

BRAGANTIA

Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas
INSTITUTO AGRONÔMICO

Vol. 6

Campinas, Novembro de 1946

N.º 11

GENÉTICA DE COFFEA

XI — A INFLUÊNCIA DO GEN RECESSIVO *na* SÔBRE A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO (*COFFEA ARABICA L.*)*

C. A. Krug

e

A. Carvalho

I — INTRODUÇÃO

De todos os caracteres, cuja hereditariedade vem sendo pesquisada na Secção de Genética do Instituto Agronômico, os condicionados pelos alelos *Na na* têm revelado especial interesse, tanto teórico como prático. Sabe-se hoje que a variedade *bourbon*, largamente cultivada no Estado, possui êstes gens em estado duplamente dominante (*Na Na*): a forma heterozigota (*Nana*) caracteriza a variedade *murta*, sendo que o tipo homozigoto recessivo (*na na*) condiciona o aparecimento de plantas anãs (var. *nana*), que raras vêzes chegam a florescer (6). As plantas *bourbon* e *murta* se diferenciam principalmente quanto ao porte das plantas e à morfologia das suas fôlhas, sendo o porte um pouco mais reduzido no *murta*, que também possui fôlhas bem menores (Figs. 1 a 3). Os seus caracteres de flores e frutos são, entretanto, praticamente idênticos (8).

Os alelos *Na na* vêm apresentando especial interesse teórico, pelo fato de serem bastante instáveis em certos ambientes genéticos (3), às vêzes dando origem a quimeras genéticas (4).

O esclarecimento do mecanismo hereditário acima citado também foi de interesse prático, pois destruiu a hipótese, proposta por Luiz Pereira Barreto e até há pouco muito arraigada entre os fazendeiros, de que era necessário cruzar o *murta* com o café "Nacional" (var. *typica*) para obter o *bourbon* legítimo (5). Esta crença fêz com que se utilizassem frequentemente, para a plantação de lavouras de *bourbon*, sementes colhidas em cafeeiros *murta*, especialmente plantados, para favorecer a hibridação, nas mesmas covas, com cafeeiros "Nacional". Esta prática determinou a exis-

(*) Trabalho apresentado à 1.ª Reunião das Sociedades de Biologia do Brasil, realizada em São Paulo, em Setembro de 1946.

tência, ainda hoje verificada em muitas lavouras de café *bourbon*, de uma percentagem, mais ou menos elevada, de plantas da variedade *murta*.

O presente trabalho tem por finalidade determinar qual o efeito de uma dose do alelo *na* sobre a produtividade do cafeeiro. Considerando que a forma duplamente recessiva (*na na*) raríssimas vezes floresce e frutifica, podemos considerar a sua produção como sendo praticamente nula interessando-nos, portanto, apenas estudar, em comparação com o *bourbon* (*Na Na*), a forma heterozigota (*Na na*), representada, como já dissemos atrás, pela var. *murta*.

II — NATUREZA DO MATERIAL EM ESTUDO

Evidentemente, para que se possa comparar a produtividade de plantas homozigotas dominantes com plantas heterozigotas, é preciso que as mesmas apenas se diferenciem pela presença, nestas últimas, de uma dose do alelo *na* substituído, nos homozigotos, pelo outro alelo *Na*, e que o restante da estrutura hereditária de tôdas as plantas em comparação seja idêntico ou apresente o mesmo grau de variabilidade genética. Considerando que não possuímos ainda linhas puras de café para a realização de estudos comparativos dessa natureza, resolveu-se lançar mão de progênies (de sementes de flores autofecundadas) de plantas *murta*, constituídas, para fins desse estudo, de 50% de indivíduos *bourbon* (*Na Na*) e 50% de indivíduos *murta* (*Na na*), tendo-se eliminado as plantas anãs e o excedente das do tipo *murta*. Embora não se tratando de material homozigoto com relação ao conjunto dos demais fatores hereditários, é de se supor, porém, que as plantas de, respectivamente, cada um dos dois lotes de *bourbon* e *murta* em estudos, apresentam a mesma variabilidade genética, permitindo, portanto, a sua comparação.

