ESTIMAÇÃO DOS COMPONENTES DA VARIÂNCIA E DO COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO GENOTÍPICA DA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

Tumoru Sera

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **Roland Vencovsky**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luz de Quelroz", da Universidade de
São Paulo, para obtenção do Título de Mestre em
Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro, 1980

E R R A T A

- Pág. 8: Onde se lê "Thus, for the cultivars with less genetic variabilities would be necessary more biennials and for the cultivars with more genetic variabilities, less biennials", leia-se "Thus, for cultivars with less genetic variabilities, more biennials would be necessary and for cultivars with more genetic variabilities, less biennials".
- Pág. 23: Onde se lê: "Em seguida os dados foram agrupados em anos (1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º), biênios (1º + 2º, 3º + 4º e 5º + 6º) e triênios (1º + 2º + 3º e 4º + 5º + 6º) de colheitas, para avaliação do efeito do agrupamento sobre os componentes da variância", leia-se: "Em seguida, os dados foram tomados em anos (1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º) e depois agrupados e tomados em biênios (1º + 2º, 3º + 4º, e 5º + 6º) e triênios (1º + 2º + 3º e 4º + 5º + 6º) de colheitas, para avaliação de seus efeitos sobre os componentes da variância".
- Pág. 24: Onde se lê GOMES (1978)" leia-se "GOMES (1973)".
- Pág. 24: Onde se lê "progênie e colheitas" leia-se "progênie e anos de colheita".
- Pág. 25: Onde se lê "tabelas 9 e 10" leia-se "tabelas 8 e 9"
- Págs. 25, 26, 27, 31, 34, 35 e 36: As expressões do tipo V_p , V_{p1} , V_{p1} e V_{p2} devem ser substituídas pelas correspondentes: V_p , V_{p1} , V_{p1} e V_{p2}

- Pág. 27: Onde se lê " b_p ", leia-se " b_{p_2} ".
- Pág. 28: Onde se lê "3,16", "3,51" e "2,61", leia-se "3,43", "3,86" e "1,64".
- Pág. 28: Onde se lê: "O F de colheitas da análise anual acusou significância a 1% de probabilidade, enquanto que o da análise bienal e trienal não acusaram significância", leia-se: "O F de colheitas das análises anual e trienal acusaram sigficância a 1% de probabilidade, enquanto que o da análise bienal não acusou significância".
- Pág. 30: Onde se lê "3,44", "1,59" e "3,16", leia-se "3,60", "1,62" e "3,43".
- Pág. 33: Onde se lê "tabela 11" leia-se "tabela 10".
- Pág. 34: Após a expressão "obtem-se os seguintes valores", inserir:
"de b_{p_2} estimados das componentes da variância da tabela 10".
- Pág. 44: Onde se lê "FAZUOLI, L.C., 1978", leia-se "FAZUOLI, L.C., 1977".
- Pág. 54: Onde se lê "3,16**", leia-se "3,43**".
- Pág. 55: Onde se lê "3,51**", leia-se "3,86**";
Onde se lê "0,08ns", leia-se "0,80ns";
Onde se lê "0,72**", leia-se "0,72ns".
- Pág. 56: Onde se lê "2,61**", leia-se "1,64**";
Onde se lê "1,61ns", leia-se "8,24**".
- Pág. 58: Onde se lê "3,44**", leia-se "3,60**".
- Pág. 59: Onde se lê "1,59**", leia-se "1,62**".
- Pág. 60: Onde se lê " $\hat{\sigma}_{FP}^2$ ", leia-se " $\hat{\sigma}_{FP_1}^2$ ".

Dedico
aos meus pais,

e

Ofereço
à minha esposa Alice
e aos meus filhos Rogério
e Gustavo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a todos que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho e, em particular:

Ao Professor Dr. Roland Vencovsky, do Departamento e Instituto de Genética da ESALQ, pela dedicada e segura orientação e pela amizade demonstrada;

Ao Pesquisador Científico Dr. Alcides Carvalho, Chefe da Seção de Genética do Instituto Agronômico de São Paulo, pelas sugestões, pelo incentivo e revisão dos originais;

Ao Pesquisador Científico Dr. Lourival Carmo Mônaco, do Instituto Agronômico de São paulo, pelas sugestões e pelo incentivo;

Ao Instituto Agronômico do Estado de São Paulo e à sua Seção de Genética, pelos dados de produção do ensaio de seleções regionais de Campinas, que possibilitaram a realização desta pesquisa;

À Fundação Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, pela oportunidade da realização do Curso de Pós-Graduação;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela concessão da bolsa de estudo;

À Pesquisadora Científica Dr.^a Suryadevara Tara Mohan, da Fundação IAPAR, pelo auxílio prestado na elaboração do Summary;

À Sra. Alice Cardamoni Diniz, estagiária do Centro de Computação da ESALQ, pela elaboração do programa de computação para a análise dos dados;

Ao Professor Dr. Roberto Simionato Moraes, do Centro de Computação da ESALQ, pela elaboração do programa de computação para análise dos dados;

Ao Professor Dr. Natal Antonio Vello, do Departamento e Instituto de Genética da ESALQ, pelas sugestões e colaborações apresentadas;

Ao Professor Isaias Olivio Geraldi, do Departamento e Instituto de Genética da ESALQ, pelas sugestões e revisões;

Ao Professor Dr. José Branco de Miranda Filho, do Departamento e Instituto de Genética da ESALQ, pelas sugestões e colaborações;

Ao Professor Dr. Magno Patto Ramalho, da ESAL, de Lavras-MG, pelas sugestões e revisões;

Ao Eng^o-Agr^o Ângelo Cataneo e a equipe de Biometria da Fundação IAPAR, pelo auxílio prestado na análise dos dados;

À Sra. Sayoko Ogo Alves de Lima e Srta. Sônia Maria Ximenez Jardim, da Fundação IAPAR, pelos serviços de datilografia em rascunho;

À Professora Celina Barbosa de Oliveira, pelo auxílio prestado na elaboração do Summary.

BIOGRAFIA DO AUTOR

TUMORU SERA, filho de Jitsuo Sera e Shigueko Kuwano Sera, nasceu no município de Nova Fátima, Estado do Paraná, em 6 de setembro de 1951. Ingressou em 1967 e concluiu o curso Colegial Técnico Agrícola em 1969, no Colégio Agrícola Estadual Manoel Ribas de Apucarana, Estado do Paraná. Ingressou em 1970 e obteve diploma de Engenheiro Agrônomo em 1973, na Universidade Federal do Paraná, em Curitiba. Após a graduação, ingressou, através de concurso, na Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná para trabalhar com assistência técnica à cafeicultura, onde permaneceu por seis meses. A partir de setembro de 1974, através de concurso, ingressou na Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, para desenvolver pesquisa em café, na área de melhoramento, sob orientação do Dr. Lourival Carmo Mônico. Tem desenvolvido trabalhos referentes ao melhoramento do cafeeiro, visando a seleção regional de cultivares, resistência à *Hemileia vastatrix*, à *Pseudomonas garçae*, aos nematóides (*Meloidogyne* spp) e ao bicho mineiro (*Perileucoptera coffeella*).

Í N D I C E

	Pág.
RESUMO	1
SUMMARY	5
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 - Material	21
3.2 - Métodos	23
3.2.1 - Componentes da variância	23
3.2.2 - Coeficiente de determinação genotípica da pro dução de café beneficiado (b_p)	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 - Componentes da Variância	28
4.2 - Coeficiente de Determinação Genotípica (b_p) de Café Beneficiado	33
5. CONCLUSÕES	39
6. LITERATURA CITADA	42
7. APÊNDICE	46

LISTA DE TABELAS

TABELA		Pág.
1	Relação de progênies dos cultivares de <i>C. arabica</i> L. que constituem o ensaio de seleções regionais de Campinas, do Instituto Agronômico de São Paulo	47
2	Síntese de dados da produção de café beneficiado, em quilogramas, do ensaio de seleções regionais de Campinas, do Instituto Agronômico de São Paulo, de 1954 a 1959. Dados totais de nove repetições ...	48
3	Síntese dos resultados da análise da variância <u>co</u> mo látice para cada ano de colheita e para total de anos de colheitas, de um delineamento látice <u>tríplo triplicado</u> 10x10 com nove repetições	53
4	Análise da variância anual como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção anual de café beneficiado, em quilogramas, de 1954 a 1959. Local: Campinas, SP	54
5	Análise da variância bienal como parcelas subdivi <u>di</u> das no tempo. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1955 a 1958/1959. Local: Campinas, SP	55
6	Análise da variância trienal como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1956 a 1957/1959. Local: Campinas, SP	56

TABELA

Pág.

7	Estimativas dos componentes da variância obtidas das análises anual, bienal e trienal como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954 a 1959. Local: Campinas, SP	57
8	Análise da variância simplificada, como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média bienal de cada parcela. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1955 a 1958/1959. Local: Campinas, SP	58
9	Análise da variância simplificada como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média trienal de cada parcela. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1956 e 1957/1959. Local: Campinas, SP	59
10	Estimativas dos componentes da variância obtidos das análises da variância simplificadas como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção anual e médias bienal e trienal das parcelas em quilogramas de café beneficiado, de 1954 a 1959. Local: Campinas, SP	60

TABELA

Pág.

11	Análise da variância simplificada como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média bienal de cada parcela, com desdobramentos para progênes e interação entre progênes e biênios de colheitas. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954-55 a 1958-59. Local: Campinas, SP	61
12	Estimativa dos componentes da variância e do coeficiente b_{p2} , obtidos da análise de variância simplificada como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média bienal de cada parcela, para progênes dentro de cultivares. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954-55 a 1958-59. Local: Campinas, SP	62

ESTIMAÇÃO DOS COMPONENTES DA VARIÂNCIA E DO COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO GENOTÍPICA DA PRODUÇÃO DE GRÃOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

Autor: TUMORU SERA

Orientador: Prof. Dr. Roland Vencovsky

RESUMO

Procurou-se estimar os componentes da variância e um coeficiente comparável ao de herdabilidade do caráter produção do cafeeiro, cultura perene, que, nas condições brasileiras, apresenta oscilação bienal de produção.

Utilizaram-se os dados de produção obtidos de 1954 a 1959, de um ensaio constituído de 100 progênies de vários cultivares de *C. arabica* L., instalado em Campinas, pelo Instituto Agronômico de São Paulo.

Agruparam-se os dados de produção em anos, biênios e triênios de colheitas e foram analisados em diferentes agrupamentos como parcelas subdivididas no tempo. Efetuaram-se as análises bienal e trienal a partir do desdobramento da análise anual. Visando simplificar a metodologia, estudaram-se as análises como parcelas

subdivididas no tempo, baseadas na média bienal e trienal das parcelas. Estimaram-se os componentes da variância para os vários tipos de análise. Os coeficientes de determinação genotípica (b_p) semelhantes à herdabilidade, foram estimados para as análises anual e bienal e trienal simplificadas. Através do coeficiente b_p , procurou-se avaliar a variabilidade genética remanescente nos cultivares e o número de colheitas necessário para julgar o valor das progênies.

