

VARIABILIDADE GENÉTICA DO RENDIMENTO INTRÍNSECO DE GRÃOS EM GERMOPLASMA DE *COFFEA*⁽¹⁾

CRISTIANA DE GASPARI-PEZZOPANE^(2,3); HERCULANO PENNA MEDINA FILHO^(2,4);
RITA BORDIGNON⁽²⁾

RESUMO

O rendimento intrínseco do café, relação percentual entre a massa de dois grãos normais tipo chato e do respectivo fruto que os contém, foi estudado em seis grupos de germoplasma de *Coffea*, com o objetivo de se conhecer a variabilidade genética para essa característica. Investigou-se o rendimento intrínseco de *Coffea arabica* em um grupo de cinco cultivares de porte baixo, em outro contendo 22 cultivares e seleções e, ainda, em outro grupo com 79 cultivares, variedades e formas botânicas, mutantes e acessos da Etiópia. Em *C. canephora*, foram analisados três acessos da variedade *kouilou* e 10 acessos da variedade *robusta*. Investigaram-se ainda, outras oito espécies do gênero *Coffea*. Observou-se considerável variabilidade genética tanto entre representantes de *C. arabica* quanto de *C. canephora*, assim como entre as diferentes espécies do gênero *Coffea*. A amplitude de variação nos valores de rendimento intrínseco referente ao último grupo foi bem maior que a de qualquer outro grupo estudado. A magnitude das variações observadas e as implicações econômicas do rendimento intrínseco indicam que essa característica pode ser utilizada como um critério adicional de seleção no melhoramento de *C. arabica* e *C. canephora*.

Palavras-chave: café, grãos tipo chato, melhoramento, cultivares, polpa.

ABSTRACT

GENETIC VARIABILITY FOR BEAN INTRINSIC OUTTURN IN *Coffea* GERMPLASM

The intrinsic coffee bean outturn, percent weight ratio of two normal flat beans and the respective whole fruit, was studied in six *Coffea* germplasm groups in order to investigate the genetic variability for this characteristic. It was evaluated in *C. arabica* a group of five short stature cultivars, another group composed of 22 cultivars and selections yet a third group of 79 items comprising cultivars, botanical varieties and types, mutations and accessions from Ethiopia. In *C. canephora* it were studied three accessions of var. *kouilou* and ten of var. *robusta*. It were investigated also eight other species of the genus *Coffea*. Considerable genetic variability was detected within *C. arabica* and *C. canephora* and among the other species of the genus *Coffea*. The range of values among the last group was much larger than in any other group investigated. The magnitude of variations and the economic implication of bean intrinsic outturn indicate that this characteristic could be used as an additional selection criterion in improvement programs aiming at the development of high yielding cultivars of *C. arabica* and *C. canephora*.

Key words: coffee, flat beans, breeding, cultivars, pulp.

⁽¹⁾ Parte da dissertação de mestrado da primeira autora em Agricultura Tropical e Subtropical, apresentada ao Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas. Recebido para publicação em 14 de maio de 2003 e aceito em 4 de fevereiro de 2004.

⁽²⁾ Centro de Análise e Pesquisa do Agronegócio do Café 'Alcides Carvalho', Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas (SP). E-mail: medina@iac.sp.gov.br; rita@iac.sp.gov.br

⁽³⁾ Com bolsa de Pós-Graduação da CAPES.

⁽⁴⁾ Com bolsa de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

Uma importante característica econômica no melhoramento do cafeeiro é o rendimento, ou seja, a relação entre a massa de café maduro ou seco e o de café beneficiado. Na prática, os produtores se referem ao rendimento ou renda do café como a proporção entre a “palha” que sobra do beneficiamento do fruto inteiro e o resultante “café limpo”. Em *C. arabica* essa proporção em massa varia normalmente entre 45% e 55% (KRUG et al., 1965). O rendimento, assim estimado, sofre considerável influência da quantidade de frutos-bóia, os quais são desprovidos de grãos ou que contém apenas um grão tipo chato e também da quantidade de frutos que contém um grão moca (VACCARELLI et al., 2003).

Entretanto, o rendimento aqui estudado e denominado rendimento intrínseco⁽⁵⁾ refere-se somente à relação percentual entre a massa seca de dois grãos normais tipo chato e a massa seca do respectivo fruto contendo esses dois grãos. Livre das grandes variações devido aos frutos-bóia e às sementes do tipo moca, exprime uma relação mais acurada entre a massa de grãos e as demais estruturas do fruto que os contém. Presumivelmente, esse parâmetro seria de maior valia para indicar as diferenças existentes entre materiais genéticos distintos.

As principais espécies de *Coffea* no mercado mundial são *C. arabica*, originária da Etiópia, Sudão e Quênia e *C. canephora*, oriunda de regiões tropicais e subtropicais do continente africano (LEBRUN, 1941; CHEVALIER, 1947; CHARRIER, 1978). *C. arabica*, conhecida genericamente como café arábica, é responsável por 75% da produção comercializada e preferida devido à melhor qualidade de sua bebida. *C. canephora*, conhecida como café robusta, contribui com 25% desse mercado, tendo ampla utilização na indústria de café solúvel e em *blends* com café arábica, visando à redução no preço do produto final.

No gênero *Coffea* existem outras 80 ou mais espécies, sendo 25 provenientes do continente africano e 55 de Madagascar e Ilhas Mascarenhas (BRIDSON, 1982; 1987; 1994; BRIDSON e VERDCOURT, 1988). Tais espécies, embora não apresentem expressão comercial, são importantes para o melhoramento genético, pois se constituem em reservas gênicas de resistência às pragas, doenças e condições adversas de ambiente (MEDINA FILHO et al., 1984; CARVALHO e FAZUOLI, 1993).

C. arabica, com $2n=4x=44$ cromossomos é a única espécie poliplóide do gênero, sendo as demais, diplóides com 22 cromossomos. *C. canephora* é alógama e apresenta auto-incompatibilidade gametofítica (CONAGIN e MENDES, 1961; BERTHAUD, 1980), enquanto *C. arabica* multiplica-se predominantemente por autofecundação, com taxa de fecundação cruzada ao redor de 10% (CARVALHO e MÔNACO, 1962).

As outras espécies são alógamas e, em grande maioria, auto-incompatíveis. Sendo *C. arabica* autógama, a variabilidade genética entre as plantas não é alta devido ao fato de as cultivares terem sido desenvolvidas, na maioria dos casos, pelo método genealógico. Como *C. canephora* é auto-incompatível apresenta, em geral, maior variabilidade genética, sendo as cultivares constituídas de mistura de progênies de meios-irmãos. Cultivadas em larga escala no Estado do Espírito Santo, as recentes cultivares selecionadas pela INCAPER são, entretanto, constituídas por cerca de dez clones propagados vegetativamente. Nas outras espécies de *Coffea*, a variabilidade genética é mais elevada, por serem alógamas e não terem passado pelo processo de melhoramento e seleção.