Inicialmente, escolheram-se para tal fim 14 indivíduos *murta*, marcados, em 1934, nas Fazendas "Cravinhos" (Município de Cravinhos) e "Monte Vistoso", em Ribeirão Preto. Durante a florada de 1935, as flores destes cafeeiros foram autofecundadas artificialmente, plantando-se em 1936 as sementes no viveiro, em Campinas. Um ano mais tarde procedeu-se à transplantação de 20 mudas de cada uma das 14 progênies para o local definitivo, num dos talhões de seleção da Estação Experimental Central de Campinas, sendo 10 mudas, de cada lote, da var. *bourbon* e 10 da var. *murta*. Tais progênies foram plantadas em linhas, uma em seguida à outra, sendo 3 em cada linha. As distâncias adotadas foram de 2,5 m entre as linhas e 2.0 m entre as plantas, tendo sido os tratos culturais exatamente os mesmos para todos os indivíduos. Não se organizou, para esta comparação, uma experiência especial com as necessárias repetições, mas resolveu-se plantar este material do mesmo modo como se vinha procedendo com as demais progênies em estudo preliminar, em virtude da falta de mudas em número suficiente e ainda pela escassez de área disponível. Em 1939 procedeu-se à primeira colheita, individualmente para cada cafeeiro, anotando-se, em fichas especiais, os pesos de café "cereja". Assim prosseguiu-se até o ano corrente (1946), realizando-se de duas a três colheitas por ano para evitar perda de frutos ou a sua seca no pé antes da colheita.

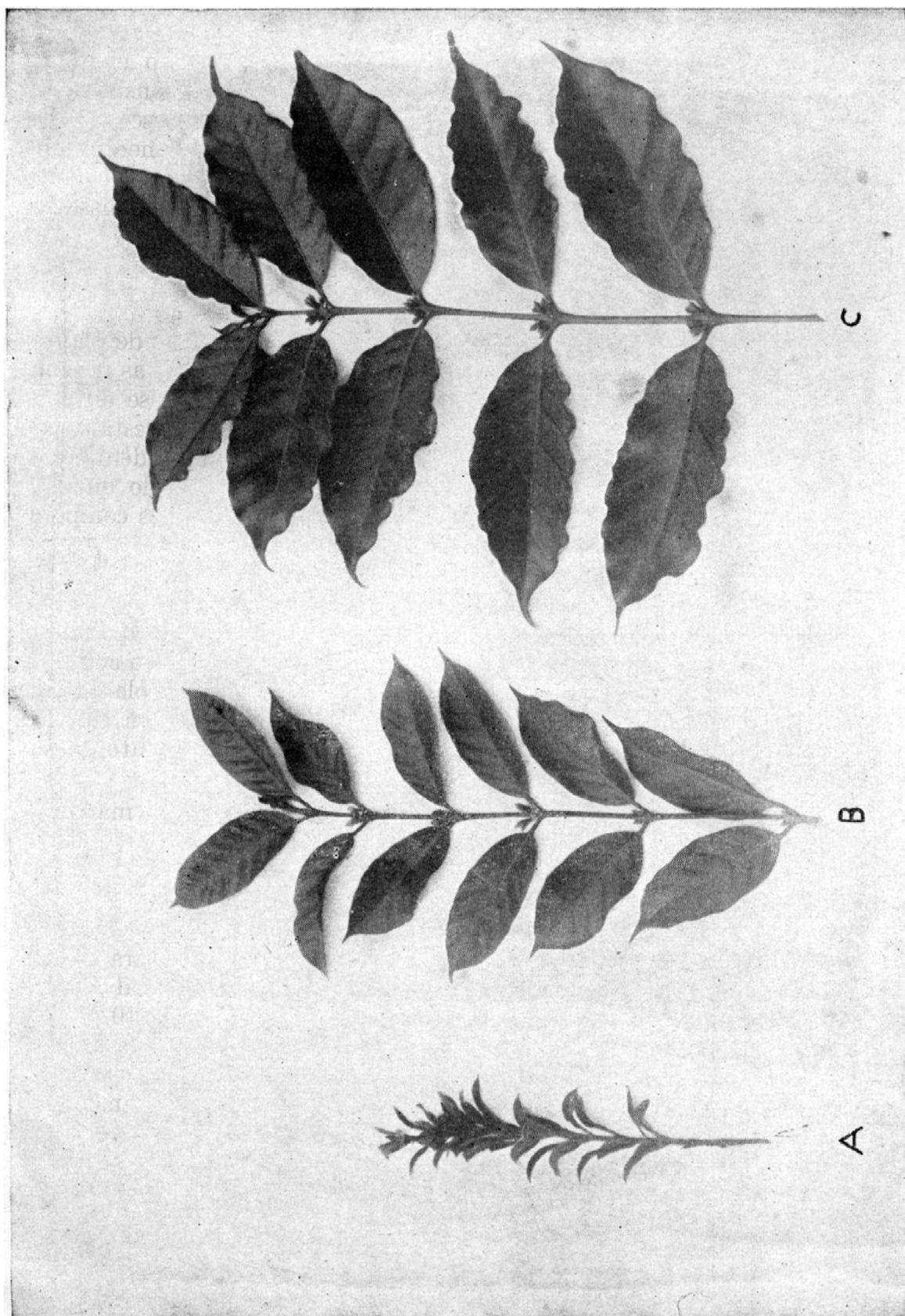


Fig. 1 — Ramos representativos dos três genótipos. — A, *na na* (var. *nana*); B, *Na na* (var. *murta*); C, *Na Na* (var. *bourbon*).