Pelos resultados obtidos pode-se chegar às seguintes conclusões:

- 1 - A análise de variância, como parcelas subdivididas no tempo, é adequada para estimar os componentes da variância da produção de grãos em café, cultura perene em que sucessivas colheitas anuais são obtidas de uma mesma planta.
- 2 - Nas condições de cultivo do Brasil, em que ocorre a oscilação bienal da produção de grãos do cafeeiro, evidenciou-se que os dados devem ser agrupados por biênios de colheitas. Isso diminui a variância devida às colheitas e, em consequência, também diminui a variância devida à interação entre progênies e colheitas. Por outro lado, esse agrupamento libera mais variação genética entre as progênies ensaiadas.
- 3 - A análise simplificada, baseada na média bienal das parcelas, mostrou ser mais vantajosa por ser igualmente precisa e muito mais simples. Essa análise, além disso, permite es

timar parâmetros de interesse do melhorista, como componentes da variância e o coeficiente de herdabilidade ou de determinação genotípica do caráter.

- 4 - Os coeficientes de determinação genotípica (b_p) entre as médias das progênes, indicaram que a análise simplificada bienal libera maior variância genética (60,4%) do que a análise anual. Por sua vez, a análise simplificada trienal acusou menor variância genética (-21,7%) do que a análise anual.
- 5 - Pela aplicação do coeficiente b_p para mensurar a variabilidade existente entre as progênes dos cultivares, obtiveram-se resultados que confirmaram a variabilidade esperada pela respectiva origem e natureza dos cultivares.
- 6 - Através do coeficiente b_p foi possível classificar os cultivares quanto à variação genética disponível entre progênes, destacando-se como o mais variável o cultivar Bourbon Vermelho e, vindo em seguida, Bourbon Amarelo, Caturra, Mundo Novo e Arábica, esse último sem variação genética detectável.
- 7 - Através da análise simplificada bienal, o melhorista pode, criteriosamente, decidir sobre quantos biênios deve basear o julgamento do valor das progênes, antes de selecionar. No presente caso, três biênios de colheitas foi o número julgado mais conveniente para todas as progênes de todos os cultivares, sendo considerado um número médio. Portanto, para

os cultivares com menor variabilidade genética seriam necessários mais biênios e para os cultivares com maior variabilidade genética, menos biênios.

ESTIMATION OF COMPONENTS OF VARIANCE AND COEFFICIENT OF GENOTYPIC DETERMINATION OF GRAIN YIELD IN COFFEE (*Coffea arabica* L.)

Author: TUMORU SERA

Adviser: Prof. Dr. Roland Vencovsky

SUMMARY

The present study was conducted with the objective of estimating the components of variance and a coefficient comparable to heritability of yield in coffee, a perennial crop which under Brazilian condition presents biennial oscillation in yield.

The green coffee yield data obtained from 1954 up to 1959 of an experiment with 100 progenies of several cultivars of *C. arabica* L. carried out in Campinas-SP, by "Instituto Agronômico de São Paulo" were used.

The data were grouped in annual, biennial and triennial harvests and were analysed in different groupings as split-plot in time. The biennial and triennial analyses was made starting from the decomposition of the annual analysis. In order to simplify the analytical method, comparative analyses were made as split-plot in

time based on biennial and triennial averages of the plots. Components of variance were estimated for these types of analyses. The coefficients of genotypical determination (b_p) similar to heritability, were estimated for annual and simplified biennial and triennial analyses. By means of the b_p coefficients an attempt was made to evaluate the residual genotypic variability of the cultivars and the number of harvests necessary for judging the progeny values.

From the results obtained the following conclusions could be obtained:

- 1 - The analysis of variance, as split-plot in time is adequate for estimating the components of variance for grain yield in coffee, a perennial crop in which the successive annual harvests are obtained from the same plant.
- 2 - Under Brazilian coffee growing condition where biennial oscillation of grain yield of coffee occurs, it was evident that the data should be grouped in biennial harvests. This reduces the variance due to harvests and as a result, also eliminates the variance due to interaction among progenies and harvests. On the other hand, this grouping liberates more of the genetic variability present among the progenies tested.
- 3 - A scheme of analysis and decomposition of variance which can be utilised by breeders is a simplified analysis based on biennial mean of the plots. This method showed to be

advantageous since has the same precision and is much simpler. Besides this analysis permits the estimation of parameters important for the plant breeder such as the components of variance and the coefficient of heritability or the coefficient of genotypic determination of the character.

- 4 - The coefficients of genotypic determination (b_p) among progenies indicated that the simplified biennial analysis liberates more genetic variability (60,4%) than the annual analysis. On the other hand, the simplified triennial analysis exhibited less genetic variance (-21,7%) than the annual analysis.
- 5 - Through the b_p coefficient, for quantifying the variability present among progenies of the cultivars, the results obtained are in agreement with the expected variability due to the origin and nature of the cultivars.
- 6 - By means of the b_p coefficient the classification of cultivars was possible for the available genetic variance among progenies, emphasising Bourbon Vermelho as a more variable cultivar and subsequently Bourbon Amarelo, Caturra, Mundo Novo and Arábica, the last one showing no detectable genetic variation.
- 7 - By means of the simplified biennial analysis, the breeder can decide about the number of biennials to be used as a basis for the judgement of the progeny values, before se-

lection. In the present case, three biennial harvests was the number judged convenient for all progenies of all the cultivars. Thus, for the cultivars with less genetic variabilities would be necessary more biennials and for the cultivars with more genetic variabilities, less biennials.

1. INTRODUÇÃO

As características quantitativas como a produção, no geral estão sob controle de sistemas poligênicos. Sendo grandemente influenciadas pelo meio ambiente, são as mais difíceis de serem analisadas e manuseadas, necessitando-se, para isso, recorrer a esquemas e métodos especiais da genética quantitativa.

No cafeeiro, que é uma planta perene, cada indivíduo ou cada genótipo tem a oportunidade de expressar a sua capacidade produtiva mais do que uma vez, em anos consecutivos. Além disso, caracteriza-se, em nossa condição, por apresentar produção bienal, em que os anos de grandes e pequenas produções alternam-se para quase todas as plantas num mesmo cafezal ou experimento, resultando, em consequência, numa acentuada variabilidade anual de produção.

No aproveitamento do esquema de decomposição da variância, tem-se verificado que o efeito da acentuada variabilidade anual de produção constitui dificuldade a ser vencida.

O objetivo do presente trabalho é o de encontrar a melhor forma de estimar os componentes da variância e sua aplicação na estimativa de um coeficiente comparável ao coeficiente de herdabilidade do caráter, em experimentos de melhoramento de café, utilizando-se os dados de produção de café beneficiado de seis anos de colheitas sucessivas, obtidas em um ensaio de seleções regionais, instalado em Campinas pelo Instituto Agronômico de São Paulo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Qualquer programa de melhoramento genético somente poderá ser levado a efeito, desde que haja variabilidade genética nas populações, que permitam o isolamento de genótipos favoráveis para características quantitativas, como a produção. Além disso, métodos de análise da genética quantitativa, que isolem com exatidão a variância genética, também são de utilidade para o melhoramento.

Fazendo-se um levantamento histórico das populações primitivas de café existentes no Brasil e em outros países latino-americanos, CARVALHO e MÔNACO (1969) encontraram que elas representam um "pool" gênico muito restrito para a espécie *Coffea arabica*. A maioria das plantações primitivas de café da América Latina foi formada com sementes derivadas de umas poucas árvores de *Coffea arabica* L. var. *arabica*, trazida de Java para o Jardim Botânico de Amster

dam e, mais tarde, de uma única planta, para o Jardim Botânico de Paris. Considerando esta origem particular e também o seu modo quase autógamo de reprodução, pouca variabilidade genética seria de se esperar entre os muitos milhões de cafeeiros pertencentes a este cultivar plantado em países Latino-Americanos. Todas as plantações comerciais de café Nacional, Típica ou Arábica (*C. arabica* L. var. *arabica*), predominantemente cultivado há algumas décadas entre nós, eram provenientes de um reduzido número de sementes introduzidas por Francisco Mello Palheta, no Brasil, em 1727.

Mais tarde foram feitas introduções de outras variedades no Brasil, tais como Bourbon (*C. arabica* L. cv. Bourbon Vermelho), Sumatra (*C. arabica* L. cv. Sumatra) e outras. A população de Bourbon Vermelho é também representada por grandes progênies, derivadas de umas poucas plantas trazidas para o Brasil em 1867, o mesmo tendo ocorrido com o cultivar Sumatra, que foi introduzido um pouco mais tarde, em 1896. A origem dessas populações indica a possibilidade de pequena variabilidade genética nas populações consideradas, um fato que aparentemente contradiz o relativo sucesso obtido pelo método de seleção genealógico que tem sido usado para *C. arabica* em várias áreas. As mutações podem ter tomado um importante papel na evolução dos cultivares desta espécie, desde que vários genes maiores têm sido incorporados aos genótipos destas variedades cultivadas. Todavia, as mutações ocorrem em baixa frequência e, assim, não explicam satisfatoriamente a diversidade de genótipos fa-

voráveis isolados das populações originais de café trazidos para este continente. Por outro lado, a ocorrência de uma taxa de polinização cruzada aproximada de 10% em Campinas, nesta espécie, não somente asseguraria a manutenção de um certo grau de heterozigosidade, mas também criaria novas combinações como um resultado da hibridação de diferentes introduções. Assim, por exemplo, o cultivar Mundo Novo é derivado de seleções levadas a efeito dentro de uma população natural segregante, provavelmente envolvendo cruzamento entre os cultivares Bourbon Vermelho e Sumatra (CARVALHO *et alii*, 1952). A população original introduzida nas Américas, pode também ter trazido genes numa condição heterozigótica. O cultivar Caturra Vermelho, que se caracteriza pelo seu menor porte, originou-se, provavelmente, por mutação ocorrida no Bourbon Vermelho. O Caturra Amarelo pode ter-se originado por mutação do alelo *xanthocarpa*, ou da hibridação entre os cultivares Caturra Vermelho e o Amarelo de Botucatu (KRUG *et alii*, 1949). O Bourbon Amarelo constitui um outro exemplo de recombinação entre cultivares e provavelmente se originou do cruzamento entre o Amarelo de Botucatu e Bourbon Vermelho (CARVALHO *et alii*, 1957).

Cramer (1957), citado por CARVALHO e MÔNACO (1969), chegou, também, à conclusão de que a variabilidade genética natural desta espécie, em Java, era comparativamente pequena, devido à proveniência restrita do material aí introduzido.

Segundo CARVALHO e MÔNACO (1969), é de esperar maior variabilidade genética natural nas áreas cafeeiras do Leste da Áfri

ca, particularmente em Quênia. Desde que Quênia situa-se próximo à Etiópia, provável centro de origem ou de diversificação de *C. arabica*, a troca de sementes pode aí ser mais fácil e mais frequente. Comparando a porcentagem de contribuição para a produção total de café da melhor e da pior fração de uma população de *C. arabica*, cujas plantas foram colhidas individualmente em Quênia por GILBERT (1938) e em Campinas, os autores chegaram à conclusão de que a variabilidade de se mostrou bem maior em Quênia.