O objetivo deste trabalho foi investigar a característica rendimento intrínseco em diferentes germoplasmas de *C. arabica*, *C. canephora* e de espécies silvestres do gênero *Coffea* do Banco de Germoplasma do Instituto Agrônomo (IAC).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Germoplasmas analisados

O rendimento intrínseco (RI) foi estudado em seis grupos independentes de materiais genéticos, em 2001, descritos a seguir:

Grupo 1: Cultivares de *C. arabica* de porte baixo – Centro Experimental Central (CEC), Campinas

Nesse primeiro grupo, foram estudadas as cultivares de porte baixo Catuaí IAC 81, Catuaí IAC 144, Obatã IAC 1669-20, Tupi IAC 1669-33 e Ouro Verde IAC H5010-5, mantidas em um lote no Centro Experimental Central (CEC) do Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas. Em cada cultivar, coletaram-se 100 frutos de quatro plantas na posição mediana, face Norte, sendo os valores de RI analisados no delineamento inteiramente casualizado.

Grupo 2: Cultivares e seleções de *C. arabica* – Fazenda Monte D’Este

⁽⁵⁾ H.P. MEDINA FILHO; R. BORDIGNON. (dados não publicados)

Na Fazenda Monte D'Este, localizada em Campinas, seleções de diversas cultivares de porte alto e de porte baixo são mantidas em um campo experimental homogêneo e com produções controladas, visando a observações comparativas. Em cada uma das 22 cultivares e seleções relacionadas na Tabela 1 foram colhidos um total de 100 frutos, amostrando-se quatro plantas inteiras. Os resultados de RI foram analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado.

Tabela 1. Relação de cultivares e seleções de *C. arabica* da Fazenda Monte D'Este, Campinas (SP), avaliadas no Grupo 2

Identificação	Cultivar/Seleção
1	Bourbon Amarelo IAC LCJ-18
2	Mundo Novo Vermelho IAC 388-17-1
3	Acaiá IAC 474-10
4	Ouro Verde IAC 4395
5	Catuai Vermelho IAC 46
6	Catuai Vermelho IAC 81
7	Catuai Vermelho IAC 99
8	Catuai Amarelo IAC 47
9	Catuai Amarelo IAC 62
10	Catuai Amarelo IAC100
11	Obatã IAC 4092
12	Tupi IAC 4096
13	Catuai Vermelho MAPA
14	Catuai Amarelo MAPA
15	Icatu Vermelho IAC 4041
16	Icatu Vermelho IAC 4043
17	Icatu Vermelho IAC 4045
18	Icatu Vermelho IAC 4046
19	Icatu Amarelo IAC 2944 Broto Bronze
20	Icatu Amarelo IAC 2944 Broto Verde
21	Icatu Amarelo IAC 2944-6
22	Icatu Amarelo IAC 2944-7A

Grupo 3: Variedades e formas botânicas, híbridos, acessos e mutantes de *C. arabica* – coleção no CEC

Variedades e formas botânicas, mutantes e acessos de *C. arabica* da Etiópia, representando grande diversidade genética da espécie, são mantidos em uma coleção viva no CEC. Nesse lote, 100 frutos da

planta toda foram coletados em uma planta de cada um dos 79 acessos estudados (Tabela 2). Os resultados do RI foram analisados de acordo com o delineamento inteiramente casualizado.

Grupo 4: Seleções de *C. canephora* var. *kouilou* – Banco Ativo de Germoplasma (BAG) no CEC

Foram coletados 100 frutos em uma planta inteira das coleções IAC 66, IAC 67 e IAC 68 da variedade *kouilou* de *C. canephora*, oriundas do Estado do Espírito Santo, mantidas no BAG do CEC em Campinas. Na análise dos dados, considerou-se o delineamento inteiramente casualizado.

Grupo 5: Acessos de *C. canephora* – Ensaio no CEC

Foram investigados dez acessos de *C. canephora* oriundos do Ceilão, mantidos em condições de experimentação no CEC, em Campinas, relacionados na Tabela 12. Coletaram-se 100 frutos em cada uma das duas plantas de cada acesso sendo as amostras constituídas da mistura de frutos da planta toda. Considerou-se para análise dos dados o delineamento hierárquico totalmente aninhado, e os frutos em cada planta, o fator de aninhamento.

Grupo 6: Espécies de *Coffea* – BAG no CEC

As seguintes espécies presentes no BAG do Instituto Agrônomo de Campinas e depositadas em Herbário foram avaliadas: *C. liberica* var. *liberica* 38414; *C. liberica* var. *dewevrei* 29; *C. klainii* 42265; *C. dybowiskii* 38413; *C. eugenioides* 42276; *C. stenophylla* 42277; *C. salvatrix* 42278; *C. racemosa* 42279; *C. congensis* 42280; *C. kapakata* 42282; *C. canephora* cv. Guarini 38462. Reflexo da diversidade genética desses materiais, a época de maturação é bastante variável. Por essa razão, frutos cereja foram coletados à medida que amadureciam, nas várias partes e faces das plantas, até completarem um total de 100 frutos. Os dados foram analisados pelo delineamento inteiramente casualizado.

2.2 Preparo dos frutos para obtenção do rendimento intrínseco

Foram coletados frutos em lotes experimentais e coleções adultas, com idades, espaçamentos e tratamentos culturais diversos, porém uniformes em cada grupo analisado.

Frutos no estágio de maturação cereja foram colhidos na safra de 2001, secos em terreiro pavimentado e padronizados a 12% de umidade após ficarem aproximadamente 30 dias em sala com ar condicionado. O monitoramento da padronização da umidade foi obtida por pesagens sucessivas de amostras extras de frutos, secas em estufa a 105 °C durante 24 horas.

Tabela 2. Relação de variedades e formas botânicas, híbridos, acessos e mutantes de *C. arabica*, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do Centro Experimental de Campinas (CEC), analisados no Grupo 3

Identificação no Experimento	Identificação no BAG	Descrição
1	IAC Catuaí Amarelo (mistura)	Variedade
2	IAC Catuaí Vermelho (mistura)	Variedade
3	IAC Mundo Novo (mistura)	Variedade
4	IAC 1133-2	Acesso
5	IAC Bourbon Amarelo (mistura)	Variedade
6	IAC Nacional	Variedade
7	IAC 1130-23	Acesso
8	IAC 1105-1	Acesso
9	IAC 1109-3	Acesso
10	IAC Sumatra	Forma
11	IAC Bourbon Puro	Forma
12	IAC Mucronata	Mutante
13	IAC 1106-6	Acesso
14	IAC Laurina	Mutante
15	IAC Erecta	Variedade
16	IAC Cioicie	Variedade
17	IAC 1142-1	Acesso
18	IAC 2119-2	Acesso
19	IAC Variegata	Mutante
20	IAC Glauca	Forma
21	IAC 1134-1	Acesso
22	IAC H 7312	Híbrido (Catuaí IAC 81 X São Bernardo)
23	IAC 1151-4	Acesso
24	IAC 3376	Acesso
25	IAC 1166-29	Acesso
26	IAC 2186-3	Acesso
27	IAC 1153-1	Acesso
28	IAC Volutifolia	Mutante
29	IAC 1162-3	Acesso
30	IAC 1132-18-2	Acesso
31	IAC Híbrido de Timor	Acesso
32	IAC Caripe	Variedade
33	IAC Anômala	Variedade
34	IAC 1129-8	Acesso
35	IAC 1171-13	Acesso
36	IAC Amarelo de Botucatu	Variedade
37	IAC Abramulosa	Mutante
38	IAC 1110-4	Acesso
39	IAC Bourbon Vermelho (mistura)	Variedade
40	IAC 1170-1	Acesso
41	IAC 1137-5-6	Acesso
42	IAC H 7681	Híbrido (Mundo Novo X Villa Lobos)
43	IAC Goiaba	Mutante