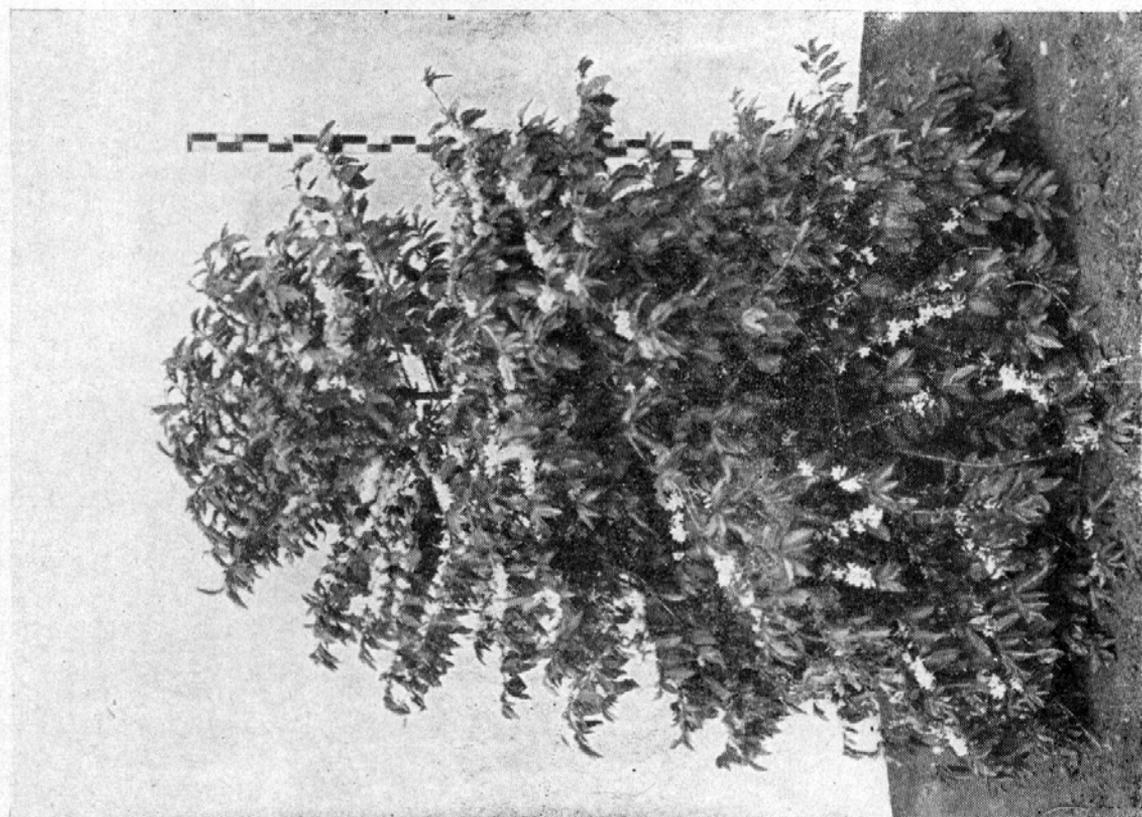


Fig. 3 — Planta da var. *murta*

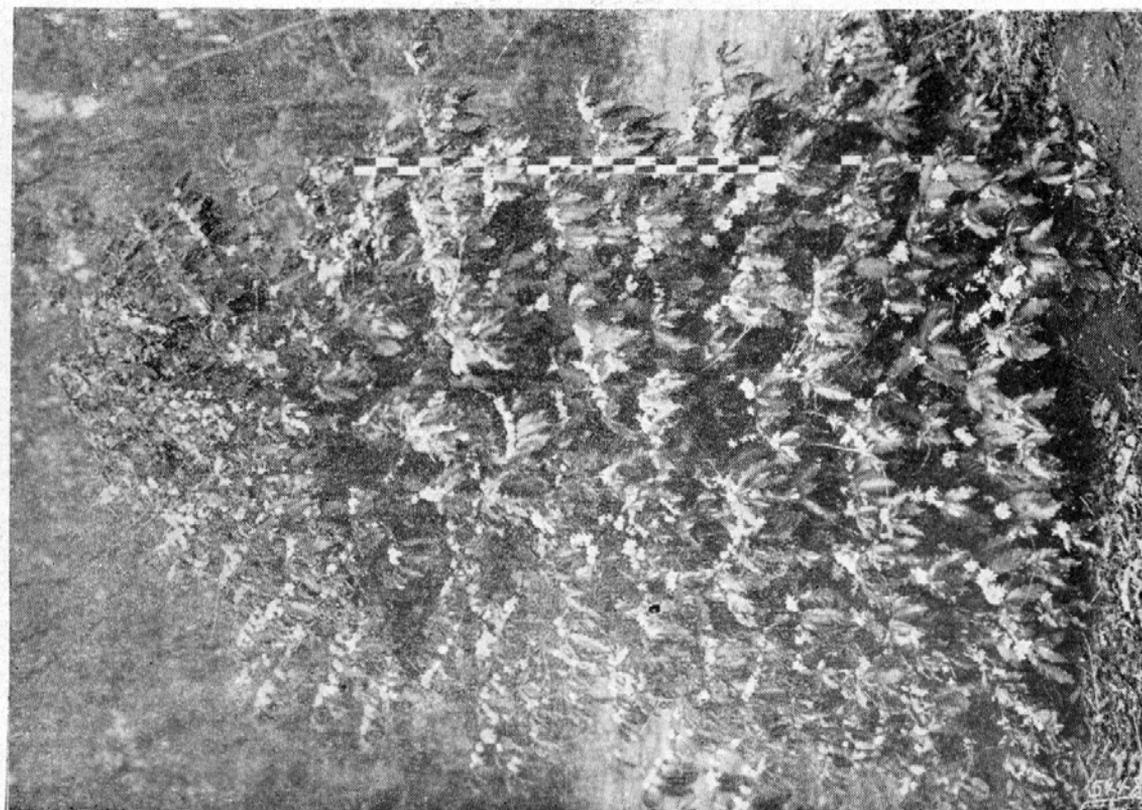


Fig. 2 — Planta da var. *bourbon*

Infelizmente, o número de plantas não permaneceu igual até o fim do presente estudo, pois várias plantas do tipo *murta* morreram, principalmente em 1941, em virtude da prolongada sêca. Assim sendo, o "stand" destes lotes ficou reduzido a partir daquele ano, como se segue (Quadro I) :

QUADRO I

Número de plantas em colheita individual

N.º DA PROGÊNIE	N.º DE PLANTAS			
	BOURBON		MURTA	
	Inicial	De 1941 em diante	Inicial	De 1941 em diante
R. P. 81	10	10	10	4
R. P. 93	10	10	10	3
R. P. 95	10	10*	10	6
R. P. 96	10	9	10	6
R. P. 101	10	9	10	7
R. P. 103	10	10	10	9
R. P. 106	10	10	10	6
R. P. 108	10	9	10	9**
R. P. 111	10	10	10	7
R. P. 112	10	9	10	6
R. P. 113	10	10	10	3
R. P. 115	10	10	10	10
R. P. 116	10	10	10	9
R. P. 117	10	10	9***	9

* De 1944 em diante apenas 9 plantas

** De 1942 em diante apenas 8 plantas

*** Uma planta morreu logo após a transplantação.

III — RESULTADOS DAS COLHEITAS (1939 a 1946)

Nos quadros II e III e gráficos I e II apresentam-se os dados de tôdas as colheitas realizadas nas 14 progênies em estudos. Verifica-se, à primeira inspeção destes dados, que são sensíveis as variações das produções observadas, tanto de ano para ano, como também entre os lotes de *bourbon* e *murta* de cada progênie. As variações anuais das produções médias, também observadas em cafeeiros de outras variedades, foram particularmente intensas nesse período, em virtude da ocorrência de condições climáticas desfavoráveis durante alguns anos (sêcas e geadas), condicionando quedas bruscas de produção, especialmente em 1941 e 1944.

Passemos, a seguir, ao exame mais detalhado dos resultados observados :

Q U A D R O I I
Produções dos lotes de Bourbon (Na Na) e Murta (Na na) (Kg de frutos maduros)
Médias anuais parciais

