

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE CAFÉ BOURBON VISANDO O DESENVOLVIMENTO DE NOVAS CULTIVARES

Júlio César Mistro¹; Elaine Spindola Mantovani^{1,3}; Marcelo Jordão da Silva Filho^{2,3}; Luiz Carlos Fazuoli^{1,3}

¹Centro de Café Alcides Carvalho – IAC/APTA/Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo

²Fundação PróCafé

³Bolsista do Consórcio Pesquisa Café

RESUMO: Até o início da década de 50 a cultivar de café arábica Bourbon era o material genético prevalecente no parque cafeeiro brasileiro, sendo substituída pelas cultivares Mundo Novo e posteriormente pelo Catuaí. Sua dormência comercial foi quebrada no final da última década, onde um novo nicho de consumo passou a priorizar cultivares que tenham um perfil sensorial diferenciado do tradicional. A 'Bourbon', detentora dessa característica, possui aspectos agrônômicos inferiores que as atuais cultivares em uso, tais como produtividade, vigor, maturação, dimensões dos frutos, suscetibilidade a pragas e doenças, arquitetura vegetativa e um manejo diferenciado quando comparada as atuais cultivares. Há dois caminhos a serem trabalhados pelo melhoramento genético para disponibilizar novas cultivares de Bourbon: recombinações genéticas com cultivares que melhorem uma ou mais características e/ou retomar linhagens de Bourbons antigas para serem submetidas a novos ciclos seletivos. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar um conjunto de genótipos de café Bourbon oriundos de várias regiões do Brasil a fim de selecionar materiais promissores visando o lançamento de novas cultivares de Bourbon. Instalou-se em 2006 um experimento, em condição de sequeiro, em Franca (SP), em blocos ao acaso, contendo 28 genótipos, três repetições e dez plantas por parcela. Foram realizadas quatro colheitas e os dados obtidos foram analisados através dos modelos mistos. Constatou-se a existência de variabilidade genética para a prática da seleção genotípica bem como ganhos genéticos para a produtividade, sendo um maior ganho associado a um menor número de genótipos selecionados. Tanto a acurácia experimental como a genotípica apresentaram valores acima do mínimo exigidos em experimentos de melhoramento genético. Os genótipos 2, 25, 1, 7, 10, 11, 15, 14, 22, 9, 16 e 12 destacaram-se dentro os 27 genótipos de Bourbon, apresentando efeitos genotípicos positivos associados com um ganho genético de 7,4%. Tais genótipos deverão compor a próxima etapa do programa de melhoramento do IAC.

PALAVRAS-CHAVE: dados longitudinais, modelos mistos, acurácia seletiva, seleção genética.

BOURBON COFFEE LINES SELECTION FOR NEW CULTIVAR DEVELOPMENT

ABSTRACT: Until the beginning of the decade 1950s the Bourbon coffee was the most planted cultivar in Brazil, being replaced by Mundo Novo and Catuaí. Around 2005 a new consumer niche came to prioritize cultivars that had a different and best sensory quality than the cultivars in use. A 'Bourbon', which has this characteristic, has inferior agronomic aspects, such as the current cultivars in use, such as yield, vigor, ripeness, fruit duration, susceptibility to pests and diseases, vegetative architecture and an isolated aspect when compared than current cultivars. There are two ways to develop new cultivars: genetic recombination with cultivars that improve one or more traits and/or retake the Bourbon olds and submit new selective cycles. In this sense, the objective of this work was to evaluate coffee genotypes from various regions of Brazil aims to launch new Bourbon coffee cultivars. An experiment it was installed in 2006 on Franca (SP) in condition rainfed in randomized blocks, composed by 28 genotypes, three repetitions and ten plants per plot. The data from four harvests were analyzed using the mixed model. There is genetic variability among genotypes indicating favorable conditions for selection. A genetic gain for yield was observed. The genotypes 2, 25, 1, 7, 10, 11, 15, 14, 22, 9, 16 and 12 detached presenting positive genotypic effects associated with a genetic gain of 7.4%.

KEY WORDS: longitudinal data, mixed models, selective accuracy, genetic selection.