Continua

Quadro 2. Conclusão

Identificação no Experimento	Identificação no BAG	Descrição
44	IAC 1131-9	Acesso
45	IAC Cera	Mutante
46	IAC BA 27	Acesso
47	IAC Icatu Vermelho (mistura)	Forma
48	IAC Polisperma	Mutante
49	IAC Pálido Virides	Mutante
50	IAC 1147-3	Acesso
51	IAC São Bernardo	Variedade
52	IAC Abssínica	Variedade
53	IAC Caturra Vermelho	Variedade
54	IAC 1123-17	Acesso
55	IAC 1155-2	Acesso
56	IAC Semierecta	Mutante
57	IAC 1135-13	Acesso
58	IAC 1136-5	Acesso
59	IAC 1116-4	Acesso
60	IAC 3377	Acesso
61	IAC 1141 Amphylo	Variedade
62	IAC 1139-7 Sudan Rume	Variedade
63	IAC H 7337	Híbrido (Erecta x Catuai)
64	IAC 1107-5	Acesso
65	IAC H 7702	Híbrido (Bourbon X Pacas)
66	IAC Vila Sarchi	Variedade
67	IAC 1138-18	Acesso
68	IAC Purpurascens	Mutante
69	IAC 1128-1	Acesso
70	IAC Angustifolia	Mutante
71	IAC Icatu Caturra	Forma
72	IAC Caturra Amarelo	Variedade
73	IAC Iarana	Forma
74	IAC Catimor	Acesso
75	IAC 1127-7	Acesso
76	IAC Murta	Variedade
77	IAC Macrodiscus	Mutante
78	IAC Enarea	Variedade
79	IAC 1103-3	Acesso

Ao atingirem 12% de umidade, os frutos de cada tratamento foram acondicionados hermeticamente até o momento da avaliação do rendimento quando, cada fruto foi pesado individualmente e, a seguir, seus grãos removidos e pesados, tendo sido considerados somente os frutos contendo dois grãos normais tipo chato. O rendimento intrínseco (RI) foi obtido pela fórmula $RI = \text{massa de dois grãos tipo chato} / \text{massa total}$

do fruto seco) x 100. O número de frutos colhidos em cada germoplasma de um mesmo grupo foi o mesmo. Entretanto, o número final considerado para as análises, parâmetros estatísticos e confecção dos gráficos de caixa foi variável, pois somente foram considerados o rendimento daqueles frutos, contendo dois grãos normais tipo chato, e descartados os frutos com grão moça ou com uma ou duas lojas vazias.

2.3 Parâmetros e análises estatísticas

Visando ilustrar a variabilidade dos diversos materiais e amostras estudadas obtiveram-se, com o auxílio do programa estatístico MINITAB (2000), versão 13, além das análises de variância e intervalos de confiança da média (Tukey a 95%; $\alpha=0,05$), os desvios-padrão, coeficientes de variação experimental e gráficos de caixa mostrando a distribuição dos valores. Nos gráficos de caixa utilizados para melhor visualização dos resultados, constam a média, mediana, quartis (Q) e valores discrepantes (Figura 1). Conforme o grupo de experimento estudado, os delineamentos experimentais utilizados foram o inteiramente casualizado (DIC), considerando cada fruto uma repetição ou o hierárquico com dados totalmente aninhados (DHTA). Nesse último caso, considerou-se cada fruto como amostra dos respectivos tratamentos, com efeitos aleatórios, sendo os resultados analisados e estatisticamente testados, com base nos respectivos componentes de variância de cada delineamento.

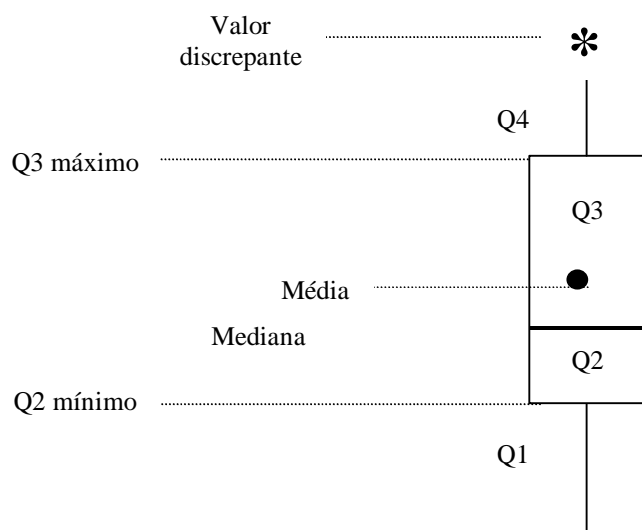


Figura 1 . Representação esquemática dos componentes do gráfico de caixa mostrando de forma padronizada a distribuição de cada amostra em relação à média, mediana, os valores 25% menores (Q_1) e maiores (Q_4), assim como os 50% valores centrais ($Q_2 + Q_3$) identificando também os discrepantes [$\pm 1,5 (Q_{3max} - Q_{2min})$].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Grupo 1: Cultivares de *C. arabica* de porte baixo - CEC

As cinco cultivares de porte baixo mostraram rendimentos intrínsecos significativamente diferentes (Tabelas 3 e 4; Figura 2). A maior diferença entre as cultivares desse grupo foi de 9,5%. As cultivares

Obatã IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33 apresentaram valores de rendimento próximos (45,5% e 46,6% respectivamente), mais baixos se comparados aos de Catuaí Vermelho (IAC 144 e IAC 81) e Ouro Verde H 5010-5, sendo a última, a de mais alto rendimento (55%). As cultivares Obatã e Tupi são geneticamente bastante relacionadas entre si, possuindo origem comum de um "Sarchimor" (FAZUOLI et al., 1999). As duas cultivares de Catuaí Vermelho são geneticamente muito relacionadas e também apresentaram valores bem mais próximos entre si que entre as demais cultivares. A cultivar Ouro Verde IAC H 5010-5, derivada de um cruzamento de uma linhagem de Catuaí Amarelo com a cv. Mundo Novo IAC 515-20 (FAZUOLI et al., 2000) é, geneticamente, a menos relacionada às demais desse grupo e a mais discrepante, com o mais alto rendimento (55%). Esses resultados vem indicar a importância da constituição genética na característica rendimento intrínseco.

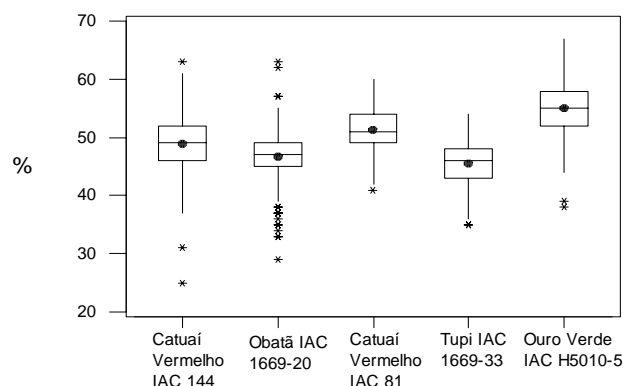


Figura 2. Distribuição dos valores de rendimento intrínseco de frutos de cultivares de porte baixo de *C. arabica*, analisadas no Grupo 1.

3.2 Grupo 2: Cultivares e seleções de *C. arabica* - Fazenda Monte D'Este

Os resultados da avaliação do rendimento nas várias cultivares e seleções de *C. arabica* obtidas do campo experimental na Fazenda Monte D'Este, em Campinas, são apresentados nas Tabelas 5 e 6 e Figura 3.

