> para a maioria dos caracteres e médias elevadas, reforçam a hipótese de se ter sucesso em programas de melhoramento utilizando esses materiais genéticos.

Importadores de café vêm, cada vez mais, exigindo nas compras de cafés Robustas produto com alta qualidade e com grãos grande, semelhante às sementes de café arábica. As variabilidades apresentadas na população para tamanho de cereja e uniformidade de

maturação significam a possibilidade de, através de aplicação do melhoramento para as citadas características, obter cultivares superiores em qualidade e de grãos grandes e com alta produtividade. Tais resultados vão de encontro às exigências do produtor, do industrial, do exportador e do consumidor.

Os resultados indicaram condições favoráveis e a possibilidade de êxito no melhoramento utilizando os clones deste estudo no Programa de Melhoramento Genético do Incaper, no Estado do Espírito Santo, pelas seguintes questões: manifestação de alta variabilidade genética na maioria das características estudadas; elevado potencial de produção dos clones, em comparação com as cinco testemunhas, em que o rendimento médio de grãos beneficiados nas cinco colheitas, nos dois locais; os CV<sub>g</sub>, na maioria dos caracteres inferiores a 30%, o que mostra boa precisão experimental; as elevadas estimativas de variabilidade genotípica ( $\phi_g$ ) indicaram a possibilidade de êxito nos trabalhos, pela possível predominância dos efeitos genéticos sobre os ambientais; os elevados coeficientes de determinação (H<sup>2</sup>), em que, para a maioria das variáveis, foi superior a 76,00%, evidenciando a maior importância da variância de causas genéticas em relação às de causas ambien-

tais na expressão do fenótipo; os bons  $CV_g$ , que correspondem ao desvio-padrão genético, constituíram um indicador da grandeza relativa das mudanças em um caráter que podem ser obtidas por meio da seleção ao longo do melhoramento; e a adequada relação de  $CV_g/CV_e$ , com magnitudes entre 0,70 e 2,0 na maioria dos caracteres estudados, significa indicativos da maior importância dos efeitos genéticos sobre o ambiental no melhoramento. Esses resultados vão ao encontro de Ferrão et al. (2017, 2017) referentes as diretrizes e estratégias utilizadas para êxito em programa de melhoramento genético de café Conilon para as condições edafoclimáticas do Estado do Espírito Santo.

## CONCLUSÕES

Estratégias adequadas de melhoramento requerem conhecimentos da estrutura genética da espécie em estudo da herdabilidade, das características que se desejam melhorar. As estimativas desses parâmetros em uma espécie são função, principalmente, dos métodos utilizados na sua determinação, dos diferentes materiais genéticos analisados, das condições ambientais, da idade de avaliação e do controle experimental.

As diferenças significativas nos níveis de 1 ou 5%, pelo teste F, nas análises de variâncias individual e conjunta dos dois locais, para Produtividade de grãos (PMG) entre outras características avaliadas, evidenciaram, a existência de variabilidade genética nos materiais genéticos estudados.

Os elevados coeficientes de determinação genotípico ( $H^2$ ) e dos coeficientes de variação genéticos ( $CV_g$ ), associados às altas produtividades e à variabilidade genética expressadas, indicaram a possibilidade de se terem êxitos em programas de melhoramento genético nos locais de Sooretama e Marilândia, que são ambientes representativos de mais de 70% da produção café conilon do Estado do Espírito Santo.

Na análise de variância conjunta, envolvendo os caracteres estudados, as diferentes interações apresentaram os seguintes  $R^2$  médios e intervalos: interação temporal ( $IT_{G \times A}$ ),  $R^2 = 42,24\%$ , com variação de 35,35 a 57,43%; interação regional ( $IR_{G \times L}$ ),  $R^2 = 14,26\%$ , com intervalo de 6,19 a 17,75%; interações temporal e regional ( $ITRG_{G \times A \times L}$ ),  $R^2 = 43,50\%$ , com porcentagem variando de 30,79 a 57,48% entre os caracteres. Os resultados dessas interações eviden-

ciaram a necessidade de estratégias no melhoramento visando à maior atenção à interação temporal, maior acurácia nos resultados e maior segurança para o produtor rural.