As linhas isogênicas provêm um meio para avaliação do efeito do ambiente sobre caracteres quantitativos. MÔNACO e CARVALHO (1964), usando duas linhagens isogênicas e o híbrido entre elas, confirmaram que a variabilidade da produção é aumentada pela condição homozigótica das linhagens.

Existe método especial para avaliar a variabilidade genética dentro da progênie. Consiste em classificar as plantas em grupos de alta, média e baixa produção, com base em registros tomados por várias colheitas. A magnitude da variação genética presente é avaliada através do comportamento das progênies dessas plantas, que se espera seja correspondente ao das mães. CARVALHO *et alii* (1959), num experimento desta natureza, encontraram produção muito similar em progênies de Bourbon Vermelho, provando que a variabilidade notada era devida a causas ambientais e, no caso deste cultivar, aconselharam tomar a produção média total da progênie inteira para o julgamento num programa de seleção.

CARVALHO (1952), procurando estabelecer correlação entre a produção das árvores matrizes e aquelas de suas progênies, encontrou que a relação não é acentuada em vários casos examinados, o que pode ser explicado segundo CARVALHO e MÔNACO (1969) pelo efeito do ambiente sobre a produção.

STEVENS (1949), ao estudar a análise estatística de um ensaio de variedades de café, fez diversas considerações sobre a variabilidade anual da produção. As alterações de grandes e pequenas produções são especialmente notáveis em café e, quando não tomadas em conta na análise estatística, são capazes de confundir ou prejudicar as outras comparações estudadas no experimento.

Pode-se dizer que a planta fica esgotada depois de uma produção elevada e mostra, por isso, tendência para produzir pouco no ano seguinte. Se as condições climáticas fossem uniformes, todas as plantas poderiam ser classificadas permanentemente em dois tipos: as que produzem bem nos anos pares e as que produzem bem nos anos ímpares. As variações climáticas podem, contudo, quebrar essa regularidade. Por exemplo, o tempo desfavorável em dois anos seguidos pode diminuir as colheitas nesses anos, provocando, assim, uma grande colheita no terceiro ano em todas as plantas. O efeito das variações de clima é, por isso, o de sincronizar as plantas da mesma região, de modo que todas mostrem os máximos de produção nos mesmos anos. É todavia muito comum, segundo BRIEGER (1941), descobrir, até no mesmo cafezal, algumas plantas que apresentam os máximos de

produção nos anos em que a maioria das plantas apresentam os mínimos. Ainda, segundo STEVENS (1949), a quantidade primária que nos interessa na análise estatística é, naturalmente, a colheita total ou a colheita média. Esse total tem que ser baseado num número par de anos. Se fosse obtido a partir de um número ímpar de anos, começando e terminando, digamos, com um ano ímpar, as plantas que produzem bem nos anos ímpares seriam favorecidas injustamente, em comparação com as que produzem bem nos anos pares. A magnitude de oscilação é medida convenientemente, pelo total de anos pares menos o total de anos ímpares.

Tecendo considerações sobre a análise da variância em *C. arabica*, CARVALHO e MÔNACO (1969) afirmam que a pronunciada variabilidade anual de produção, no caso do café, é encontrada em regiões onde o plantio é sem sombra e onde nenhuma poda é praticada. As produções subsequentes de um cafeeiro não constituem variáveis independentes; desde que uma alta produção é usualmente seguida por uma reduzida colheita no ano seguinte. As primeiras quatro ou cinco colheitas não são tão variáveis como as subsequentes. Para a análise da variância, a produção total de seis ou oito anos consecutivos e até mesmo a produção acumulada de dois anos sucessivos podem ser usadas. Este procedimento reduz a gama de variação observada.

Por outro lado, as informações obtidas da análise de vários ensaios de produção, têm indicado que a interação entre locais e variedades, dentro do mesmo ano, é baixa, pelo menos para as

principais regiões cafeeiras do Brasil aptas ao cultivo de *C. arabica*. Este fato confirma os resultados na produção de progênie selecionadas, que apresentam uma gama de adaptação apreciavelmente grande. A capacidade de certas progênie de café de se desenvolverem bem em regiões ecologicamente diferentes daquela na qual foram selecionadas, é de interesse, pois permite que estas seleções sejam disseminadas em novas áreas, sem a necessidade de alguma avaliação local (CARVALHO e MÔNACO, 1969).

FAZUOLI (1977) mostra que, para linhagens selecionadas dos cultivares Bourbon Vermelho, Bourbon Amarelo e Mundo Novo de *C. arabica* L. a produção tem a tendência de crescer, com menos oscilação bienal de produção, até o 5º ano e após isto entra no período de acentuada oscilação bienal de produção, apresentando o máximo de produção por planta entre o 11º e o 14º ano de produção. A partir daí, o cafeeiro entra num período de declínio, ainda com acentuada oscilação bienal de produção.

O ciclo bienal de produção ocorre para outras culturas perenes de importância econômica, como algumas frutíferas (CHILDERS, 1975).

No aproveitamento dos esquemas de decomposição da variância, apresentado por COMSTOCK e ROBINSON (1952), desde o início foi verificado que o efeito da variabilidade anual de produção constituía dificuldade a ser vencida, sendo possível considerar na análise, o conjunto dos biênios ou a sua diferença (MÔNACO, 1963).

O esquema de decomposição da variância, apresentado por COMSTOCK e ROBINSON (1952), fornece as bases para a estimação dos componentes da variância. Em geral, baseia-se em dados de comparação de famílias, obtidos de ensaios de campo repetidos em dois ou mais locais e em dois ou mais anos.

As estimativas são obtidas diretamente da análise da variância e com base nas esperanças dos quadrados médios. Podem ser assim obtidas as estimativas das variâncias ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), genética ($\hat{\sigma}_g^2$), e das interações família x local x ano ($\hat{\sigma}_{gla}^2$), família x ano ($\hat{\sigma}_{ga}^2$) e família x local ($\hat{\sigma}_{gl}^2$). Se os genótipos forem ensaiados apenas durante um ano num só local, somente a soma $\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{gl}^2 + \hat{\sigma}_{ga}^2 + \hat{\sigma}_{gla}^2$ pode ser estimada como sendo a variância genética. Fazendo-se as comparações em anos diferentes, mas num só local, as quantidades estimáveis serão $\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{gl}^2$ e $\hat{\sigma}_{ga}^2 + \hat{\sigma}_{gla}^2$. Uma situação semelhante resulta quando as comparações são feitas em locais diferentes, mas num só ano, sendo então estimáveis somente as variâncias $\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{ga}^2$ e $\hat{\sigma}_{gl}^2 + \hat{\sigma}_{gla}^2$. Falhas no reconhecimento destas complicações podem ser a fonte de conclusões seriamente errôneas acerca da magnitude da variância genotípica.

O esquema de análise e decomposição da variância, em que se considera o efeito de anos de colheitas sobre uma mesma planta, como é o caso do cafeeiro, é dado por STEEL e TORRIE (1960), num delineamento em blocos casualizados, e analisados como parcelas subdivididas no tempo, em que as colheitas anuais sucessivas consti-

tuem as sub-parcelas. Na condução da análise, supõe-se que são obtidas, sobre cada parcela, c colheitas de p variedades ou progênies, num delineamento em blocos casualizados de r blocos. Os mesmos autores citam a possibilidade de análise de uma série de experimentos similares em parcelas subdivididas, sem entrar em detalhes, pois frequentemente a análise final é muito complexa e indica outros livros textos para referência. FONSECA (1978) utilizou este método para estimação dos componentes da variância da produção da amoreira, *Morus alba* L., e DINIZ (1978), para a laranjeira *Citrus sinensis* L.

Após a decomposição da variância, o próximo passo da análise consiste em estimar a herdabilidade (h^2), que permite medir o progresso genético esperado na seleção, no aproveitamento da variabilidade genética. A herdabilidade é definida como o quociente entre a variância genotípica (σ_g^2) e a variância fenotípica (σ_F^2). O progresso genético esperado na seleção é o produto do coeficiente i de intensidade de seleção pelo desvio padrão fenotípico (σ_F) e pela herdabilidade (h^2) (VENCOVSKY, 1973).

Porém, quando um indivíduo tem a oportunidade para mais de uma expressão fenotípica do caráter, como a produção anual de leite em vacas, tosquia anual de lâ em ovelhas e produção anual numa planta perene como o cafeeiro e não se dispendo de ensaio com repetições, a variância genética vem sempre acompanhada de um efeito ambiental constante (σ_c^2) para todos os indivíduos e para todas as colheitas (COMSTOCK, 1966; VENCOVSKY, 1973 e FALCONER, 1975). As-

sim, a variância ambiental constante, σ_c^2 , é confundida com a variância genotípica (σ_g^2), podendo-se estimar apenas $\sigma_g^2 + \sigma_c^2$. Em plantas perenes, em que se avaliam progênies em ensaios com repetições, é possível estimar a componente σ_c^2 e, portanto, isolar a variação genética existente entre os tratamentos (STEEL e TORRIE, 1960).

CESNIK (1972) utilizou um processo na estimação do coeficiente da herdabilidade no sentido amplo (h^2), em cana-de-açúcar, em que relaciona a variância genotípica entre os cultivares, de efeito fixo, e a variância fenotípica entre as médias dos cultivares. FONSECA (1978) utilizou um processo semelhante na estimação de um coeficiente similar ao de CESNIK, o coeficiente de determinação genotípica "b" para a amoreira (*Morus alba* L.), para diversas características quantitativas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

Utilizaram-se os dados de produção em quilogramas de café beneficiado, obtidos em Campinas, de 1954 a 1959, de um ensaio de seleções regionais do Instituto Agronômico de São Paulo.

O ensaio compreende 100 progênies dos cultivares de *Coffea arabica* L., sendo cinquenta e sete de Bourbon Vermelho, quinze de Bourbon Amarelo, dezessete de Mundo Novo, seis de Caturra, quatro de Arábica e uma de Sumatra. Neste caso, tomaram-se os cultivares Caturra Amarelo com 3 progênies e Caturra Vermelho com 3 progênies, como um único cultivar, por apresentarem um número pequeno de progênies e pouca diferença entre as médias das progênies. Destas, foram tomadas progênies testemunhas em número de seis para o Bourbon Vermelho, duas para o Bourbon Amarelo e duas para o Mundo Novo,

enquanto que as progênies de Arábica, em número de quatro, e o cultivar Sumatra foram tomados como testemunhas gerais do ensaio (Tabela 1). Os prefixos C, RP, P, M e J, usados antes dos números das progênies, significam que as seleções foram efetuadas nas regiões de Campinas, Ribeirão Preto, Pindorama, Mococa e Jaú, SP, respectivamente. O prefixo T significa testemunha.

O experimento foi instalado em novembro de 1951. O delineamento utilizado foi um látice triplo 10 x 10, com os grupos X, Y e Z repetidos três vezes, dando assim nove repetições. As parcelas foram constituídas de uma cova com quatro plantas cada, sendo o espaçamento de 3 x 3 m.

Os dados deste ensaio já foram analisados parcialmente e publicados por CARVALHO *et alii* (1961), quanto à comparação da média de produções entre as progênies dos cultivares e respectivas testemunhas, bem como quanto a comparações entre cultivares, além de outros caracteres observados tais como, porcentagem de frutos chochos, peneira média, tipo de sementes, vigor vegetativo e reação à geada. A partir destes dados foram obtidas estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos relativos à produção de grãos. Os dados utilizados acham-se sumarizados na Tabela 2.