A cultivar Tupi IAC 4096, as seleções Broto Bronze e Broto Verde de 'Icatu Amarelo IAC 2944' apresentaram os menores rendimentos, com valores de 48,5; 49,9 e 49,4 respectivamente. Os maiores rendimentos foram observados na cultivar Mundo Novo IAC 388-17-1, Catuaí Vermelho IAC 46 e Icatu Amarelo IAC 2944 seleção 7A, com valores de 58,5; 58,9 e 57,8% respectivamente. Essas diferenças são, em grande parte, devido às diferenças genéticas existentes entre os materiais, sendo interessante notar o fato

Tabela 3. Análise de variância e coeficiente de variação experimental (C.V.) dos valores de rendimento intrínseco de cultivares de *C. arabica* analisadas no Grupo 1

FV	GL	QM	F
Cultivar	4	4018,9	223,35**
Erro	1407	18,0	
Total	1411	4036,9	

C.V. 8,6%

** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 4. Número de frutos (N), porcentagem média de rendimento intrínseco, desvio-padrão e intervalo de confiança da média (Tukey 95%) de cultivares de *C. arabica*, analisados no Grupo 1.

Cultivar	N	Média %	Desvio-padrão	Intervalo de confiança
Catuai Vermelho IAC 144	261	48,99	5,073	(*—)
Obatã IAC 1669-20	325	46,63	4,134	(*—)
Catuai Vermelho IAC 81	289	51,29	3,786	(—*—)
Tupi IAC 1669-33	259	45,51	3,478	(—*)
Ouro Verde IAC H5010-5	278	54,96	4,592	(*—)
				—+-----+-----+-----+-----+-----
				45.0 48.0 51.0 54.0

Tabela 5. Análise de variância e coeficiente de variação experimental (CV) dos valores de rendimento intrínseco de cultivares e seleções de *C. arabica*, avaliadas no Grupo 2.

FV	GL	QM	F
Cultivar/Seleção	21	401,2	14,52**
Erro	1.465	27,6	
Total	1.486	428,8	

C.V. 9,5%

** significativo a 1% de probabilidade.

de as seleções Broto Bronze e Broto Verde de “Icatu Amarelo” terem mostrado valores de rendimentos, muito semelhantes, estatisticamente não significativos e, serem também materiais geneticamente muito relacionados, pois se tratam de progênies irmãs que, por estarem segregando para coloração das folhas novas, foram selecionadas na geração anterior ⁽⁶⁾.

Outros casos com genealogia e rendimentos bastante semelhantes são os das seleções Catucaí Vermelho MAPA (55,3%) e Catucaí Amarelo MAPA (56,3%), Catucaí Amarelo IAC 47 (55,1%), Catucaí Amarelo IAC 62 (56,3%) e Catucaí Amarelo IAC 100 (55,9%) e das seleções ‘Icatu Vermelho’ IAC 4041, IAC 4043, IAC 4045 e IAC 4046 que variaram de 53,9% a 56,7%, com diferenças também não significativas. Por outro lado, diferenças significativas foram observadas entre os rendimentos das cultivares Icatu Amarelo IAC 2944-6 (54,1%) e Icatu Amarelo IAC 2944-7A (57,8%) com marcantes diferenças verificadas entre o Catucaí Vermelho IAC 81 (53,7%) e o Catucaí Vermelho IAC 46 (58,9%).

⁽⁶⁾ L.C. FAZUOLI (Informação pessoal).

Tabela 6. Número de frutos (N), porcentagem média de rendimento intrínseco, desvio-padrão e intervalo de confiança da média (Tukey 95%) de cultivares e seleções de *C. arabica*, avaliadas no Grupo 2

Identificação	Cultivar/Seleção	N	Média	Desvio-padrão	Intervalo de confiança
1	Bourbon Amarelo	73	55,62	3,995	(---*---)
2	M. N. Vermelho	83	58,48	6,327	(---*---)
3	Acaíá	76	56,29	5,640	(---*---)
4	Ouro Verde	76	55,26	5,211	(---*---)
5	Catuai Verm. 46	77	58,88	3,273	(---*---)
6	Catuai Verm. 81	74	53,69	4,913	(---*---)
7	Catuai Verm. 99	75	56,39	4,030	(---*---)
8	Catuai Am 47	69	55,09	5,428	(---*---)
9	Catuai Am. 62	69	56,28	4,287	(---*---)
10	Catuai Am. 100	73	55,89	4,739	(---*---)
11	Obatã	73	52,67	5,897	(---*---)
12	Tupi	39	48,49	4,822	(---*---)
13	Catucaí Vermelho	72	56,33	3,857	(---*---)
14	Catucaí Amarelo	70	55,30	6,651	(---*---)
15	Icatu Ver 4041	73	53,90	5,805	(---*---)
16	Icatu Ver 4043	61	55,36	5,444	(---*---)
17	Icatu Verm. 4045	67	54,84	6,651	(---*---)
18	Icatu Verm. 4046	68	56,56	5,634	(---*---)
19	Icatu Am. Broto Bronze	55	49,91	4,703	(---*---)
20	Icatu Am. Broto Verde	41	49,37	6,184	(---*---)
21	Icatu Am. 2944-6	63	54,05	4,520	(---*---)
22	Icatu Am. 2944-7A	60	57,78	6,170	(---*---)

Merecem destaque sob o aspecto genético, portanto, tanto as similaridades quanto as diferenças de rendimento intrínseco observadas entre as várias cultivares e seleções bastante relacionadas genealogicamente. Esse fato vem indicar, por um lado, a fidelidade esperada na expressão genética deste caráter e, por outro, sua relação com uma possível segregação dos genes responsáveis por essa característica. Essas observações sugerem ser, o rendimento intrínseco, uma característica passível de seleção e, talvez, de caracterização de cultivares, haja vista a amplitude de 9,5% nos valores observados entre as 22 cultivares e seleções investigadas nesse grupo experimental.

3.3 Grupo 3: Variedades e formas botânicas, híbridos, acessos e mutantes de *C. arabica* – Coleção no CEC

Observou-se que existe ampla variabilidade entre os materiais desse grupo, tendo sido obtidos valores entre 42% a 64% (Tabelas 2, 7 e 8 e Figura 4). As variedades botânicas comercialmente cultivadas mostraram rendimentos intermediários, entre 47,0% a 56,9%. Os mais altos rendimentos, acima de 58%, foram observados em Nacional (59,3%), 1109-3 (60,2%), 1142-1 (63,9%), Anômala (60,2%), Abramulosa (63%), Híbrido de Timor (58,4%), Cera (58,1%) e Abissínica (59,6%), notando-se que todos são pouco produtivos.

Entre os de mais baixo rendimento, na faixa de 42,3% a 46,1%, estão BA 27 (49,9%), Icatu Vermelho (44,7%), Polisperma (43,6%), Icatu Caturra (43,2%), Catimor (46,1%) e Macrodiscus (42,3%). Entre esses últimos, Polisperma e Macrodiscus são mutantes que têm, especificamente, as características dos frutos afetadas. Os demais compreendem acessos e formas antigas de variedades cuja única semelhança é o fato de terem remotamente, na genealogia, origem em uma hibridação interespecífica, no caso BA 27 de *C. liberica* var. *liberica* e Icatu Vermelho, Icatu Caturra e Catimor de *C. canephora*. Note-se que *C. liberica* var. *liberica* e *C. canephora* foram as espécies que apresentaram, respectivamente, os mais baixos e os mais altos rendimentos intrínsecos (Tabela 14).