No geral os resultados expressam a existência de maior variabilidade genética em relação a ambiental, que associados aos adequados coeficientes de variações genotípicos ( $CV_g$ ) superior aos coeficientes de variação ambiental ( $CV_e$ ) no geral, reforçam as condições adequadas para execução do programa de melhoramento para se obter sucesso nos trabalhos de seleção.

## REFERÊNCIAS

- CARIAS, C. M. de.; O. M.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A da.; FERRÃO, R. G.; GONÇALVES, L. S. A. Produtividades de grãos de cafeeiro Conilon de diferentes grupos de maturação pelo procedimento REML/BLUP. *Semina: Ciência Agrária*. Londrina, PR: v. 35, n.2, p. 707-718, 2014.
- CRUZ, C. D. *Programa genes*: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C. D. *Programa Genes: Biometria*. Viçosa, MG: UFV. 2006. 382p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. S. C. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV, 2003. v. 2, 586 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 3, 480 p.
- FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F.A.da. Comportamento e estimativas de parâmetros genéticos em clones de café Conilon. In: SIMPÓSIO DOS CAFÉS DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3. 2003, Porto Seguro, 2003. *Anais...* Brasília, DF: EMBRAPA CAFÊ – Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, 2003. p. 230.
- FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON,

- P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. da.; CARNEIRO, P. C. de.; SILVA, M. F. da. Estimativa de parâmetros genético de café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, DF: v. 43. n. 1. p. 61-69. 2008.
- FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A. da.; FERRÃO, R.G.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; DE MUNER, L.H. de.; LANI, J.A.; PREZOTTI, L.C.; VENTURA, A.J.; MARTINS, D. dos S.; MAURI, A.L.; MARQUES, E.M.G.; ZUCATELI, F. Café Conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas. 4. ed. – revisada e ampliada. Vitória: INCAPER, 2012. 74 p. (Incaper – Circular técnica, 03-I).
- FERRÃO, R.G.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A. F.A. da.; FERRÃO, M.A.G.; PACOVA, B.E.V.; FERRÃO, L. F. V. Melhoramento genético de *Coffea canephora*. In: FERRÃO et al. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2017. Cap.5.
- FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A. da.; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER. L.H. (Ed.). *Conilon Coffee*. The *Coffea canephora* produced in Brazil. 3. ed – Updated and expanded. Vitória, ES: Incaper. 2019. 974p.
- FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; FONSECA, A. F. A. da.; VERIM FILHO, A. C.; COMERIO, M. Cultivares de café Conilon e Robusta. *Informe Agropecuário: cafés Conilon e Robusta, potencialidades e desafios*. Belo Horizonte, MG: Epamig, v. 41, n. 309. P. 17-25. 2020.
- GOMES, F. P. *Estatística experimental*. Campinas, SP: USP. 1978. 436p.
- MISTRO, J.C. *Estimativa de parâmetros genéticos visando o melhoramento de café robusta (Coffea canephora Pierre ex A. Froehner)*. 2013. 152 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiro”, Piracicaba, SP, 2013.
- OLIVEIRA, C. M. *Estimativa de parâmetros genéticos em três grupos de genótipos de café Conilon selecionados no sul do Espírito Santo*. 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, ES, 2010.
- RESENDE, M. D. V. de; FURLANI-JUNIOR, E.; MORAES, M. L. T. de; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. *Bragantia*, Campinas, n. 60, v. 3, p. 185-193, 2001.
- RESENDE, M. D. V. de. Espécies perenes, sistemas reprodutivos e metodologias e seleção. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- RODRIGUES, W. N.; TOMAZ, A. T.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da.; MIRANDA, F. D. Estimativa de parâmetros genéticos de grupos de clones de café Conilon. *Coffea Science*, Lavras, MG: v. 7, n.2. p. 177-186, 2012.
- STEEL, R. G.; TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw-Hill, 1960. 428 p.
- VICENTIN. V. B.; FERRÃO, M. A. G. BORÉM, A.; FONSECA, A. F. A. da.; FERRÃO, R. G.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Estimativas de ganhos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos de *Coffea canephora*. IN; SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9. 2015. Curitiba, Pr: *Anais...* Resumo Expandido. Brasília, DF: Embrapa café, v. 1, p. 200. 2015