3.2 - Métodos

3.2.1 - Componentes da variância

Os dados de produção por cova de quatro plantas, em quilogramas de café beneficiado, foram analisados inicialmente, em separado, para cada ano e para o total dos seis anos de colheitas, como látice triplo triplicado 10×10 , para verificar a eficiência deste delineamento. Como as eficiências apresentaram-se inferiores a 110% para todas as análises (Tabela 3), os dados foram analisados como se o delineamento fosse em blocos ao acaso, com nove repetições.

Em seguida, os dados foram agrupados em anos (1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º), biênios (1º + 2º, 3º + 4º e 5º + 6º) e triênios (1º + 2º + 3º e 4º + 5º + 6º) de colheitas, para avaliação do efeito do agrupamento sobre os componentes da variância.

Esses dados foram analisados conforme delineamento em parcelas subdivididas no tempo, segundo o esquema de análise e decomposição da variância apresentado por STEEL e TORRIE (1960). Este esquema pressupõe que sucessivas observações são feitas na mesma parcela sobre um período de tempo. Na condução da análise, supôs-se que os dados foram obtidos sobre cada parcela por c colheitas e em p progênies, dispostas em blocos casualizados.

Efetuaram-se análise da variância anual, bienal e trienal isoladamente. As análises bienal e trienal foram efetuadas

com base na análise anual, desdobrando-se, conforme apresentado nas Tabelas 4, 5 e 6.

As esperanças do quadrado médio, $E(QM)$, apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6, foram obtidas através do método indicado por STEEL e TORRIE (1960), considerando-se fixo o efeito de progênie e aleatórios os demais. A escolha de efeitos genéticos como fixos, deveu-se ao fato de as progênie apresentarem material previamente selecionado, e proveniente de diferentes cultivares.

Em casos de heterogeneidade de quadrados médios, para a verificação da significância de F na tabela, obteve-se o número de graus de liberdade utilizando-se o método de SATTERTHWAITTE, citado por GOMES (1978), em que são obtidos os graus de liberdade aproximados de funções lineares de quadrados médios. Assim, para determinar o número de graus de liberdade aproximado do denominador de F de progênie da análise anual (n'), por exemplo, fez-se o seguinte:

$$n' = \frac{(Q_3 + Q_5 - Q_7)^2}{\frac{Q_3^2}{n_3} + \frac{Q_5^2}{n_5} - \frac{Q_7^2}{n_7}},$$

onde n_3 , n_5 e n_7 são os números de graus de liberdade dos quadrados médios Q_3 , Q_5 e Q_7 , ou seja, respectivamente do erro a, da interação entre progênie e colheitas e erro b. (Tabela 4)

Para a estimação dos componentes da variância operaram-se algebricamente os quadrados médios, com base na $E(QM)$. Por

exemplo, para se obter a estimativa da variância de progênies da análise anual ($\hat{V}_{p1}$) fez-se o seguinte:

$$\hat{V}_{p1} = \frac{Q_2 - Q_3 - Q_5 + Q_7}{rc}$$

Com base nas estimativas dos componentes da variância, identificou-se o melhor tipo de agrupamento de dados (por anos, biênios ou triênios) e se avaliou quanto um agrupamento adequado pode interferir nos parâmetros genéticos e na eficiência da seleção entre progênies.

Em seguida, introduziu-se um tipo de análise e decomposição da variância simplificada para uso do melhorista, apresentada nas Tabelas 9 e 10. Esta baseia-se na média bienal, ou trienal, de cada parcela. Assim, se inicialmente cada parcela produziu seis dados relativos aos anos de colheita, na análise bienal simplificada, a parcela passa a conter três dados relativos às produções médias do 1º, 2º e 3º biênios; e na análise trienal simplificada, apenas dois dados, representativos das médias do 1º e 2º triênios.

3.2.2 - Coeficiente de determinação genotípica da produção de café beneficiado (b_p)

Utilizou-se o coeficiente b_p como sendo comparável ao coeficiente de herdabilidade (h^2) no sentido amplo e utilizado quando os efeitos genéticos são fixos.

O coeficiente b_p , relativo à seleção entre médias de progênes quando os dados são tomados por anos, média de biênios e média de triênios de colheitas, portanto, foi estimado pela seguinte expressão geral:

$$b_{pi} = \frac{V_{pi}}{V_{pi} + \frac{\sigma_{Di}^2}{r} + \sigma_{PC}^2 + \frac{\sigma_i^2}{r}},$$

em que $r = 9$ repetições. Nesta expressão, $i=1,2,3$ refere-se às análises anual e bienal e trienal simplificadas, de tal modo que $\hat{V}_{p2}$, por exemplo, é a estimativa do componente genético da variação entre progênes, quando a unidade da análise é a média bienal de cada parcela. Igualmente σ_{D2}^2 e σ_2^2 são os componentes relativos aos erros a e b dessa análise bienal. A representação geral do componente da interação de progênes por colheitas, σ_{PC}^2 , é substituída por σ_{PA}^2 , σ_{PB}^2 e σ_{PT}^2 , respectivamente, para indicar a interação de progênes por anos, biênios e triênios de colheitas.

Os coeficientes b_{pi} , definidos desse modo, medem a eficiência da seleção, pois b_{p1} refere-se à identificação do potencial médio das progênes num dado ano. Igualmente, b_{p2} avalia a eficiência esperada no processo seletivo, quando as progênes são julgadas a partir das r parcelas, cada uma contendo, por sua vez, o rendimento médio de um biênio. O mesmo, por extensão, aplica-se a b_{p3} .

Por outro lado, utilizou-se o coeficiente

$$b_{p2} = \frac{V_{p2}}{V_{p2} + \frac{\sigma_{PB}^2}{b} + \frac{\sigma_{D2}^2}{r} + \frac{\sigma_2^2}{br}}$$

para avaliar a eficiência da seleção quando esta é baseada na média de cada progênie sobre b biênios e r repetições. Tal coeficiente foi introduzido porque, normalmente, o melhorista acumula informações sobre as progênies por vários biênios, para depois decidir sobre o potencial de cada uma. Além disso, esse coeficiente possibilita mensurar quanto o processo de seleção aumenta em eficiência à medida que o melhorista espera por $b = 2, 3, 4, \dots$, para depois selecionar.

A análise simplificada bienal, finalmente, foi aplicada para estimar componentes da variância agrupando-se as progênies segundo sua origem, a fim de avaliar a variabilidade genética remanescente entre progênies selecionadas dentro de cada cultivar, estimando-se o coeficiente b_p . Para tanto, foi obtido, para cada cultivar, um quadrado médio de progênies e um para a interação progênies por biênios. Esse desdobramento foi feito só para biênios, porque ficou evidenciado que os dados bienais apresentaram o melhor resultado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Componentes da Variância

Os dados de produção de café beneficiado de seis anos das 100 progênies dos cultivares de *C. arabica*, foram analisados como parcelas subdivididas no tempo em que se consideram as colheitas obtidas numa mesma parcela como sub-parcelas no tempo. Os resultados obtidos para as análises anual, bienal e trienal acham-se apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6. Para todas as análises, anual, bienal e trienal, o teste F acusou diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade entre as progênies, respectivamente com 3,16, 3,51 e 2,61, portanto, com maior significância para a análise bienal. O F de colheitas da análise anual acusou significância a 1% de probabilidade, enquanto que o da análise bienal e trienal não acusaram significância. Para confirmar a maior significância do F de pro

gênes da análise bienal, o F da interação progênes por colheitas da análise bienal não acusou significância, enquanto que o das análises anual e trienal acusaram significância a 1% de probabilidade.

Fazendo-se a decomposição da variância pelos esquemas apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6, obtiveram-se as estimativas apresentadas na Tabela 7. As estimativas da variância de progênes obtidas foram 0,0538, 0,0563 e 0,0297, respectivamente, para as análises anual, bienal e trienal, sendo evidente a desvantagem da análise trienal em isolar a variância genética devida a progênes.

As estimativas da variância de interação entre progênes e colheitas, obtidas para a análise anual, bienal e trienal, foram respectivamente, 0,0983, -0,0122 e 0,0596, evidenciando a superioridade da análise bienal, que diminuiu o efeito de interação entre progênes e colheitas. A análise trienal também diminuiu a interação e a análise anual foi a que apresentou maior interação.

Quanto às estimativas da variância devida a colheitas, os valores obtidos foram 0,4760, 0,2626 e 0,4738, respectivamente, para as análises anual, bienal e trienal. A análise bienal reduziu grandemente a variância devida a colheitas, sendo, por isso mesmo, uma consequência lógica a redução da variância de interação entre progênes e colheitas.

Como as análises da variância bienal e trienal foram realizadas através dos desdobramentos efetuados da análise anual, as estimativas de σ_{Di}^2 e σ_i^2 obtidas foram as mesmas em valores absolu-

tos para essas análises.

Assim sendo, na estimação dos componentes da variância para a produção de grãos, em que ocorre o ciclo bienal, os dados devem ser agrupados por biênios, como havia sugerido MÔNACO (1963) para aumentar a eficiência na seleção, através do aumento da variação genética entre progênies e da diminuição do efeito ambiental de interação entre progênies e colheitas. Em consequência, todas as características que têm relação com a produção, tais como a incidência de pragas e doenças, a nutrição, o desenvolvimento, etc., também devem ser analisadas por biênios para maior precisão do experimento.

Como este método de análise e decomposição da variância através de desdobramentos é trabalhoso na prática, introduziu-se um método de análise e decomposição da variância simplificada para ser utilizada pelos melhoristas. Consiste na análise e decomposição da variância como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média dos dados agrupados em biênios e triênios de colheitas.

Os esquemas de análise e decomposição da variância, bem como os resultados obtidos, acham-se apresentados nas Tabelas 8 e 9. O teste F para as progênies acusaram significância ao nível de 1% de probabilidade para as análises simplificadas bienal e trienal, respectivamente, com F igual a 3,44 e 1,59, sendo, portanto, novamente maior para a análise bienal; para a análise anual esse valor foi de $F = 3,16$, sendo significativo a 1% de probabilidade. As de-

mais fontes de variação acusaram significância ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Os coeficientes de variação para o erro a (C.V.a) obtidos, foram 46,3%, 32,7% e 26,7%, respectivamente para as análises anual e bienal e trienal simplificadas, portanto, havendo a tendência esperada de diminuição do C.V.a com o aumento do número de anos de colheitas que compõem a média. No entanto, os coeficientes de variação para o erro b (C.V.b) obtidos, de 32,8%, 16,0% e 16,6%, respectivamente, nessas três análises, não seguiram a tendência obtida para o C.V.a, pois o C.V.b para a análise simplificada bienal diminuiu mais do que o esperado, reforçando o resultado anterior, em que a análise bienal diminuiu a variância devida a colheitas e, em consequência, a variância de interação entre progênies e colheitas.

As estimativas dos componentes de variância para as análises anual e bienal e trienal simplificadas, acham-se apresentadas na Tabela 10.