Entre os derivados de *C. canephora*, espécie de alto rendimento, encontram-se representantes de baixo rendimento como duas da cv. Icatu e uma da Catimor

e também de alto rendimento como o Híbrido de Timor. É, entretanto, alvo de maiores conjecturas o fato de o Híbrido de Timor ser o de mais alto rendimento e possuir a maior proporção de genoma de *C. canephora*.

3.4 Grupo 4: Seleções de *C. canephora* var. *kouilou* – BAG no CEC

A variedade *kouilou* de *C. canephora* foi introduzida do Estado do Espírito Santo no IAC há mais de 50 anos. Constitui-se na principal cultivar de café do tipo robusta cultivada no Brasil. Naquele Estado, foi submetida a vários ciclos de seleção, porém, é comum ainda, lavouras antigas dessa cultivar apresentando considerável variabilidade para características dos frutos e grãos, resistência à ferrugem (*Hemileia vastatrix*), porte, perfilamento e facilidade de enraizamento.

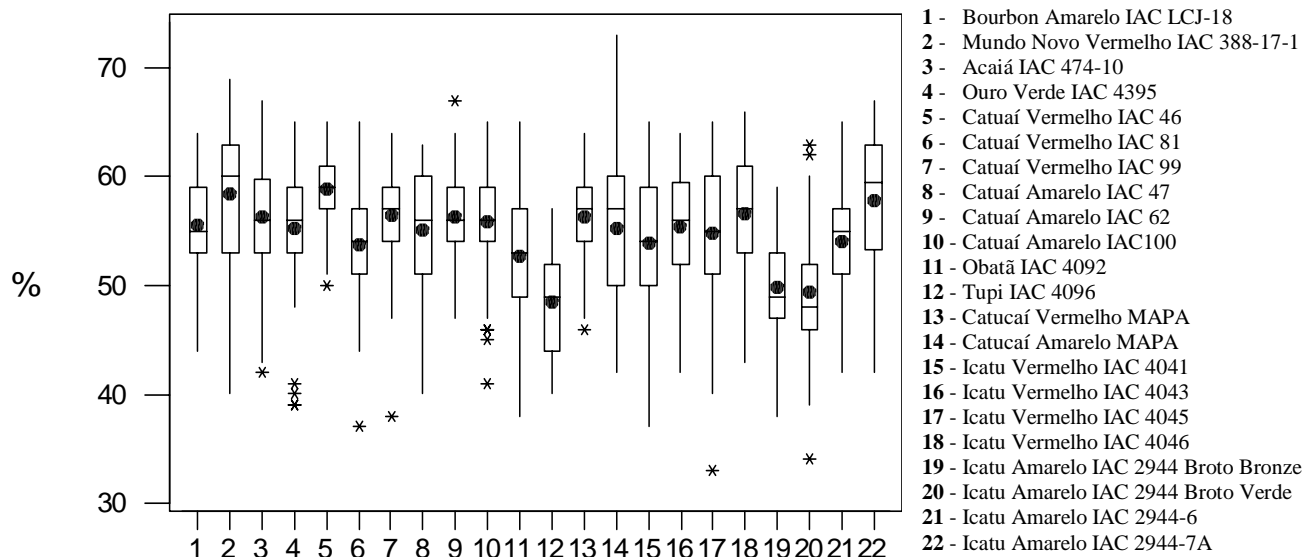


Figura 3. Distribuição dos valores de rendimento intrínseco em plantas de cultivares e seleções de *C. arabica*, analisadas no Grupo 2.

Tabela 7. Análise de variância e coeficiente de variação experimental (C.V.) dos valores de rendimento intrínseco de variedades e formas botânicas, híbridos, acessos e mutantes de *C. arabica*, avaliadas no Grupo 3

FV	GL	QM	F
Genótipo	78	846,0	38,89**
Erro	4.265	21,8	
Total	4.343	867,8	

C.V. 8,8%

** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 8. Número de frutos (N), porcentagem média de rendimento intrínseco, desvio-padrão e intervalo de confiança da média (Tukey 95%) de variedades e formas botânicas, híbridos, acessos e mutantes de *C. arabica* do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) analisados no Grupo 3.

Identificação	Identificação no BAG	N	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Confiança
			%		
1	Catuai Amarelo	32	50,97	4,638	(—*—)
2	Catuai Vermelho	65	51,19	3,330	(*—)
3	Mundo Novo	81	50,80	3,219	(—*)
4	1133-2	69	53,84	3,341	(—*)
5	Bourbon Amarelo)	74	50,30	4,574	(—*)
6	Nacional	70	59,26	3,650	(—*)
7	1130-23	59	52,17	4,235	(—*)
8	1105-1	45	51,56	6,946	(—*—)
9	1109-3	71	60,23	4,796	(—*—)
10	Sumatra	75	53,28	2,989	(*—)
11	Bourbon Puro	56	50,20	4,052	(—*)
12	Mucronata	81	47,93	3,892	(*—)
13	1106-6	76	57,00	4,688	(*—)
14	Laurina	86	56,79	5,889	(*—)
15	Erecta	48	51,50	2,484	(—*)
16	Cioicie	81	52,58	6,255	(*—)
17	1142-1	79	63,92	4,875	(—*—)
18	2119-2	60	48,83	4,826	(—*)
19	Variegata	71	52,93	4,955	(—*)
20	Glaucia	74	52,76	4,187	(*—)
21	1134-1	73	54,96	5,631	(—*)
22	H 7312	38	53,05	5,628	(—*—)
23	1151-4	58	50,33	4,755	(*—)
24	3376	83	56,23	4,930	(*—)
25	1166-29	36	53,36	3,603	(—*—)
26	2186-3	89	53,17	4,581	(*)
27	1153-1	64	50,94	6,409	(—*)
28	Volutifolia	60	53,18	6,049	(—*—)
29	1162-3	53	50,66	5,459	(*—)
30	1132-18-2	45	51,07	2,911	(—*—)
31	Híbrido de Timor	71	58,38	4,923	(—*)
32	Caripe	75	56,12	6,056	(*—)
33	Anômala	79	60,17	2,830	(—*)
34	1129-8	71	53,17	4,195	(—*—)
35	1171-13	38	53,95	9,877	(—*—)
36	Amarelo de Botucatu	71	51,27	4,607	(*—)
37	Abramulosa	66	62,00	5,177	(—*)
38	1110-4	61	50,54	4,392	(*—)
39	Bourbon Vermelho	43	56,86	5,097	(—*—)