N.º DAS PROGENIES	1939		1940		1941		1942		1943		1944		1945		1946						
	MURTA		MURTA		MURTA		MURTA		MURTA		MURTA		MURTA		MURTA						
	Bour- bon Kg	Em % do Bour- bon																			
R.P. 81	1.2	33.3	3.3	36.4	0.9	0.2	22.2	1.5	53.6	5.3	1.0	18.9	0.1	1.4	140.0	0.9	0.5	55.6	8.0	3.8	47.5
R.P. 93	1.7	11.8	3.5	51.4	1.6	0.7	43.8	1.0	19.2	6.9	2.7	39.1	1.1	1.5	136.4	3.7	0.7	18.9	10.3	4.4	42.7
R.P. 95	0.9	55.6	3.4	61.8	0.9	0.1	11.1	2.2	73.3	5.0	2.8	56.0	2.1	2.9	138.1	2.1	0.8	38.1	10.4	8.1	77.9
R.P. 96	1.1	63.6	3.3	60.6	1.2	0.0	0.0	2.2	47.8	4.7	3.4	72.3	2.7	0.5	18.5	1.6	1.5	93.8	9.7	5.0	51.5
R.P. 101	1.0	60.0	3.4	55.9	0.7	0.1	14.3	0.8	34.8	5.9	2.9	49.2	0.6	0.8	133.3	2.6	1.0	38.5	10.3	4.7	45.6
R.P. 103	1.1	81.8	3.4	67.6	0.6	0.1	16.7	1.4	63.6	5.0	3.8	76.0	1.1	0.7	63.6	2.0	2.2	110.0	8.8	4.5	51.1
R.P. 106	0.9	33.3	3.3	51.5	0.6	0.3	50.0	2.8	82.4	5.3	0.3	5.7	1.0	4.3	430.0	2.0	0.1	5.0	8.4	3.7	44.0
R.P. 108	0.9	55.6	2.9	79.3	0.4	0.2	50.0	2.2	46.8	3.0	1.9	63.3	5.4	3.7	68.5	2.2	1.4	63.6	8.2	4.2	51.2
R.P. 111	0.7	28.6	3.2	71.9	0.8	0.6	75.0	2.9	90.6	5.0	2.3	46.0	2.6	3.7	142.3	1.8	1.2	66.7	10.3	3.7	35.9
R.P. 112	0.5	60.0	3.5	42.9	1.1	0.4	36.4	3.8	68.4	4.8	1.7	35.4	3.5	3.8	108.6	1.9	1.2	63.2	10.3	3.1	30.1
R.P. 113	0.9	66.7	4.2	45.2	1.1	0.6	54.5	2.8	77.8	3.6	2.7	75.0	4.2	2.2	52.4	2.4	1.0	41.7	6.2	3.6	58.1
R.P. 115	0.9	55.6	4.4	68.2	0.6	0.3	50.0	1.2	75.0	7.1	4.9	69.0	0.6	0.1	16.7	2.2	1.3	59.1	6.9	5.0	72.5
R.P. 116	0.6	66.7	3.6	63.9	1.3	0.2	15.4	2.3	63.9	6.9	4.4	63.8	0.4	1.3	325.0	4.0	3.5	87.5	6.4	2.7	42.2
R.P. 117	0.5	40.0	3.6	55.6	1.0	0.4	40.0	1.2	32.4	6.0	3.7	61.7	1.1	0.2	18.2	3.5	2.0	57.1	7.2	2.9	40.3
Médias ge- rais anuais.	0.9	55.6	3.6	57.1	0.9	0.3	33.3	1.9	55.9	5.3	2.8	52.8	1.9	1.9	100.0	2.4	1.3	54.2	8.7	4.2	48.3

1) Diferenças de produção entre as médias anuais parciais dos lotes de *bourbon* e *murta*

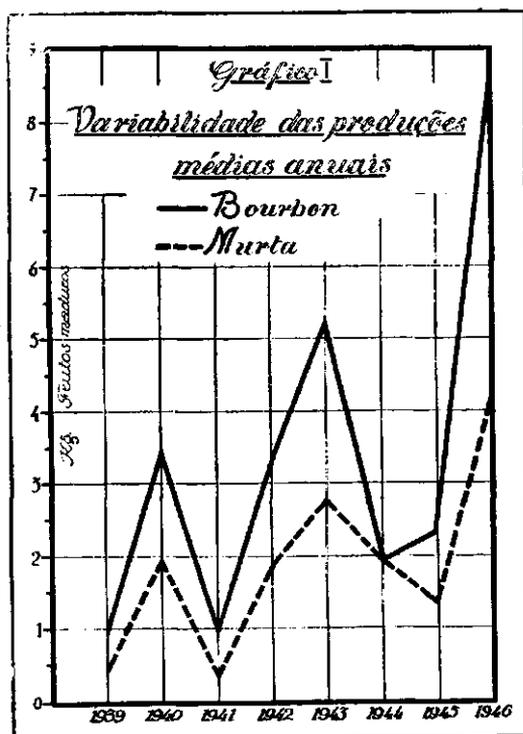
Das 112 diferenças de produção obtidas (14 progênies colhidas durante 8 anos), apenas 9 se mostraram favoráveis ao *murta*, produzindo o *bourbon* colheitas maiores em todos os demais casos (Quadro n.º II). Oito destas nove exceções ocorreram em 1944 e provavelmente representam consequência de produções relativamente muito elevadas, dos lotes de *bourbon*, em 1943. As diferenças de produção em favor do *bourbon* variaram bastante de ano para ano; assim, as plantas *murta* da Prog. R.P. 96 nada produziram em 1941; entretanto, em 1945, a colheita deste lote praticamente igualou à do lote correspondente de *bourbon*.