INTRODUÇÃO

O Bourbon Vermelho é originário da Ilha de Réunion (antiga Bourbon), localizada no continente Africano ao leste de Madagascar no oceano Índico. Sua introdução no Brasil foi em 1859 sendo descrita em 1928 como *Coffea arabica* L. var. Bourbon (B. Rodr.) Choussy. Na ocasião tinha-se a informação que o Bourbon Vermelho era mais produtivo que a variedade Típica, até então a mais cultivada no Brasil. Há introduções de Bourbon Vermelho oriundos da Ilha de Reunião em outros países, como Guatemala e El Salvador.

O Bourbon Vermelho foi introduzido no estado de São Paulo em 1875 na cidade de Cravinhos, próxima a Ribeirão Preto, cujas sementes vieram de Resende (RJ). Na época o seu cultivo irradiou-se para outras regiões do estado de São Paulo pela maior produtividade do que o Típica, algo em torno de 60%, e pela sua excelente qualidade de bebida (Fazuoli et al., 2002).

Duas hipóteses para a origem do Bourbon Amarelo: uma mutação natural do Bourbon Vermelho ou um cruzamento natural entre o Amarelo de Botucatu (forma xanthocarpa da variedade Típica) e o Bourbon Vermelho. Foi em Pederneiras (SP), região de Jaú, que o Bourbon Amarelo foi encontrado pela primeira vez. O Bourbon Amarelo possuía na época uma produção maior, entre 5 e 30%, do que o Bourbon Vermelho.

O cultivo do Bourbon foi entrando em declínio a partir do lançamento da cultivar Mundo Novo no início da década de 50, a qual apresentava maiores produção (entre 30 e 50% em relação ao Bourbon Amarelo), vigor, rusticidade e uma adaptação mais ampla de ambientes, principalmente aqueles mais pobres em nutrientes minerais. Com o crescimento do mercado de cafés especiais nos últimos anos o Bourbon voltou a ganhar importância na cafeicultura brasileira, já que a sua qualidade sensorial é indiscutível.

Os programas de melhoramento genético do café arábica no Brasil preferiram utilizar, ou melhorar, o germoplasma Bourbon nesses últimos 60 anos de pesquisas, priorizando cultivares de portes baixos, com altas produtividades e com resistência/tolerância a ferrugem-da-folha. Recentemente o programa de melhoramento genético de café arábica do IAC reativou o germoplasma Bourbon a fim de desenvolver novas cultivares derivadas desse germoplasma porém com maior vigor, produtividade e incorporar, através de hibridações com materiais resistentes, um nível melhor de tolerância a ferrugem da folha que os Bourbons originais. Isso sempre priorizando a manutenção da sua qualidade sensorial.

As estimativas de parâmetros genéticos são importantes para que o melhorista decida em que momento a seleção dos genótipos superiores e promissores são favoráveis, levando em consideração os fatores ambientais que ocorreram nos experimentos. Resende (2002) relacionou os principais parâmetros genéticos essenciais, entre eles: coeficientes de herdabilidade nos sentidos amplo e restrito, coeficientes de variação genética e relativo, ganho genético esperado com a seleção, repetibilidade, entre outros.

O objetivo desse trabalho foi avaliar um conjunto de genótipos de café Bourbon oriundos de várias regiões do Brasil a fim de selecionar materiais promissores visando o lançamento de novas cultivares de Bourbon.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento, conduzido na forma de sequeiro, foi instalado em 2006 na Fundação do Café da Alta Mogiana na cidade de Franca (SP), localizada numa altitude de 1.025 m, temperatura média anual de 20°C e precipitação anual de 1.600 mm. O solo é um latossolo vermelho-amarelo.

A partir de 2014 foram realizadas uma recuperação nutricional e um controle químico das principais doenças e pragas das plantas a fim de oferecer um ambiente favorável aos genótipos.