Pela Tabela 10 verifica-se que a análise simplificada bienal apresentou maior valor relativo da estimativa de V_{p2} com 32,30%, em relação a $\hat{V}_{p2} + \hat{\sigma}_{PC}^2 + \hat{\sigma}_{D2}^2 + \hat{\sigma}_2^2$, enquanto que a análise anual apresentou 17,39% e a análise simplificada trienal 17,15% como percentual de variação genética, em relação à respectiva variação fenotípica total.

A análise simplificada bienal foi a que permitiu estimar menor valor relativo da variância de interação entre progênies

e colheitas com 26,38%, enquanto que a análise simplificada trienal apresentou 45,42% e a análise anual apresentou 29,95% do total.

Também, para a estimativa da variância devida ao erro $\sigma^2_{\bar{b}}$, a análise simplificada bienal apresentou menor valor relativo, com 20,62%, enquanto que a análise simplificada trienal apresentou 21,32% e a análise anual apresentou 46,10% do total.

Entretanto, a análise simplificada bienal apresentou a estimativa de variância devida ao erro $\sigma^2_{\bar{a}}$ com valor relativo maior, com 21,70%, enquanto que a análise simplificada trienal apresentou 17,10% e a análise anual 7,56%. Contudo, isso não impediu que a porcentagem relativa de $\hat{V}_p$ fosse maior para a análise simplificada bienal.

Assim, torna-se evidente a conveniência de se empregar a análise baseada em dados bienais e de se utilizar a análise simplificada baseada na média bienal dos dados de produção, de cada parcela, pelos melhoristas, devido a sua maior simplicidade e precisão para a análise e decomposição da variância e estimação dos componentes da variância.

Esta vantagem de se efetuar a análise e decomposição da variância por biênio, deve aumentar quando se analisam dados de produção de cafeeiros que atingem a fase de oscilação bienal de produção mais acentuada, conforme a curva de produção do cafeeiro descrita por FAZUOLI (1977), pois, neste caso, a análise bienal diminuirá proporcionalmente, mais ainda, a variância da interação entre

progênes e colheitas.

Pelos resultados obtidos, o esquema de análise e de composição da variância, como parcelas subdivididas no tempo, foi adequado para a estimação dos componentes de variância, pois estabeleceu diferenças claras entre formas de agrupamentos anual, bienal e trienal dos dados na diminuição do efeito ambiental.

4.2 - Coeficiente de Determinação Genotípica (b_p) de Café Beneficiado

Os coeficientes b_p de determinação genotípica de café beneficiado, estimados com base na análise anual e nas análises bienal e trienal simplificadas, acham-se na Tabela 11. Obtiveram-se os valores 0,313, 0,502 e 0,245, respectivamente. Portanto, também para a estimação desse coeficiente confirmou-se a conveniência de se realizar a análise estatística tomando-se os dados por biênios de colheitas, como era de se esperar. Tal está de acordo com KRUG e CARVALHO (1941), MENDES (1941), CARVALHO (1952), ANTUNES F^º e CARVALHO (1957), CARVALHO *et alii* (1959), MÔNACO e CARVALHO (1964) e CARVALHO e MÔNACO (1969), que mostraram ser grande o efeito do ambiente sobre a variabilidade observada na produção de café. Concorde também com as recomendações de STEVENS (1949) e CARVALHO e MÔNACO (1969) de basear a análise em número par de anos, e com a sugestão de MÔNACO (1963) de considerar, na análise, o conjunto dos biênios ou sua diferença.

As análises aqui realizadas permitiram, ainda, obter informações relativas ao progresso esperado na seleção entre progênies. Confrontando os três valores b_p obtidos, pode-se inferir que, se a seleção for baseada em dados anuais e o progresso assim obtido for igual a 100%, poder-se-á esperar um progresso de 160,4% com uma seleção bienal, e de apenas 78,3% numa seleção trienal. Isto mostra que, se o melhorista aguardar completar-se o biênio, para depois selecionar, detectará mais variabilidade genética entre progênies e, no presente caso, aumentará sua eficiência na seleção em 60,4%, tomando-se como referência a análise anual.

Pode-se agora verificar se a tomada de dados por dois, três ou mais biênios, antes de se praticar a seleção, tem um reflexo compensador sobre o progresso esperado. Tomando-se a expressão de

$$b_{p2} = \frac{V_{p2}}{V_{p2} + \frac{\sigma_{PB}^2}{b} + \frac{\sigma_{D2}^2}{r} + \frac{\sigma_2^2}{br}},$$

e considerando-se $r = 9$ e $b = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ e 10 , obtêm-se os seguintes valores: 0,502; 0,652; 0,724; 0,765; 0,794; 0,813; 0,828; 0,839; 0,850 e 0,856.

Nota-se, agora, que a seleção baseada em número crescente de biênios torna-se cada vez mais eficiente, mas os retornos são cada vez menores, em termos de valores esperados. De fato, se o progresso esperado na seleção baseada num só biênio for tomado como 100%, obtemos os percentuais 130, 144, 152, 158, 162, 165, 167, 169

e 171, de progresso esperado relativo na seleção baseada em 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 biênios, respectivamente. Tais dados indicam, no presente estudo, pouca vantagem em se acumular dados por mais de três biênios, para praticar a seleção. Isto é válido como uma média para todas as progênes de diferentes cultivares deste trabalho. Entretanto, para as progênes não testemunhas ou selecionadas, de diferentes cultivares, podem ser estimados coeficientes b_{p_2} distintos (Tabela 12). As estimativas de b_{p_2} variam desde 0,427 no Bourbon Vermelho até zero no Arábica. Para os casos em que b_{p_2} é baixo, como nas progênes de Mundo Novo ($b_{p_2} = 0,135$), obtêm-se as estimativas de b_{p_2} iguais a 0,135, 0,202, 0,244, 0,271, 0,290, 0,305, 0,317, 0,326, 0,333 e 0,340, respectivamente, para 1, 2, 3, ..., 10 biênios. Estas estimativas de b_{p_2} correspondem, em termos de respectivo percentual, a 100, 150, 181, 201, 215, 226, 235, 242, 247 e 252. Para uma variabilidade genética mais baixa, conclui-se que podem ser necessários mais biênios, como é o caso das progênes de Mundo Novo, em que cinco biênios foi o número julgado mais conveniente, e para uma variabilidade mais alta, podem ser suficientes apenas dois biênios, podendo ser tomado como média, três biênios, no presente estudo.

Pelo fato de terem sido realizados dados de experimentos em diferentes anos, mas num só local, não foi possível isolar componentes de interação de progênes por locais e de progênes por anos e por locais (COMSTOCK e ROBINSON, 1952). Devido a isso, as variâncias devidas a progênes (V_{p_i}), no presente trabalho, na ver-

dade, estimam a variância genética mais a devida à interação de progênes por locais.

A precisão da $\hat{b}_{pi}$ poderia ser maior se a estimativa fosse baseada em análise conjunta de vários anos e locais, o que permitiria remover da $\hat{V}_{pi}$ a variância devida à intêração de progênes por locais. CARVALHO e MÔNACO (1969), no entanto, afirmaram que a interação de progênes de cafeeiros com locais tende a ser de pequena monta, nas condições predominantes da cultura, e em se tratando de material selecionado, como no presente caso. Desse modo, a tendenciosidade das estimativas de V_{pi} , desse trabalho, não deve ser muito elevada.

Os resultados obtidos da análise simplificada bienal, em que as fontes de variação foram decompostas para cada cultivar, acham-se nas Tabelas 11 e 12.

Pelos testes F da Tabela 11, destaca-se a variabilidade genética remanescente entre as progênes não testemunhas de Bourbon Vermelho. O mesmo ocorre com as progênes testemunhas desse cultivar. Essa variabilidade detectada contrasta com sua origem restrita, e que remonta a algumas poucas plantas introduzidas no Brasil em 1867 (CARVALHO e MÔNACO, 1969). Possivelmente ela possa ser explicada por mutações expontâneas, ou pela condição heterozigótica de certos locos no genótipo das plantas introduzidas originalmente, e/ou pela taxa de cruzamento de 10%, predominante em Campinas (SP), como sugerem CARVALHO e MÔNACO (1969). A variabilidade presente nas

progênes selecionadas desse cultivar resultou em $\hat{\sigma}_{p_2}$ igual a 0,4267 (Tabela 12), cuja magnitude é considerável para fins de posterior seleção.

Conclusões semelhantes podem ser tiradas a respeito do cultivar Bourbon Amarelo, no qual o teste F também acusou significância para a variação entre progênes não testemunhas, mas num nível inferior. Tal fato pode ser esperado, visto que sua origem provável é uma hibridação entre os cultivares Bourbon Vermelho e Amarelo de Botucatu (CARVALHO *et alii*, 1957). O correspondente valor de $\hat{\sigma}_{p_2}$, igual a 0,3372, realça que, por volta de um terço da variação fenotípica entre as médias dessas progênes, é de origem genética, e ainda está disponível para o melhorista.

Nos dois tipos de cultivares Bourbon mencionados, os testes F sugerem menor variabilidade entre progênes testemunhas, do que entre as não testemunhas. Trata-se de resultado esperado, visto que as não testemunhas constituem material já mais intensamente selecionado e aprimorado.

O cultivar Mundo Novo, derivado de hibridação natural, provavelmente entre Bourbon Vermelho e Sumatra (CARVALHO *et alii*, 1952) evidenciou variabilidade significativa entre progênes, somente quando estas foram consideradas como um só conjunto. Sua origem explica tais contrastes genéticos. As suas progênes não testemunhas, no entanto, mostraram diversidade genética menor que dos cultivares do tipo Bourbon, com $\hat{\sigma}_{p_2}$ igual a 0,1349 apenas.

O cultivar Caturra tem origem provável numa mutação simples para porte baixo, ocorrido no cultivar Bourbon Vermelho (KRUG *et alii*, 1949). Tal evidência explica a pequena variabilidade encontrada entre as progênies aqui estudadas com $F = 1,62ns$ e $\hat{b}_{p2} = 0,2857$.

Outro de origem muito restrita, derivando de apenas uma planta do Jardim Botânico de Paris, é o Arábica (CARVALHO e MÔNACO, 1969). Realmente nenhuma variabilidade foi detectada com $F = 0,73ns$ e $\hat{b}_{p2} = 0$.

Nas discussões apresentadas, o coeficiente b_{p2} foi intimamente relacionado com o progresso na seleção. Isso é válido, pois ele mede a quantidade relativa de variabilidade genética existente entre progênies, tomando-se como base a variação fenotípica total, e muito se assemelha ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo. Não se adequa a estimar o progresso, pois o material estudado, sendo fruto de seleções prévias, não representa uma população base, mas constitui um conjunto fixo de entidades genéticas.