2) Diferenças de produção entre as oito médias anuais gerais dos lotes de *bourbon* e *murta*

Como ainda demonstram o quadro II e o gráfico I, em todos os anos os lotes de *bourbon* produziram, em média, mais do que os de *murta*, com exceção do ano de 1944, quando as produções foram idênticas.

3) Diferenças de produção entre as 14 médias gerais dos lotes de *bourbon* e *murta*

Pelo quadro III verifica-se que em tôdas as progênies estudadas, os lotes de *bourbon* produziram, em média, mais que os respectivos lotes de *murta*, oscilando as diferenças médias verificadas entre 1,0 e 2,6 kg de café "cereja", sendo que, no caso extremo, o *murta* apenas produziu 39,5% da produção do *bourbon*. Quanto às diferenças observadas, verifica-se que o valor de "t" calculado é sempre significativamente maior do que o da tabela ($P=1\%$), a não ser em 2 casos em que os valores calculados ficam entre os limites de P para 5% e 1%.



4) Diferença de produção entre as duas médias gerais dos lotes de *bourbon* e *murta*

Comparando-se as duas médias gerais de produção anual, individual, dos lotes de *bourbon* e *murta* (Quadro III, Gráfico II), verifica-se a exis-

QUADRO III

Produções dos lotes de Bourbon (Na Na) e Mur'a (Na na)

Médias gerais individuais (1939-1946)

N.º DAS PROGÊNIES	Kg FRUTOS MADUROS		DIFERENÇA EM FAVOR DO BOURBON Kg	PRODUÇÕES DOS LOTES DE MURTA EM % DAS DE BOURBON	t	t DA TABELA	
	Bourbon	Murta				P = 1%	P = 5%
R. P. 81	2,8±0,14	1,3±0,26	1,5	46,4	5,4	3,06	2,18
R. P. 93	4,3±0,18	1,7±0,05	2,6	39,5	7,4	3,11	2,20
R. P. 95	3,5±0,27	2,5±0,16	1,0	71,4	2,8	3,01	2,16
R. P. 96	3,6±0,21	2,0±0,17	1,6	55,6	5,4	3,01	2,16
R. P. 101	3,4±0,31	1,6±0,21	1,8	47,0	4,4	2,98	2,14
R. P. 103	3,0±0,21	2,0±0,09	1,0	66,7	4,2	2,90	2,11
R. P. 106	3,1±0,16	1,7±0,12	1,4	54,8	5,4	2,98	2,14
R. P. 108	3,5±0,11	2,1±0,11	1,4	60,0	8,2	2,95	2,13
R. P. 111	3,5±0,32	2,2±0,31	1,3	62,9	2,7	2,95	2,13
R. P. 112	3,7±0,20	1,9±0,17	1,8	51,4	6,3	3,01	2,16
R. P. 113	3,3±0,17	2,0±0,29	1,3	60,6	3,5	3,11	2,20
R. P. 115	3,1±0,20	2,1±0,20	1,0	67,7	3,4	2,88	2,10
R. P. 116	3,3±0,14	2,2±0,21	1,1	66,7	4,4	2,90	2,11
R. P. 117	3,3±0,23	1,6±0,19	1,7	48,5	5,6	2,90	2,11
\bar{x} gerais	3,4±0,09	1,9±0,08	1,5±0,12	55,9	11,9	2,79	2,06

tência de uma diferença de $1,5 \pm 0,12$ kg de cerejas a favor do primeiro dos lotes, correspondendo a média do *murta* apenas a 55,9% da média do *bourbon*.

5) Variabilidade das produções dos lotes de *bourbon* e *murta*

Com o fim de se estudar comparativamente a variabilidade das produções de *bourbon* e *murta*, lançou-se mão dos dados originais, aplicando-se a prova de Bartlett (9).