Foram avaliados 28 genótipos, sendo 13 Bourbons Vermelhos (genótipos 1 a 11, 21 e 22), 14 Bourbons Amarelos (genótipos 12 a 20 e 23 a 27) e uma cultivar controle, o Mundo Novo IAC 376-4 (genótipo 28). Esses genótipos foram coletados em várias regiões cafeeiras do Brasil pelo pesquisador Antônio Alves Pereira, da EPAMIG (MG).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 28 genótipos e três repetições. Cada parcela foi composta por 10 plantas, num espaçamento de 3,80 x 0,70 m. Realizaram-se um esqueletamento em 2014 e um decote em 2016.

Foram avaliadas, entre 2015 e 2018, as seguintes características agrônomicas:

- produtividade: colheram-se cada uma das parcelas, determinando o seu volume em litros. Desse volume retirou-se uma amostra de dois litros, que após a secagem pesou-se o café em coco para então ser beneficiado e pesado. Procedeu-se então a conversão dessa amostra em gramas para então multiplicar pela quantidade de litros da parcela e pelo número de plantas por hectare obtendo-se a produtividade em sacas/ha;

- maturação dos frutos: realizaram-se avaliações visuais classificando-se a parcela em precoce (P), média precoce (MP), média (M), média tardia (MT) e tardia (T);

- tamanho dos frutos: realizaram-se avaliações visuais classificando-se a parcela em pequeno (P), médio pequeno (MP), médio (M), médio grande (MG) e grande (G).

Os componentes de variância para as produtividades foram estimados via máxima verossimilhança restrita (REML) (Patterson e Thompson, 1971) e os valores genotípicos foram preditos via melhor predição linear não viesada (BLUP) (Henderson, 1975). O modelo de repetibilidade foi determinado pela seguinte equação:

$y = Xm + Zg + Wp + e$, em que: y é o vetor de dados, m é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas no caso) (aleatórios) e e é o vetor de resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. O vetor m contempla todas as medições em todas as repetições e ajusta simultaneamente para os efeitos de repetições, medição e interação repetição x medição.

A significância dos efeitos aleatórios do modelo foi testada via teste da razão de verossimilhança (LRT) (Rao, 1973), usando a estatística Qui-quadrado com um grau de liberdade e ao nível de probabilidade igual a 5%. A variância fenotípica, a herdabilidade média, a repetibilidade, o coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente e a acurácia na seleção de genótipos e demais parâmetros foram obtidas de acordo com Resende (2016, 2012).

As análises estatísticas para as produtividades foram realizadas usando o software Selegen REML/BLUP (Resende, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo teste de razão da verossimilhança (Tabela 1) constatou-se a existência de variabilidade genética entre os 28 genótipos avaliados na cidade de Franca (SP) levando-se em consideração a produtividade média entre os anos de 2015 e 2018. Nessa mesma tabela a estimativa da herdabilidade média dos genótipos foi de 62,18%, valor considerado de médio para alto, o que favorece a seleção nesse momento; caso esse coeficiente fosse abaixo de 30% a seleção deveria ser postergada. A variação experimental foi de 31,04%.

Tabela 1 - Análise conjunta de deviances e o teste de razão da verossimilhança (LRT) e parâmetros genéticos dos 28 genótipos de café arábica avaliados, entre 2015 e 2018, no experimento de Bourbon - IAC em condição de sequeiro na Fundação do Café da Alta Mogiana, localizada em Franca (SP).

Efeito	ANADEV	LRT	Componentes de variância ¹	Parâmetros genéticos ²
Genótipo	2260,79	14,16 ^{**}	$V_g = 42,6735$	$h^2 = 62,18\%$
Ambiente permanente	2246,63	0,00 ^{ns}	$V_{perm} = 1,1329$	-
Resíduo	-	-	$V_e = 1,1329$	$CV_e = 31,04\%$
Modelo Completo	2246,63			

^{**} e ^{ns}: significativo e não significativo no nível de 0,05 de probabilidade de acordo com o teste do Qui-quadrado, respectivamente.

A hipótese nula foi que os modelos completos e reduzido não diferem entre si.

1: V_g = variância genotípica; V_{perm} = variância dos efeitos permanentes; V_e = variância residual.

2: h^2 = herdabilidade com base na média.