No cômputo geral, os resultados e os estimadores usados refletiram bem o estado em que as progênies se encontram, não só em função do melhoramento prévio nele praticado como em função da origem de cada cultivar.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos do presente trabalho pode-se chegar às seguintes conclusões:

- 1 - A análise da variância, como parcelas subdivididas no tempo, é adequada para estimar os componentes da variância da produção de grãos do cafeeiro, cultura perene em que sucessivas colheitas anuais são obtidas de uma mesma planta.
- 2 - Nas nossas condições, em que ocorre a oscilação bienal da produção de grãos do cafeeiro, evidenciou-se que os dados devem ser agrupados por biênios de colheitas. Isso diminui a variância devida a colheitas e, em consequência, também diminui a variância devida à interação entre progênies e colheitas. Por outro lado, esse agrupamento libera mais va-

riação genética entre as progênies ensaiadas.

- 3 - Um esquema de análise e decomposição da variância, que pode ser usado pelos melhoristas, é a análise simplificada baseada na média bienal das parcelas. Essa mostrou ser mais vantajosa por ser igualmente precisa e muito mais simples. Essa análise, além disso, permite estimar parâmetros de interesse do melhorista, como componentes da variância e o coeficiente de herdabilidade ou de determinação genotípica do caráter.
- 4 - Os coeficientes de determinação genotípica (b_p), entre as médias das progênies, indicaram que a análise simplificada bienal libera mais variância genética (60,4%) do que a análise anual. Por sua vez, a análise simplificada trienal acusou menos variância genética (-21,7%) do que a análise anual.
- 5 - Pela aplicação do coeficiente b_{p_2} , para mensurar a variabilidade existente entre as progênies selecionadas dos cultivares, obtiveram-se resultados que confirmaram a variabilidade esperada pela respectiva origem e natureza dos cultivares.
- 6 - Através dos coeficientes b_{p_2} , foi possível classificar os cultivares quanto à variação genética disponível entre progênies selecionadas, destacando-se como mais variável, o cul

tivar Bourbon Vermelho e vindo, em seguida, Bourbon Amarelo, Caturra, Mundo Novo e Arábica, essa última sem variação genética detectável.

- 7 - Através da análise simplificada bienal, o melhorista pode criteriosamente decidir sobre quantos biênios deve basear o julgamento do valor das progênies, antes de selecionar. No presente caso, três biênios de colheita foi o número julgado mais conveniente para todas as progênies de todos os cultivares, sendo considerado um número médio. Portanto, para os cultivares com menor variabilidade genética, seria necessário mais biênios, e para os que apresentam maior variabilidade, menos biênios.

6. LITERATURA CITADA

- ANTUNES FILHO, H. e A. CARVALHO, 1957. Melhoramento do cafeeiro. XII: Variabilidade em linhas puras de café. Bragantia, Campinas, 16: 197-213.
- BRIEGER, F.G., 1941. Análise estatística de experiência de café Bourbon e seleção de café por métodos modernos. In: Melhoramento de *Coffea arabica* L. var. *bourbon*. Bragantia, Campinas, 1(1): 26-119.
- CARVALHO, A., 1952. Melhoramento do cafeeiro. VI - Estudo e interpretação, para fins de seleção, de produções individuais na variedade Bourbon. Bragantia, Campinas, 12(4-6): 179-200.
- CARVALHO, A.; H. ANTUNES FILHO; J.E.T. MENDES; W. LAZZARINI; A.J. REIS; J. ALOISI SOBRINHO; M.V. de MORAES; R.K. NOGUEIRA e T.R. ROCHA, 1957. Melhoramento do cafeeiro. XIII - Café Bourbon Amarelo. Bragantia, Campinas, 16: 411-454.

- CARVALHO, A.; C.A. KRUG; J.E.T. MENDES; H. ANTUNES FILHO; H. de MORAES; J. ALOISI SOBRINHO; M.V. de MORAES e T.R. ROCHA, 1952. Melhoramento do cafeeiro. IV - Café Mundo Novo. Bragantia, Campinas, 12: 97-129.
- CARVALHO, A. e L.C. MÔNACO, 1969. The breeding of arabica coffee. In: FERWERDA, F.P. (Coord.). Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropic. Wageningen, p. 189-241.
- CARVALHO, A.; L.C. MÔNACO e H. ANTUNES FILHO, 1959. Melhoramento do cafeeiro. XV - Variabilidade observada em progênies de café. Bragantia, Campinas, 18: 373-386.
- CHILDERS, N.F., 1975. Modern Fruit Science - Orchard and Small Fruit Culture. 6.^a ed. New Jersey, Somerset Press, Inc. 976 p.
- CARVALHO, A.; U.J. SCARANARI; H. ANTUNES FILHO e L.C. MÔNACO, 1961. Melhoramento do cafeeiro. XXII: Resultados obtidos no ensaio de seleções regionais de Campinas. Bragantia, Campinas, 20: 711-740.
- CESNIK, R., 1972. Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP/IGEN, 78 p. (Tese de Doutorado).
- COMSTOCK, R.E. e H.F. ROBINSON, 1952. Genetic parameters, their estimation and significance. Proc. Sixth Intern. Grasslands Congr., p. 284-291.
- COMSTOCK, R.E., 1966. Statistical concepts in Genetics. North Carolina State University (Mim.).

- DINIZ, U.D., 1978. Análise da variância e estudo das correlações das produções da laranjeira Valência (*Citrus sinensis* L. Osbeck), de um ensaio de competição de porta-enxertos. Piracicaba, ESALQ/USP, 103 p. (Dissertação de Mestrado).
- FALCONER, D.S., 1975. Introducción a la Genética Cuantitativa. 5.^a ed. México, Compañía Editorial Continental S.A. 430 p.
- FAZUOLI, L.C., 1978. Avaliação de progênies de café Mundo Novo (*Coffea arabica* L.). Piracicaba, ESALQ/USP/IGEN, 146 p. (Dissertação de Mestrado).
- FONSECA, T.C., 1978. Estimção de parâmetros visando a seleção de híbridos artificiais da amoreira (*Morus alba* L.). Piracicaba, ESALQ/USP/IGEN, 51 p. (Dissertação de Mestrado).
- GILBERT, S.M., 1938. Variability in yield of *Coffea arabica*. East African Agric. Journal, 4: 131-193.
- GOMES, F.P., 1973. Curso de Estatística Experimental. 5.^a ed. Livraria Nobel, Piracicaba, 430 p.
- KRUG, C.A.; J.E.T. MÊNDES e A. CARVALHO, 1949. Taxonomia de *Coffea arabica* L. II - *Coffea arabica* L. var. *caturra* e sua forma *xanthocarpa*. Bragantia, Campinas, 9(9-12).
- KRUG, C.A. e A. CARVALHO, 1941. Seleções individuais realizadas em dados preliminares de algumas progênies e aproveitamento dos resultados da análise estatística. In: Melhoramento de C. arabica L. var. *bourbon*. Bragantia, Campinas, 1(1): 120-176.

- MENDES, J.E.T., 1941. Instalação do talhão de Bourbon, processos culturais, produções obtidas, variabilidade verificada. In: Melhoramento de *C. arabica* L. var. *bourbon*. Bragantia, Campinas, 1(1): 3-25.
- MÔNACO, L.C., 1963. Estudos sobre a variabilidade em *Coffea arabica* L. Campinas, 8 p. (Mim.).
- MÔNACO, L.C. e A. CARVALHO, 1964. Melhoramento do cafeeiro. XXIII: Novos dados sobre a variabilidade em linhas isogênicas de café. Bragantia, Campinas, 23: 13-22.
- STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book, 481 p. New York.
- STEVENS, W.L., 1949. Análise estatística do ensaio de variedades de café. Bragantia, 9(5-8): 103-123.
- VENCOVSKY, R., 1973. Princípios de Genética Quantitativa. Piracicaba, ESALQ/USP/IGEN, 97 p. (Mim.).

7. APÊNDICE

Tabela 1 - Relação de progênies dos cultivares de *C. arabica* L. que constituem o ensaio de seleções regionais de Campinas, do Instituto Agronômico de São Paulo.

Bourbon Vermelho

RP 125-4
 RP 149-16
 RP 186-6
 RP 206-18
 RP 210-14
 RP 149-5
 RP 345-4
 P 11-3
 P 11-12
 P 34-8
 P 37-20
 P 47-9
 P 49-18
 P 34-12
 C 4
 C 167-8
 C 356-8
 C (357x359)-15
 C 370-1
 C 370-10
 C 376-1
 C 376-11
 C 493
 C 662
 C 836
 C 837
 C 849
 C (357x358)-10
 C 355-9
 C 9-3
 C 43-18-11
 C 167-2
 C 167-13
 C (357x358)-20
 C 370-3
 C 370-13
 C 371-3
 C 374-14
 C 376-5
 C 376-20

C 846
 C 847
 C 848
 C 850
 C 852
 C 853
 C 854
 C 855
 C 857
 C 43-18-13
 C (357x359)-1
 CT 1
 CT 2
 MT 5
 JT 6
 RPT 4A
 RPT 4B

Bourbon Amarelo

PJ 25-4
 PJ 25-7
 CJ 7 ex
 CJ 9-9
 CJ 15-3
 CJ 20-6
 CJ 28-14
 CJ 28 ex
 CJ 18-17
 CJ 18 ex
 CJ 20-5
 CJ 25-14
 CJ 26-18
 CT 7
 JT 8

Mundo Novo

P 381-1
 CP 374-3
 CP 374-19
 CP 375-10
 CP 379-17
 CP 379-19
 CP 387-17
 CP 390-2
 CP 379-18
 CP 385-20
 MP 376-4
 MP 386-2
 MP 386-5
 JP 381-3
 JP 380-13
 PT 10
 JT 11

Caturra Amarelo

C 476-3-12
 C 476-3-6
 C 476-3-10

Caturra Vermelho

C 477-12-13
 C 477-20-3
 C 12

Arábica

CT 13A
 CT 13B
 CT 14A
 CT 14B

Sumatra

CT 9

Tabela 2 - Síntese de dados da produção de café beneficiado, em quilogramas, do ensaio de seleções regionais de Campinas, do Instituto Agrônomo de São Paulo, de 1954 a 1959. Dados totais de nove repetições.