Continua

Tabela 8. Conclusão

Identificação	Identificação no BAG	N	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Confiança
		%			
40	1170-1	40	53,43	4,466	(—*—)
41	1137-5-6	55	56,53	6,033	(—*—)
42	H 7681	34	54,21	5,547	(—*—)
43	Goiaba	47	51,00	3,093	(—*—)
44	1131-9	59	50,80	2,333	(—*)
45	Cera	67	58,06	5,651	(—*—)
46	BA 27	25	44,92	5,722	(—*—)
47	Icatu Vermelho	59	44,73	3,899	(—*—)
48	Polisperma	18	43,56	6,465	(—*—)
49	Pálido Virides	43	52,23	4,116	(—*—)
50	1147-3	42	49,60	4,328	(—*—)
51	São Bernardo	29	54,69	4,294	(—*—)
52	Abssínica	28	59,57	9,605	(—*—)
53	Caturra Vermelho	55	52,02	4,976	(*—)
54	1123-17	35	53,34	3,429	(—*—)
55	1155-2	23	53,22	2,984	(—*—)
56	Semierecta	17	51,47	4,679	(—*—)
57	1135-13	59	53,51	5,157	(*—)
58	1136-5	57	55,07	4,229	(—*)
59	1116-4	43	53,37	2,859	(—*—)
60	3377	68	52,57	3,605	(*—)
61	1141 Amphylo	43	50,61	6,161	(—*—)
62	1139-7 Sudan Rume	66	53,33	4,070	(*—)
63	H 7337	50	52,08	4,040	(*—)
64	1107-5	36	52,25	5,011	(—*—)
65	H 7702	65	51,88	5,702	(—*—)
66	Vila Sarchi	69	50,83	3,024	(—*)
67	1138-18	48	49,92	3,542	(—*—)
68	Purpurascens	46	53,07	4,273	(—*—)
69	1128-1	48	54,25	2,686	(—*)
70	Angustifolia	59	49,46	3,588	(—*)
71	Icatu Caturra	32	43,19	4,261	(—*—)
72	Caturra Amarelo	74	47,03	4,148	(*—)
73	Iarana	41	53,73	3,550	(—*—)
74	Catimor	50	46,10	4,722	(—*—)
75	1127-7	41	49,20	2,839	(—*—)
76	Murta	53	51,15	3,399	(—*—)
77	Macrodiscus	29	42,28	3,524	(—*—)
78	Enarea	25	55,32	3,870	(—*—)
79	1103-3	39	52,67	3,239	(—*—)

Entre os três acessos investigados, a seleção IAC 66 foi a de menor rendimento (57,8%) e o maior (61,3%) observado na seleção IAC 68 (Tabelas 9 e 10 e Figura 5). Esses valores são relativamente altos quando comparados aos cafés do tipo arábica e corroboram o que se conhece na prática de que o café robusta “rende” mais que o café arábica. CRAMER (1957), CAPOT

(1972) e VENEZIANO (1993) mencionam também o superior rendimento em coco/beneficiado do café robusta em relação ao café arábica.

A variação de 3,6% no rendimento médio entre as três seleções da variedade *kouilou* de *C. canephora* reflete pequena, mas significativa diferença genética entre elas.

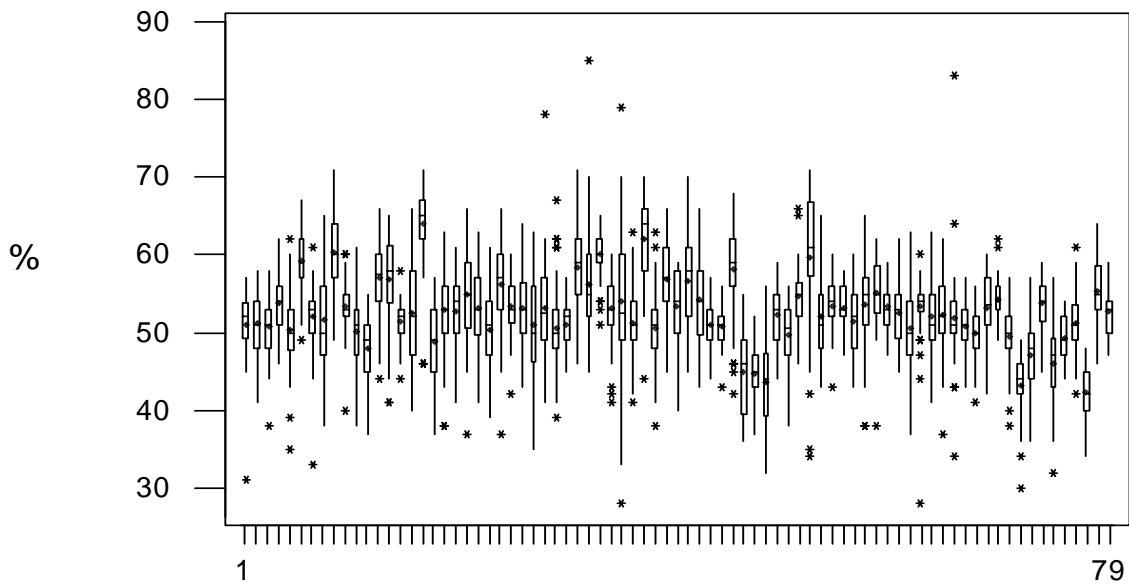


Figura 4. Distribuição dos valores de rendimento intrínseco de frutos de 79 germoplasmas compreendendo variedades e formas botânicas, acessos, híbridos e mutantes de *C. arabica*, analisadas no Grupo 3 e indicadas na Tabela 2.

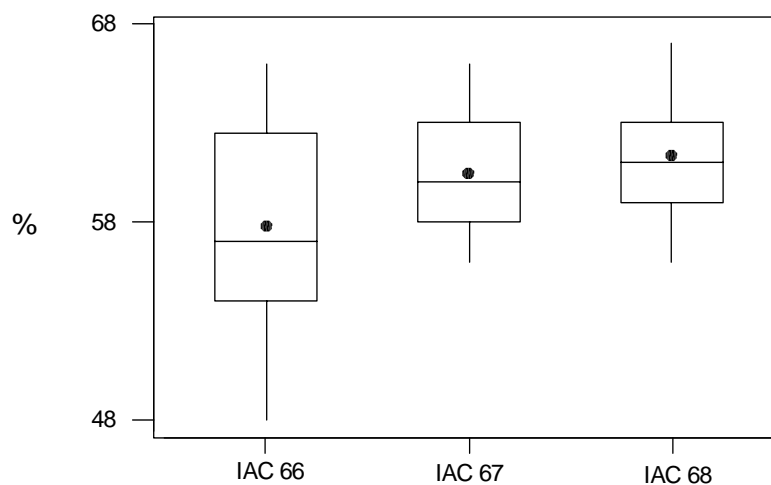


Figura 5. Distribuição dos valores de rendimento intrínseco de acessos da var. *kouilou* de *C. canephora*, analisadas no Grupo 4.

Tabela 9. Análise de variância e coeficiente de variação experimental (C.V.) dos valores de rendimento intrínseco de seleções de *C. canephora* var. *kouilou* avaliadas no Grupo 4

FV	GL	QM	F
Seleção	2	125,4	9,74**
Erro	126	12,9	
Total	128	138,3	

C.V. 6,0%

**significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 10. Número de frutos (N), porcentagem média de rendimento intrínseco, desvio padrão e intervalo de confiança da média (Tukey 95%) de seleções de *C. canephora* var. *kouilou* avaliadas no Grupo 4

Seleção	N	Média %	Desvio- padrão	Intervalo de confiança
IAC col. 66	33	57,78	4,992	(-----*-----)
IAC col. 67	53	60,472	3,004	(-----*-----)
IAC col. 68	43	61,349	2,910	(-----*-----)
				-----+-----+-----
				57,6 59,2 60,8

3.5 Grupo 5: Acessos de *C. canephora* – Ensaio no CEC

Entre os 10 acessos de *C. canephora* var. *robusta*, verificou-se variação de 48,4% a 61,9%, diferença de 13,6% nos valores para rendimento intrínseco, o que ilustra a considerável variabilidade existente nesse material (Tabelas 11 e 12; Figura 6).