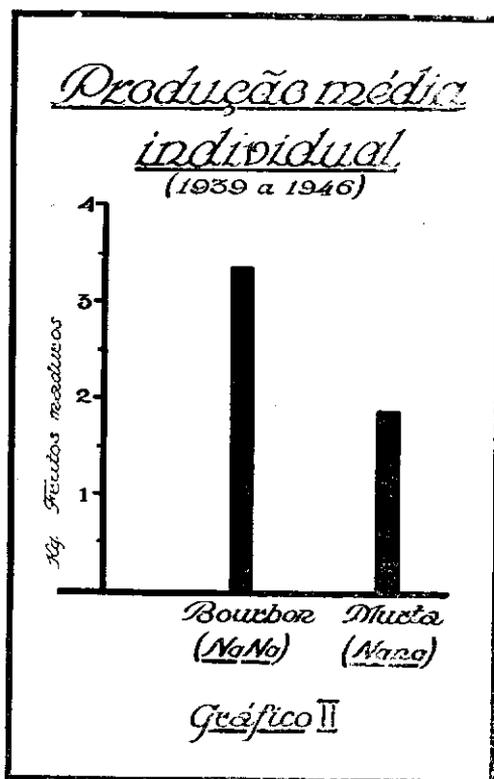
a) Variabilidade entre plantas

Analizando-se o conjunto de todos os dados, obteve-se um valor de X^2 igual a 29,49 (nf=27), que não é significativo. A seguir desdobrou-se este X^2 em três partes, a saber: uma relativa ao *bourbon* ($X^2=5,92$ para nf=13), outra relativa ao *murta* ($X^2=18,87$ para nf=13) e uma relativa à diferença entre os dois grupos ($X^2=4,70$ para nf=1), somente este último sendo significativo. Dessa

forma poder-se-à concluir que a variabilidade é aproximadamente igual dentro de cada um dos dois grupos, constatando-se, entretanto, uma diferença das variâncias entre eles, sendo maior a variância do *bourbon*.

b) Variabilidade entre as produções anuais

Resultados análogos foram obtidos com a análise dos dados referentes à variabilidade entre as produções anuais. O X^2 total obtido foi de 43,96 para nf=27, este valor sendo significativo. Os valores obtidos pelo desdobramento foram os seguintes: *bourbon* $X^2=3,60$ (nf=13); *murta* $X^2=10,48$ (nf=13) e para a diferença $X^2=29,88$ (nf=1), apenas o último desses valores sendo significativo. Desses dados, portanto, também se conclui que as variâncias entre os dois grupos são diferentes, sendo igualmente maior a variância do *bourbon*.



IV — RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho compara-se a produtividade dos lotes de plantas *bourbon* (Na Na) e *murta* (Na na), de 10 cafeeiros cada um, pertencentes a 14 progênies diferentes. Pelos dados apresentados deduz-se que uma única dose do alelo recessivo *na*, na forma heterozigota *murta*, além de causar o aparecimento das já conhecidas alterações morfológicas afeta, profundamente, a produtividade das plantas que fica reduzida, em média, a 55,9%, quando comparada com a do genótipo Na Na (*bourbon*).

As provas efetuadas com o fim de estudar a variabilidade entre as plantas dos grupos *bourbon* e *murta* levaram à conclusão de que ambos os grupos são uniformes, porém que a variância do grupo *bourbon* é maior que a do *murta*. As mesmas provas efetuadas para o estudo da variação entre as produções anuais dos mesmos lotes *bourbon* e *murta* levaram à mesma conclusão, isto é, que também êsses dois lotes são uniformes, porém maior a variância apresentada pelo *bourbon*. Nos demais fatores genéticos em estudos na espécie *C. arabica* tem-se sempre encontrado, na forma heterozigota e quando a dominância é incompleta, uma maior variabilidade na expressão dos caracteres afetados. Tal é o caso, por exemplo, do par de alelos *Sd sd*, responsável pelo desenvolvimento das sépalas e que, na forma heterozigota (*Sd sd*), determina uma acentuada variabilidade na manifestação desse caráterístico (7). É interessante notar que, no caso presente, embora também se trate de um caráterístico quantitativo, como seja a produção de frutos, a variabilidade constatada na forma heterozigota representada pelas plantas *murta* é menor que a da forma homozigota *bourbon*. A forma heterozigota *murta*, porém, é mais sujeita ao fenômeno do "die-back" (morte de ramos laterais e ponteiros após excessiva produção de frutos), que pode ser tão intenso, a ponto de a planta toda chegar a secar.