Na tabela 2 são apresentadas as herdabilidades médias associadas às produtividades, os coeficientes de determinação genotípica, as acurácias bem como as eficiências para a produtividade dos 28 genótipos avaliados em Franca. Como mostrado anteriormente quatro colheitas foram suficientes para obter uma herdabilidade de 62% associada a uma acurácia de 79% com 71% de eficiência no processo seletivo. Caso deseja-se melhorar a eficiência bem como a acurácia espera-se que com mais uma colheita esses parâmetros elevem-se para 82 e 83%, respectivamente, desde que não ocorra algum advento não controlável o qual prejudique o desenvolvimento das plantas. A decisão de ter mais uma ou duas colheitas, e conseqüentemente uma melhor eficácia, cabe ao melhorista decidir, tendo em vista os objetivos do trabalho se no curto ou no médio/longo prazo, e os custos adicionais decorrentes dessas colheitas adicionais.

Tabela 2 - Herdabilidades associadas com a produtividade (h_{mp}), coeficiente de determinação genotípico (R), acurácia dos valores genéticos preditos e eficiência para a produtividade de grãos no experimento de Bourbon - IAC em condição de sequeiro na Fundação do Café da Alta Mogiana, localizada em Franca (SP).

Medições	h_{mp}	R	Acurácia	Eficiência
1	0,29	0,12	0,54	1,00
2	0,45	0,22	0,67	1,33
3	0,55	0,30	0,74	1,55
4	0,62	0,36	0,79	1,71
5	0,67	0,42	0,82	1,83
6	0,71	0,46	0,84	1,92
7	0,74	0,50	0,86	2,00

Observando-se a tabela 3 selecionaram-se os genótipos que apresentaram efeitos genotípicos, parâmetro o qual interessa ao melhoramento genético, positivos. Os valores fenotípicos na tabela correspondem aos valores obtidos no experimento. O genótipo 18 foi o primeiro dentre os 28 que obteve efeito negativo (-0,65) não sendo aconselhável a sua seleção, bem como os demais materiais genéticos classificados abaixo desse material genético. Os valores genotípicos de cada genótipo foram obtidos somando-se cada efeito genotípico à média geral do experimento (56,4 sc/ha). Caso selecione-se esses 13 genótipos espera-se que no final do próximo ciclo seletivo a média experimental eleve-se para 60,6 scs/ha, correspondendo um ganho genético de 7,4%. Caso queira um ganho maior poder-se-á fazer uma maior pressão de seleção, selecionando-se, por exemplo, cinco genótipos e tendo um ganho genético de 13,1% com uma produtividade de 63,8 scs/ha. Apenas o genótipo 2 foi superior ao Mundo Novo, utilizado como testemunha.

Tabela 3 - Ganhos genéticos preditos considerando a produtividade média (scs/ha) com a seleção dos 13 melhores genótipos no experimento de Bourbon - IAC em condição de sequeiro na Fundação do Café da Alta Mogiana, localizada em Franca (SP).

Genótipo	Valor fenotípico	Efeito genotípico	Valor genotípico	Ganho	Nova média	% Ganho
2	70,5	8,7	65,2	8,7	65,2	15,6
28	68,1	7,2	63,7	7,9	64,3	14,0
25	68,0	7,2	63,6	7,7	64,2	13,8
1	67,6	6,9	63,4	7,5	64,0	13,5
7	67,0	6,6	63,0	7,3	63,8	13,1
10	66,9	6,5	62,9	7,2	63,6	12,8
11	65,9	5,9	62,3	7,0	63,4	12,4
15	60,6	5,6	59,0	6,4	62,9	11,5
14	57,8	0,9	57,3	5,8	62,3	10,5
22	57,3	0,6	57,0	5,3	61,7	9,4
9	57,2	0,4	56,9	4,9	61,3	8,7
16	57,0	0,4	56,8	4,5	60,9	8,0
12	56,8	0,2	56,7	4,2	60,6	7,4