3.6 Grupo 6: Espécies de *Coffea* – BAG no CEC

Conforme os resultados apresentados nas Tabelas 13, 14 e na Figura 7, em que são analisados representantes de 10 espécies diplóides de *Coffea* do Banco de Germoplasma do IAC, verifica-se existir grande variabilidade para o rendimento intrínseco entre as espécies. Foram obtidos valores entre 30,2% e 61,3%. Essa diferença de 31,1% entre os representantes desse grupo foi maior que entre os representantes de todos os outros grupos aqui investigados. *C. liberica* var. *liberica* apresentou o menor rendimento intrínseco, devido à grande espessura da casca. Os representantes dessa espécie no BAG têm frutos verdes, grandes, com um pericarpo visivelmente espesso.

3.7 Considerações finais

A análise geral dos diversos grupos investigados revela que quanto maior a diversidade e o

número de genótipos de cada grupo estudado, maiores foram as diferenças significativas observadas entre os valores de rendimento intrínseco. Observou-se ampla variabilidade genética, tanto em *C. arabica* quanto em *C. canephora*, sendo os valores dessa última, bem superiores aos da primeira. Em *C. arabica*, os valores de rendimento intrínseco observados no extenso germoplasma estudado não revelou associação desta característica com níveis de produtividade, qualidade da bebida ou resistência à ferrugem dos diversos materiais, haja vista existirem representantes contrastantes para rendimentos intrínsecos e para todas essas características. As diferenças entre os valores das várias espécies do gênero *Coffea*, foram bem maiores que aquelas referentes aos germoplasmas de *C. arabica* ou de *C. canephora*. Nos germoplasmas derivados de hibridações interespecíficas de *C. arabica* com *C. canephora* ou com *C. liberica* var. *liberica*, observou-se também ampla variabilidade, verificando-se material de origem comum, porém, como os parentais, exibindo marcantes diferenças nos valores de rendimento intrínseco.

Esse fato sugere possível segregação e fixação dos fatores genéticos que controlam essa característica. Essas variações genéticas observadas revelam que o rendimento intrínseco pode ser utilizado no melhoramento como um critério adicional de seleção, controladas, entretanto, as influências ambientais que o afetam.

Tabela 11. Análise de variância e coeficiente de variação experimental (C.V.) dos valores de rendimento intrínseco de acessos de *C. canephora* var. *robusta*, avaliadas no Grupo 5.

FV	GL	QM	F
Acesso	9	1771,20	4,86*
Planta	10	364,52	30,48**
Erro	1059	11,96	
Total	1078	2147,7	

C.V. 6,2%

* significativo a 5% de probabilidade ** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 12. Número de frutos (N), porcentagem média de rendimento intrínseco, desvio padrão e intervalo de confiança da média (Tukey 95%) de acessos de *C. canephora* var. *robusta*, avaliados no Grupo 5.

Acesso	N	Média	Desvio- padrão	Intervalo de confiança
		%		
IAC 1643	115	48,357	3,683	(—*)
IAC 1644	85	56,153	2,809	(*—)
IAC 1647	126	53,468	3,807	(*)
IAC 1648	125	50,904	3,254	(—*)
IAC 1650	126	56,437	3,721	(*)
IAC 1651	94	61,936	3,642	(—*)
IAC 1652	88	54,977	5,378	(—*—)
IAC 1653	114	59,167	3,908	(*—)
IAC 1655	115	56,270	3,614	(—*)
IAC 1657	91	59,209	5,041	(*—)

-----+-----+-----+-----+

50.0 55.0 60.0 65.0

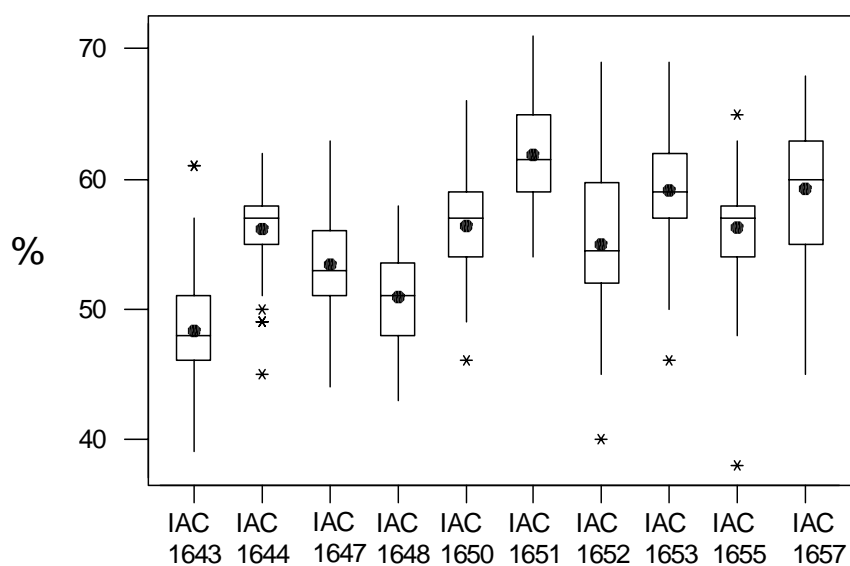
**Figura 6.** Distribuição dos valores de rendimento intrínseco de acessos de *C. canephora*, var. *robusta*, analisadas no Grupo 5.

Tabela 13. Análise de variância e coeficiente de variação experimental (C.V.) dos valores de rendimento intrínseco de frutos de espécies de *Coffea*, avaliadas no Grupo 6

FV	GL	QM	F
Espécie	9	4450,3	203,40**
Erro	486	21,9	
Total	495	4472,2	

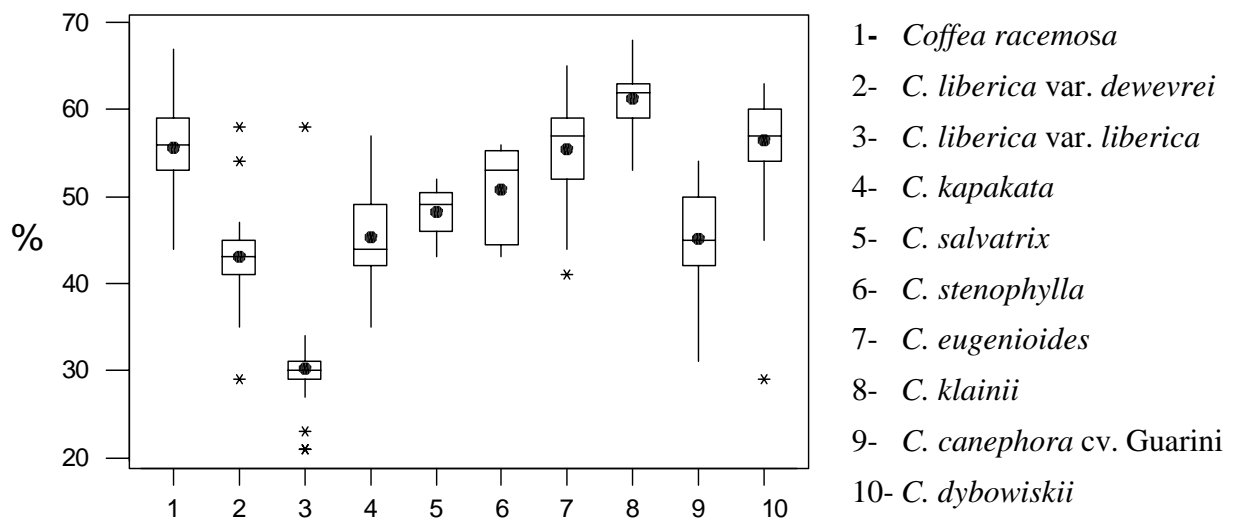
C.V. 9,2%

**significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 14. Número de frutos (N), porcentagem média de rendimento intrínseco, desvio-padrão e intervalo de confiança da média (Tukey 95%) de espécies de *Coffea* avaliadas no Grupo 6