Não se determinou ainda, com certeza, os motivos da redução da produtividade das plantas *murta* em comparação com as de *bourbon*. Os frutos dos cafeeiros *bourbon* e *murta* têm, praticamente, as mesmas dimensões e peso. O mesmo ocorre com as sementes. Isso indica que a diferença de produção tem como causa principal o menor número total de frutos produzidos pelo *murta*. As flores desta variedade são normalmente férteis e o seu pólen é bastante abundante. Diante disso, é de se supor que o fator limitante da produção seja relacionado com o menor número de internódios ou de inflorescências por axila foliar ou, ainda, de flores por inflorescência na var. *murta*, em comparação com o *bourbon*. Esta última causa foi encontrada como sendo um dos mais prováveis determinantes da menor produtividade das plantas *maragogipe*, comparadas com as plantas da var. *typica* (2).

Esclarecendo o extraordinário efeito de uma única dose de um gen recessivo sobre a produtividade do cafeeiro, os resultados desta pesquisa ainda têm significação prática, demonstrando aos fazendeiros a baixa produtividade das plantas da variedade *murta*, que, nas lavouras, devem ser eliminadas e substituídas por *bourbon*.

A G R A D E C I M E N T O S

Os autores desejam expressar os seus agradecimentos ao Sr. Constantino Fraga Júnior, Chefe da Secção de Técnica Experimental e Cálculo, pela orientação dada na escolha dos métodos estatísticos utilizados.

S U M M A R Y

In the present paper the difference in yielding ability of two genotypes which differ by only one single gene is compared: *Na Na* (*bourbon*) and *Na na* (*murta*). 20 plants of each of 14 *murta* (*Na na*) progenies were used for comparison after discarding all *na na* plants which are dwarfed and practically unfruitful; each progeny was made

of 10 *Na Na* and 10 *Na na* individuals. The individual yields were recorded during 8 years (1939 to 1946) and it was shown that the *na* allele, besides its well known effect on the morphology of the leaves, has a remarkable influence on the yielding capacity of the *Na na* plants, reducing it, in average, to only 55,9% as compared with the *Na Na* genotype. The Bartlett's test of homogeneity of variance when applied to study the variability between the plants of the *bourbon* and *murta* groups has shown that both groups are homogeneous, but a significant difference between their variances was found, the *bourbon* one being larger. The same test when applied to study the variation between the annual yields of the same groups of plants has led to the same conclusion. The *Na na* plants however were more susceptible to the die-back of the lateral branches after harvest, which even caused the death of several plants. Considering that fruit size and weight of both varieties (*bourbon* and *murta*) are practically identical, it is concluded that the lower fruit number of the *murta* genotype is responsible for its lower yields. As its flowers are normally fertile, pollen being produced in abundance, it is supposed that a lower number of internodes, or a lower number of flowers in the inflorescences or even a lower total number of flowers in each leaf axil is responsible for the decrease in yield of the *murta* variety.

The results of this study are also of practical importance suggesting the elimination of all *murta* plants in a coffee plantation and their replacement by *bourbon*.

LITERATURA CITADA

1. **Brieger, F. C.** Tábuas e Fórmulas para Estatística. pg. 1-46. Cia. Melhoramentos de São Paulo. São Paulo 1937.
2. **Carvalho, A.** Causas da baixa produtividade do *C. arabica* L. var. *maragogipe* Hort ex Froehner. Bol. Técn. n.º 59 do Instituto Agrônômico 1-45, fig. 2, 1939.
3. **Carvalho, A.** Genética de Coffea IV: Instabilidade do par de alelos *Na na* de *Coffea arabica* L. *Bragantia* 1: 453-466 1941.
4. **Carvalho, A. e C. A. Krug.** Genética de Coffea IX: Observações preliminares sobre quimeras genéticas em *Coffea arabica* L. *Bragantia* 6: 239-250: 1946.
5. **Krug, C. A.** Luiz Pereira Barreto e o Café Bourbon. "O Estado de São Paulo" de 15/10/1937.
6. **Krug, C. A.** The Genetics of Coffea Part I. Inheritance of a dwarf type *na na*. *Jour. Genetics* 37 (1): 41-50: 4 figs. 1938. TRADUÇÃO: — Genética de Coffea Parte I Hereditariedade de um tipo anão — *na na*. Bol. Técn. do Inst. Agron. n.º 47: 5-13 4 figs. 1939.
7. **Krug, C. A. e A. Carvalho.** Genética de Coffea X: Hereditariedade da ocorrência de sépalas desenvolvidas nas flores de *Coffea arabica* L. var. *goiaba* Taschdjian. *Bragantia* 6: 251-264 1946.
8. **Krug, A. C., J. E. T. Mendes e A. Carvalho.** Taxonomia de *Coffea arabica* L. Descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo. Bol. Técn. do Inst. Agron. n.º 62, pg. 9-57, 122 figs. 1938.
9. **Snedecor, George W.** Em "Statistical Methods" Iowa State College Press: 251, 1946.