Na tabela 4 são apresentadas a ordem, genótipo, limite inferior e superior do intervalo de confiança (LIIC e LSIC, respectivamente) e a acurácia dos 13 melhores genótipos de café arábica em relação à produtividade média de quatro colheitas. Observou-se que a acurácia para todos os genótipos foi de 77,43%, sendo classificada por Resende e Duarte (2007) como alta (70 a 90%), inferindo-se, portanto como uma condição propícia para a seleção. Esses autores sugerem para o processo de seleção, em programas de melhoramento genético, valores de acurácia acima de 70%. Como a acurácia seletiva refere-se a correlação entre o valor genotípico verdadeiro e aquele estimado ou predito, Costa et al. (2005) destacam que experimentos com baixa acurácia indicam que os genótipos tem grandes desvios absolutos entre os valores genotípicos verdadeiros e aqueles estimados. Dessa forma, as inferências realizadas ficam comprometidas, aumentando a probabilidade da não se repetir as médias experimentais nos plantios comerciais (Borges, et al. 2009).

Maturações médias a tardias foram apresentadas pelos genótipos 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 22, 25, 26 e 28 tendo os demais materiais genéticos maturação médias. Apenas o genótipo 4 foi classificado como frutos médios para grandes sendo os outros 27 genótipos frutos de tamanhos médios.

Tabela 4 - Ordem, genótipo, limite inferior e superior do intervalo de confiança (LIIC e LSIC, respectivamente) e acurácia dos 13 melhores genótipos de café arábica avaliados, entre 2015 e 2018, no experimento de Bourbon - IAC em condição sequeiro na Fundação do Café da Alta Mogiana, localizada em Franca (SP).

Ordem	Genótipo	LIIC	LSIC	Acurácia (%)
1	2	57,1	73,3	77,43
2	28	55,6	71,8	77,43
3	25	55,6	71,8	77,43
4	1	55,3	71,5	77,43
5	7	54,9	71,1	77,43
6	10	54,8	71,0	77,43
7	11	54,2	70,4	77,43
8	15	50,9	67,1	77,43
9	14	49,2	65,4	77,43
10	22	48,9	65,1	77,43
11	9	48,8	65,0	77,43
12	16	48,7	64,9	77,43
13	12	48,6	64,8	77,43

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café pelo suporte financeiro na condução do experimento e ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC/APTA/SAA-SP)

CONCLUSÕES

- 1- Há variabilidade genética entre os genótipos de Bourbon para a prática da seleção
- 2- As acurácias experimental e seletiva estão dentro dos valores preconizados para o melhoramento
- 3- Os genótipos 2, 25, 1, 7, 10, 11, 15, 14, 22, 9, 16 e 12 apresentaram efeitos genotípicos positivos associados com um ganho genético de 7,4%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, V.; SOARES, A.A.; RESENDE, M.D.V.; REIS, M.S.; CORNÉLIO, V.M.O.; SOARES, P.C. Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de Minas Gerais utilizando modelos mistos. *Revista Brasileira Biometria* 3: 478-490, 2009.
- COSTA, R.B.; GONGALVES, P.S; OLIVEIRA, L.C.; ARRUDA, E.J.; ROA, R.A.R.; MARTINS, W.J. Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasilienses*. *Floresta Ambiental* 12 (1):74-76, 2005.
- FAZUOLI, L.C.; MEDINA FILHO, H.P.; MISTRO, J.C. Introgessão do café Bourbon na formação de cultivares de café tipo arábica desenvolvidas e selecionadas no IAC. In: 28º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeira, 2002, Caxambu - MG. 28º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeira, 2002, Caxambu - MG. MAPA/PROCAFÉ, p.330-332.
- HENDERSON, C.R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics* 31: 423-447, 1975.
- PATTERSON, H.D.; THOMPSON R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58(3): 545-554, 1971.
- RAO, C.R. *Linear Statistical Inference and its Applications*. John Wiley & Sons, 1973.
- RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 16: 330-339, 2016.
- RESENDE, M.D.V. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- RESENDE, M.D.V. *Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético*. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 561p.
- RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 37: 182-194, 2007.
- VENCOVSKY R.; BARRIGA P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 496p, 1992.