PROGÊNIES DE CULTIVARES	ANOS DE COLHEITAS						1954-59
	1954	1955	1956	1957	1958	1959	
Bourbon Vermelho							
RP 345-4	3,187	6,270	5,494	14,296	10,349	22,209	62,810
C 376-11	4,791	8,098	7,597	13,049	14,969	20,619	69,128
P 37-20	2,658	6,340	6,961	11,140	11,019	20,369	58,492
C 370-13	3,815	7,506	5,839	13,305	9,809	22,019	62,298
C (357x359)-15	3,665	5,724	6,740	11,698	10,829	19,519	58,180
C 662	6,378	8,384	10,098	13,256	13,019	21,350	72,489
C 379-10	5,023	6,173	7,937	9,006	14,859	17,339	60,342
C 849	3,828	5,465	7,238	10,620	9,550	17,470	54,174
RP 149-5	6,268	7,522	6,565	11,760	8,640	18,179	58,938
C 376-5	4,618	6,361	7,579	12,085	15,249	21,329	67,226
C (357x358)-20	3,881	7,309	7,298	14,096	10,499	21,509	64,597
C 836	3,862	5,934	7,436	9,691	16,179	20,289	63,396
C (357x358)-10	5,537	7,759	7,632	12,544	10,449	20,789	64,715
C 852	4,204	6,289	7,356	9,031	11,659	14,139	52,683
C 837	4,032	4,654	4,328	7,548	8,449	15,359	44,375
C 848	1,860	7,122	6,813	12,435	13,679	23,389	65,303
C 376-1	5,722	6,628	9,381	9,337	16,069	17,289	64,430
C 374-14	3,550	5,199	6,345	9,256	10,019	17,279	51,653
C 855	3,971	5,344	6,355	10,322	9,649	16,209	51,855
C 167-2	2,288	4,781	4,790	6,177	10,409	12,649	41,099
P 47-9	3,412	6,470	7,801	9,254	12,789	16,569	56,300
C 850	3,728	5,915	6,065	9,626	9,089	17,549	51,977
C 355-9	4,135	6,863	6,766	10,448	10,080	19,289	57,585

PROGÊNIES DE CULTIVARES	ANOS DE COLHEITAS						1954-59
	1954	1955	1956	1957	1958	1959	
Bourbon Vermelho							
P 49-18	3,448	5,880	5,860	11,937	11,849	18,100	57,078
P 34-12	4,760	5,372	6,505	10,167	8,579	18,199	53,587
C 9-3	5,030	7,557	7,467	15,855	14,759	26,579	77,252
RP 125-4	5,063	6,988	6,865	8,881	11,169	15,789	54,760
RP 149-16	7,666	6,150	9,817	6,041	14,699	12,571	56,958
C 370-3	4,742	6,963	8,214	8,430	17,489	15,579	61,422
C 4	2,595	4,799	4,457	11,285	7,809	18,979	49,929
C 493	5,674	5,623	8,412	9,910	12,889	18,609	61,122
C 846	4,490	5,537	7,543	8,904	14,389	14,000	54,867
C 356-8	3,113	5,401	6,639	10,551	10,659	18,990	55,357
C 854	3,266	4,022	4,758	8,981	11,009	18,519	50,560
C 34-8	4,146	6,036	6,688	10,173	11,159	18,589	56,796
RP 186-6	4,051	4,974	8,315	10,471	10,989	16,580	55,384
C 847	2,746	6,424	5,897	11,195	9,019	20,199	55,485
C 376-20	5,185	6,434	8,275	13,150	14,939	24,629	72,617
P 11-3	3,800	4,750	7,037	9,520	11,339	16,579	53,030
P 11-12	4,055	5,964	5,598	9,498	9,229	17,559	51,907
C 167-8	4,469	6,609	5,927	7,306	11,260	15,469	51,044
C 370-1	5,207	8,885	7,972	14,939	13,969	24,519	75,495
RP 206-18	4,082	4,784	7,157	9,208	12,889	17,119	55,244
C 371-3	3,478	7,084	6,847	12,188	11,019	19,379	60,000
C 853	3,062	7,041	5,549	11,967	11,999	22,149	61,772
C 43-18-13	3,269	4,792	5,212	7,124	7,439	12,739	40,580
C 167-13	2,725	5,012	5,843	8,172	10,289	15,269	47,315
C (357x359)-1	3,210	6,215	5,890	11,647	8,169	18,049	53,185
C 857	4,023	4,955	5,852	10,526	11,729	18,609	55,699
RP 210-14	4,332	5,501	7,804	7,691	12,899	13,419	51,651
C 43-18-11	3,580	4,948	6,138	6,927	10,609	15,719	47,926

PROGÊNIES DE CULTIVARES	ANOS DE COLHEITAS						1954-59
	1954	1955	1956	1967	1958	1959	
Bourbon Vermelho							
JT 6	4,027	8,439	6,538	16,674	9,499	27,249	72,431
CT 1	3,502	6,780	6,248	11,454	14,019	18,100	60,107
RPT 4A	3,815	5,814	5,705	8,148	8,359	15,619	47,465
RPT 4B	4,731	5,178	7,829	8,181	12,389	15,079	53,392
CT 2	3,663	6,464	6,281	13,232	9,219	21,139	60,003
MT 5	4,682	5,609	6,938	5,979	11,719	14,699	49,631
Bourbon Amarelo							
CJ 18-17	5,192	7,514	8,042	14,080	10,649	25,619	71,101
CJ 20-5	5,154	7,894	7,991	15,447	12,449	30,419	79,359
CJ 28-14	4,615	7,710	8,508	14,437	11,689	25,829	72,793
PJ 25-7	4,537	6,562	7,142	14,277	13,099	24,969	70,591
CJ 20-5	5,324	8,762	7,768	17,882	10,120	29,899	79,759
PJ 25-4	5,151	9,323	9,746	17,594	12,749	30,759	85,326
CJ 28 ex	4,516	7,017	7,151	16,392	11,419	27,759	74,259
CJ 20-6	4,193	8,166	6,525	20,188	9,959	32,719	81,755
CJ 26-18	4,066	9,037	6,855	18,454	11,019	28,239	77,675
CJ 15-3	5,774	6,197	7,511	13,860	10,349	23,869	67,565
CJ 9-9	4,536	6,523	6,773	17,156	11,059	27,699	73,751
CJ 25-14	4,454	6,221	5,616	14,663	9,589	22,950	63,497
CJ 7 ex	3,994	7,073	6,076	19,426	10,409	30,589	77,572
JT 8	4,867	6,984	7,599	16,103	11,029	25,629	72,216
CT 7	4,634	7,499	5,421	12,652	10,889	18,549	59,649
Mundo Novo							
CP 390-2	3,942	7,282	8,683	16,633	15,939	27,939	80,423
MP 376-4	4,777	7,267	9,686	23,789	15,679	41,149	102,351
CP 385-20	5,446	7,351	10,088	19,578	14,669	35,520	92,656

PROGÊNIES DE CULTIVARES	ANOS DE COLHEITAS						1954-59
	1954	1955	1956	1957	1958	1959	
Mundo Novo							
CP 379-18	4,398	6,819	8,644	16,258	14,229	30,739	81,092
CP 379-17	3,644	6,667	9,477	20,512	19,379	35,949	95,653
CP 375-10	4,536	8,342	8,668	20,807	15,479	32,810	90,646
CP 379-19	4,710	7,280	8,973	18,728	15,789	34,819	90,304
MP 386-5	3,686	7,011	7,202	19,146	15,849	32,179	85,078
CP 374-3	4,650	6,181	10,238	20,768	14,029	33,639	89,510
JP 381-3	5,556	6,803	7,442	17,288	14,839	30,659	82,592
MP 386-2	3,759	6,201	6,257	20,569	15,169	33,859	85,819
CP 387-17	4,995	6,823	8,792	23,549	13,439	36,549	94,152
P 381-1	4,286	7,325	9,527	17,485	13,713	32,073	84,414
JP 380-13	4,015	6,801	8,129	19,583	14,049	33,829	86,681
CP 374-19	4,667	6,900	8,654	23,573	10,519	35,919	90,237
JT 11	4,766	7,315	8,372	12,691	14,239	22,129	69,517
PT 10	5,001	5,704	7,915	6,983	11,399	15,019	52,026
Caturra Vermelho							
C 477-12-13	5,100	8,676	5,766	14,901	6,899	18,770	60,115
C 477-20-3	5,403	7,491	6,598	9,214	10,639	14,009	53,359
C 12	6,307	8,877	7,346	13,634	8,609	20,559	65,337
Caturra Amarelo							
C 476-3-12	6,869	8,525	8,208	14,584	9,729	20,869	68,789
C 476-3-10	4,458	8,511	5,490	14,935	8,519	19,929	61,847
C 476-3-6	4,988	7,882	7,032	14,679	10,169	18,899	63,654

PROGÊNIES DE CULTIVARES	ANOS DE COLHEITAS						1954-59
	1954	1955	1956	1957	1958	1959	
Sumatra							
CT 9	4,851	4,301	5,314	6,103	12,109	10,149	42,831
Arábica							
CT 13A	4,273	3,148	4,042	4,474	10,429	9,460	35,830
CT 13B	3,720	3,604	4,026	4,895	9,069	8,469	33,788
CT 14A	4,766	4,688	4,593	4,332	12,019	8,909	39,310
CT 14B	3,204	2,819	4,012	2,699	9,939	8,909	31,587

Tabela 3 - Síntese dos resultados da análise da variância como látice para cada ano de colheita e para total de anos de colheitas, de um delineamento látice triplo triplicado 10x10 com nove repetições.

	ANOS DE COLHEITAS					
	1954	1955	1956	1957	1958	1959
Teste F (tratamento aj.)	3,0**	3,9**	3,0**	10,2**	2,6**	15,5**
Eficiência do látice %	105,7	109,58	107,75	100,15	106,35	105,95
Média geral	0,4844	0,7225	0,7860	1,4018	1,3109	2,3956
Erro efetivo	0,0323	0,0285	0,0771	0,2351	0,2591	0,3689
Fator de ajuste	0,0230	0,0509	0,0266	0,0049	0,0249	0,0100
C.V. látice %	37,1019	31,2263	35,3305	34,5892	38,8297	25,3502
C.V. blocos ao acaso %	38,0658	32,6881	36,6806	34,6234	40,0526	25,4389

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 4 - Análise da variância anual como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção anual de café beneficiado, em quilogramas, de 1954 a 1959. Local: Campinas, SP.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	E(Q.M.)	F
Repetições (R)	8	29,1024	3,6378		
Progenies (P)	99	405,8830	4,0998	$\sigma_1^2 + 6\sigma_{D_1}^2 + 9,09\sigma_{PA}^2 + 54V_{P_1}$	3,16**
Erro a	792	237,5271	0,2999	$\sigma_1^2 + 6\sigma_{D_1}^2$	1,98**
Parcelas	899	672,5125			
Anos (A)	5	2153,9336	430,7867	$\sigma_1^2 + 100\sigma_{RA}^2 + 900\sigma_A^2$	195,69**
P x A	495	517,0567	1,0446	$\sigma_1^2 + 9,09\sigma_{PA}^2$	6,90**
R x A	40	88,0567	2,2014	$\sigma_1^2 + 100\sigma_{RA}^2$	14,55**
Erro b	3960	599,1226	0,1513	σ_1^2	
Total	5399	4030,6821			

$CV_a = 45,3\%$; $CV_b = 32,8\%$; $\bar{X} = 1,1838$.

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5 - Análise da variância bienal como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1955 a 1958/1959. Local: Campinas, SP.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	E(Q.M.)		F
<hr/>						
Repetições (R)	8	29,1024	3,6378			
Progenies (P)	99	405,8830	4,0998	$\sigma_2^2 + 6\sigma_{D_2}^2 + 9,09\sigma_{PA/B}^2 + 18,18\sigma_{PB}^2 + 54V_{P_2}$		3,51**
Erro a	792	237,5271	0,2999	$\sigma_2^2 + 6\sigma_{D_2}^2$		1,98**
<hr/>						
Parcelas	899	672,5125				
<hr/>						
Biênios (B)	2	1427,9954	713,9977	$\sigma_2^2 + 100\sigma_{RA/B}^2 + 200\sigma_{RB}^2 + 900\sigma_{A/B}^2 + 1800\sigma_B^2$		2,94ns
Anos/Biênios (A/B)	3	725,9382	241,9794	$\sigma_2^2 + 100\sigma_{RA/B}^2 + 900\sigma_{A/B}^2$		97,53**
P x B	198	180,4725	0,9115	$\sigma_2^2 + 9,09\sigma_{PA/B}^2 + 18,18\sigma_{PB}^2$		0,08ns
P x A/B	297	336,5842	1,1333	$\sigma_2^2 + 9,09\sigma_{PA/B}^2$		7,49**
R x B	16	28,5102	1,7819	$\sigma_2^2 + 100\sigma_{RA/B}^2 + 200\sigma_{RB}^2$		0,72**
(R x A)/B	24	59,5465	2,4811	$\sigma_2^2 + 100\sigma_{RA/B}^2$		16,40**
Erro b	3960	599,1226	0,1513	σ_2^2		
Total	5399	4030,6821				

CV_a = 46,3%; CV_b = 32,8%; $\bar{X}$ = 1,1835.