Espécie	N	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de confiança
		%		
<i>C. racemosa</i>	55	55,618	4,708	(—*)
<i>C. liberica</i> var. <i>dewevrei</i>	35	43,143	4,778	(*—)
<i>C. liberica</i> var. <i>liberica</i>	49	30,245	4,850	(*—)
<i>C. kapakata</i>	56	45,268	4,923	(*)
<i>C. salvatrix</i>	13	48,231	2,891	(—*—)
<i>C. stenophylla</i>	6	50,833	5,456	(—*—)
<i>C. eugenoides</i>	90	55,456	4,947	(*)
<i>C. klainii</i>	79	61,329	2,977	(*)
<i>C. canephora</i> cv. <i>Guarini</i>	43	45,209	5,458	(*—)
<i>C. dybowiskii</i>	70	56,371	5,148	(*)

-----+-----+-----+-----+-----
30 40 50 60

**Figura 7.** Distribuição dos valores de rendimento intrínseco de frutos de espécies do gênero *Coffea*, analisadas no Grupo 6.

Um estudo de vários fatores ambientais que podem influenciar o rendimento intrínseco⁽⁷⁾ atestou que a seleção para essa característica deve ser realizada em amostras padronizadas do maior número possível de plantas pertencentes à progênes uniformes.

4. CONCLUSÕES

1. Existe variabilidade genética para a característica rendimento intrínseco nas cultivares, seleções, acessos, variedades botânicas, formas e mutantes de *C. arabica*, assim como nas seleções e acessos de *C. canephora* e em outras espécies do gênero *Coffea*.

2. No germoplasma estudado, o rendimento intrínseco variou de 30,2% a 63,9%.

3. Sugere-se que o rendimento intrínseco seja utilizado como critério adicional de seleção no melhoramento do cafeeiro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a I.B. Bazioli, S.L.S. Lima, R.C. Gregol, A.T.E. Aguiar, R. Moreira, E.A.P. Barbosa, C.J. Cipriano, O.S. Campos pelo auxílio na obtenção dos dados; ao Dr. L.A. Ambrósio e Dr. A. Conagin pela ajuda nas análises estatísticas e ao Dr. O. Guerreiro Filho pelo auxílio nas discussões.

REFERÊNCIAS

- BERTHAUD, J. L'incompatibilité chez *Coffea canephora*: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao e Thé**, Paris, v.24, p.267-274, 1980.
- BRIDSON, D.M. Studies in *Coffea* on *Psilanthus* (Rubiaceae subfam. Cinchonoideae) for part 2 of Flora of Tropical East Africa: Rubiaceae. **Kew Bulletin**, London, v.36, n.4, p.817-859, 1982.
- BRIDSON, D.M. Nomenclature notes on *Psilanthus*, including *Coffea* sec. Paracoffea (Rubiaceae tribe Coffeae). **Kew Bulletin**, London, n.2, p.453-460, 1987.
- BRIDSON, D.M. Additional notes on *Coffea* (Rubiaceae) from tropical East Africa. **Kew Bulletin**, London, v.49, n.2, p.331-342, 1994.
- BRIDSON, D.M.; VERDCOURT, B. **Flora of tropical East Africa: Rubiaceae. (Part 2)**. Cape Town: Iziko Museums of Cape Town, 1988. p.415-747.
- CAPOT, J. L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides "Arabustas". **Café Cacao e Thé**, Paris, v.19, p.13-18, 1972.
- CARVALHO, A.; FAZUOLI, L.C. Café. In: FURLANI, A.M.C.; VIEGAS, G.A. (Eds.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. cap.2, p.29-76.
- CARVALHO, A.; MONACO, L.C. Natural cross pollination in *Coffea arabica*. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 26., Brussels. **Proceedings**. Toronto: International Horticultural Society, 1962. v.4, p.447-449.
- CHARRIER, A. La structure génétique des caféiers spontanés de la région Malgache (Mascarocoffea). Leurs relations avec les caféiers d'origine africaine (Eucoffea). Paris, 1978. 223p. (Memories ORSTOM, 87).
- CHEVALIER, A. Les caféiers du globe. III. Systematique des caféiers. Maladies et insectes nuisibles. **Encyclopedie biologique**, Paris, v.28, n.3, p.1-256, 1947.
- CONAGIN, C.H.T.M.; MENDES, A.J.T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*. Auto-incompatibilidade em *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v.20, p.787-804, 1961.
- CRAMER, P.J.S. **A review of literature on coffee research in Indonesia**. Turrialba: Interamerican Institute of Agricultural Science, 1957, 262p. (Miscellaneous. Publ. n.15).
- FAZUOLI, L.C.; MEDINA FILHO, H.P.; GUERREIRO FILHO, O.; GONÇALVES, W.; SILVAROLA, M.B.; LIMA, M.M.A. de; CARVALHO, A. **Cultivares de Café**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. (Fôlder)
- FAZUOLI, L.C.; MEDINA FILHO, H.P.; GUERREIRO FILHO, O.; GONÇALVES, W.; SILVAROLA, M.B.; GALLO, P.B. **Cultivares de café IAC apropriadas para o plantio adensado**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 5p. (Fôlder)
- KRUG, C.A., MALAVOLTA, E., MORAES, F.R.P., DIAS, R.A., CARVALHO, A., MONACO, L.C., FRANCO, C.M., BERGAMIN, J., HEINRICH, W.O., ABRAHÃO, J., RIGITANO, A., SOUZA, O.F. de, FAVA, J.F.M. **Cultura e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965. 277p.
- LEBRUN, J. Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo. Publications de L'institut National Pour L'étude Agronomique du Congo Belge, 1941. 183p.
- MEDINA FILHO, H.P.; CARVALHO, A.; SONDAHL, M.R.; FAZUOLI, L.C.; COSTA, W.M. Coffee breeding and related evolutionary aspects. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant Breeding Reviews**. Westport: AVI Publishing, 1984. v.2, p.157-193.
- MINITAB, INC. Meet Minitab Release 13,0 for Windows. State College, PA, 2000.
- VACCARELLI, V.N.; MEDINA FILHO, H.P.; FAZUOLI, L.C. Relação entre rendimentos, frutos chochos e sementes tipo moca em diversos híbridos Arabusta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n.3, 2003 (no prelo).
- VENEZIANO, W. **Avaliação de progênes de cafeeiros (Coffea canephora Pierre ex. Froehner) em Rondônia**. 1993. 78f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' - USP, Piracicaba.

⁽⁷⁾ C. GASPARI-PEZZOPANE; H.P. MEDINA FILHO; R. BORDIGNON; W.J. SIQUEIRA; P. MAZZAFERA (dados não publicados).