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns = Não significativo.

Tabela 6 - Análise da variância trienal como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1956 a 1957/1959. Local: Campinas, SP.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	E(Q.M.)	F
Repetições (R)	8	29,1024	3,6378		
Progênes (P)	99	405,8830	4,0998	$\sigma_3^2 + 6\sigma_{D_3}^2 + 9,09\sigma_{PA/T}^2 + 27,27\sigma_{PT}^2 + 54V_{P_3}$	2,61**
Erro a	792	237,5271	0,2999	$\sigma_3^2 + 6\sigma_{D_3}^2$	1,98**
Parcelas	899	672,5125			
Triênios (T)	1	1456,2096	1456,2096	$\sigma_3^2 + 100\sigma_{RA/T}^2 + 300\sigma_{RT}^2 + 900\sigma_{A/T}^2 + 2700\sigma_T^2$	1,61ns
Anos/Triênios (A/T)	4	697,7240	174,4310	$\sigma_3^2 + 100\sigma_{RA/T}^2 + 900\sigma_{A/T}^2$	101,15**
P x T	99	232,1413	2,3449	$\sigma_3^2 + 9,09\sigma_{PA/T}^2 + 28,27\sigma_{PT}^2$	3,26**
(P x A)/T	396	284,9154	0,7195	$\sigma_3^2 + 9,09\sigma_{PA/T}^2$	4,76**
R x T	8	32,8753	4,1094	$\sigma_3^2 + 100\sigma_{RA/T}^2 + 300\sigma_{RT}^2$	2,32*
(R x A)/T	32	55,1814	1,7244	$\sigma_3^2 + 100\sigma_{RA/T}^2$	11,40**
Erro b	3960	599,1226	0,1513	σ_3^2	
Total	5399	4030,6821			

CV = 46,3%; CV_p = 32,8%; $\bar{X}$ = 1,1835.

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns = Não significativo.

Tabela 7 - Estimativas dos componentes da variância obtidas das análises anual, bienal e trienal como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954 a 1959. Local: Campinas, SP.

Análise Anual	Análise Bienal	Análise Trienal
$\hat{V}_{P_1} = 0,0538$	$\hat{V}_{P_2} = 0,0563$	$\hat{V}_{P_3} = 0,0297$
$\hat{\sigma}_{D_1}^2 = 0,0248$	$\hat{\sigma}_{D_2}^2 = 0,0248$	$\hat{\sigma}_{D_3}^2 = 0,0248$
$\hat{\sigma}_A^2 = 0,4760$	$\hat{\sigma}_B^2 = 0,2626$	$\hat{\sigma}_T^2 = 0,4738$
$\hat{\sigma}_{PA}^2 = 0,0983$	$\hat{\sigma}_{PB}^2 = -0,0122$	$\hat{\sigma}_{PT}^2 = 0,0596$
$\hat{\sigma}_{RA}^2 = 0,0205$	$\hat{\sigma}_{RB}^2 = -0,0035$	$\hat{\sigma}_{RT}^2 = 0,0080$
$\hat{\sigma}_1^2 = 0,1513$	$\hat{\sigma}_2^2 = 0,1513$	$\hat{\sigma}_3^2 = 0,1513$

Tabela 8 - Análise da variância simplificada, como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média bienal de cada parcela. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1955 a 1958/1959. Local: Campinas, SP.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	E(Q.M.)	F
Repetições (R)	8	14,5512	1,1819		
Progenies (P)	99	202,9415	2,0499	$\sigma^2_2 + 3\sigma^2_{D_2} + 9,09\sigma^2_{PB} + 27V_{P_2}$	3,44**
Erro a	792	118,7636	0,1500	$\sigma^2_2 + 3\sigma^2_{D_2}$	4,16**
Parcelas	899	336,2563			
Biênios (B)	2	713,9977	356,9988	$\sigma^2_2 + 100\sigma^2_{RB} + 900\sigma^2_B$	400,72**
P x B	198	90,2362	0,4557	$\sigma^2_2 + 9,09\sigma^2_{PB}$	12,62**
R x B	16	14,2551	0,8909	$\sigma^2_2 + 100\sigma^2_{RB}$	24,68**
Erro b	1584	57,1804	0,0361	σ^2_2	
Total	2699	1211,9257			

$CV_a = 32,7\%$; $CV_b = 16,0\%$; $\bar{X} = 1,1835$.

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 9 - Análise da variância simplificada como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média trienal de cada parcela. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954/1956 a 1957/1959. Local: Campinas, SP.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	E(Q.M.)	F
Repetições (R)	8	9,7008	1,2126		
Progenies (P)	99	135,2943	1,3666	$\sigma_3^2 + 2\sigma_{D_3}^2 + 9,09\sigma_{PT}^2 + 18V_{P_3}$	1,59**
Erro a	792	79,1773	0,1000	$\sigma_3^2 + 2\sigma_{D_3}^2$	2,60**
Parcelas	899	224,1724			
Triênios (T)	1	485,4032	485,4032	$\sigma_3^2 + 100\sigma_{RT}^2 + 900\sigma_T^2$	354,36**
P x T	99	77,3804	0,7816	$\sigma_3^2 + 9,09\sigma_{PT}^2$	20,35**
R x T	8	10,9584	1,3698	$\sigma_3^2 + 100\sigma_{RT}^2$	35,67**
Erro b	792	30,3940	0,0384	σ_3^2	
Total	1799	828,3084			

$CV_a = 26,7\%$; $CV_b = 16,6\%$; $\bar{X} = 1,1835$.

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 10 - Estimativas dos componentes da variância obtidos das análises da variância simplificadas como parcelas subdivididas no tempo. Dados de produção anual e médias bienal e trienal das parcelas em quilogramas de café beneficiado, de 1954 a 1959. Local: Campinas, SP.

A N Á L I S E S		
Anual	Bienal Simplificada	Trienal Simplificada
$\hat{V}_{P_1} = 0,0538 (17,39)^+$	$\hat{V}_{P_2} = 0,0548 (32,32)^+$	$\hat{V}_{P_3} = 0,0291 (17,15)^+$
$\hat{\sigma}_{PA}^2 = 0,0983 (29,95)$	$\hat{\sigma}_{PB}^2 = 0,0462 (26,38)$	$\hat{\sigma}_{PT}^2 = 0,0818 (45,42)$
$\hat{\sigma}_{D_1}^2 = 0,0248 (7,56)$	$\hat{\sigma}_{D_2}^2 = 0,0380 (21,70)$	$\hat{\sigma}_{D_3}^2 = 0,0308 (17,10)$
$\hat{\sigma}_1^2 = 0,1513 (46,10)$	$\hat{\sigma}_2^2 = 0,0361 (20,62)$	$\hat{\sigma}_3^2 = 0,0384 (21,32)$
$\hat{\sigma}_{FP_1}^2 = 0,1717$	$\hat{\sigma}_{FP_2}^2 = 0,1092$	$\hat{\sigma}_{FP_3}^2 = 0,1186$
$b_{P_1} = 0,313 (100)^{++}$	$b_{P_2} = 0,502 (160,38)$	$b_{P_3} = 0,245 (78,27)$

+ = Valores entre parênteses referem-se à participação percentual de cada componente na soma dos quatro componentes estimados, em cada tipo de análise.

++ = Valores relativos de b_{P_2} e b_{P_3} , tomando-se $b_{P_1} = 100$.

$\hat{\sigma}_{FP}$ = Estimativa de variância fenotípica.

Tabela 11 - Análise da variância simplificada como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média bienal de cada parcela, com desdobramentos para progênie e interação entre progênie e biênios de colheitas. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954-55 a 1958-59. Local: Campinas, SP.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos (R)	8	14,5512	1,8189	
Progênie (P)	99	202,9415	2,0499	3,60**
P de Bourbon Vermelho (P _{BY})	56	32,7123	0,5841	2,52**
P _{BY} não testemunha (P _{BYnt})	50	28,8660	0,5773	2,48**
P _{BY} testemunha (P _{BYt})	5	3,8412	0,7682	3,26*
P _{BYnt} vs P _{BYt}	1	0,0051	0,0051	0,04ns
P de Bourbon Amarelo (P _{BA})	14	6,0961	0,4354	2,04*
P _{BA} não testemunha (P _{BAnt})	12	4,0453	0,3371	1,86*
P _{BA} testemunha (P _{BAt})	1	0,7312	0,7312	2,23ns
P _{BAt} vs P _{BAnt}	1	1,3196	1,3196	1,68ns
P de Mundo Novo (P _{MN})	16	18,8302	1,1769	2,45**
P _{MN} não testemunha (P _{MNnt})	14	4,6012	1,4164	1,31ns
P _{MN} testemunha (P _{MNt})	1	1,4164	1,4164	3,82ns
P _{MNnt} vs P _{MNt}	1	12,8126	12,8126	3,37ns
P de Caturra	5	1,2778	0,2557	1,62ns
P de Arabica	3	0,2992	0,0997	0,73ns
Grupos de P	5	143,7259	28,7452	4,56*
Erro a	792	118,7636	0,1500	4,16*
Parcelas	899	336,2563		
Biênios de colheitas (B)	2	713,9977	356,9988	400,72**
RB	16	14,2551	0,8909	24,68**
PB	198	90,2362	0,4557	12,62**
Erro b	1584	57,1804	0,0361	
Total	2699	1211,9257		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns=Não significativo.

Tabela 12 - Estimativa dos componentes da variância e do coeficiente b_{p2} , obtidos da análise de variância simplificada como parcelas subdivididas no tempo, baseada na média biotípica de cada parcela, para progênies dentro de cultivares. Dados de produção de café beneficiado, em quilogramas, de 1954-55 a 1958-59. Local: Campinas, SP.

	$\hat{V}_{p2}$	$\hat{\sigma}_{PB}^2$	$\hat{\sigma}_{D2}^2$	$\hat{\sigma}_2^2$	b_{p2}
P _{BV} não testemunha	0,0128	0,0090	0,0380	0,0361	0,4267
P _{BA} não testemunha	0,0058	0,0032	0,0380	0,0361	0,3372
P _{MN} não testemunha	0,0029	0,0104	0,0380	0,0361	0,1349
P de Caturra	0,0036	0,0008	0,0380	0,0361	0,2857
P de Arábica	-0,0014	-0,0011	0,0380	0,0361	0,0000+

+ = Estimativa negativa de b_{p2}