

JOSÉ ROBERTO MACEDO FONTES

HETEROSE, CAPACIDADE COMBINATÓRIA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA
ESTIMADA POR ANÁLISE DE MARCADORES RAPD EM CRUZAMENTOS
ENTRE CAFEEIROS CATUAÍ (*Coffea arabica* L.) E HÍBRIDO DE TIMOR

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
“*Doctor Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

JOSÉ ROBERTO MACEDO FONTES

HETEROSE, CAPACIDADE COMBINATÓRIA E DIVERGÊNCIA GENÉTICA
ESTIMADA POR ANÁLISE DE MARCADORES RAPD EM CRUZAMENTOS
ENTRE CAFEEIROS CATUAÍ (*Coffea arabica* L.) E HÍBRIDO DE TIMOR

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
“*Doctor Scientiae*”.

APROVADA: 05 de março de 2001.

**Prof. Laércio Zambolim
(Conselheiro)**

Dr. Antônio Alves Pereira

**Prof. Cosme Damião Cruz
(Conselheiro)**

Prof. Carlos Alberto Martinez

**Prof. Antônio Américo Cardoso
(Orientador)**

“Contudo, seja qual for o grau a que chegamos, o que importa é prosseguir decididamente”.

(FI 3,16)

A Deus, pela existência.

Ao meu Pai, João, pela intercessão constante junto a Deus.

À minha Mãe, Sinvalina, pela sabedoria na simplicidade.

À minha Esposa, Luciane, pelo Amor incondicional.

Ao meu Filho, João Carlos, meu maior presente, pela vida.

Ao meu Irmão, João Carlos, minha Cunhada e meu Afilhado, minhas Irmãs, Marias, meus Cunhados, Afilhados e Sobrinhos, minha grande família, pelo apoio.

Ao meu Sogro Dr. Carlos Raimundo e minha Sogra Mariza, pela confiança.

Dedico esta etapa vencida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade concedida para a realização deste Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela orientação e concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Antônio Américo Cardoso, pela confiança depositada e orientação precisa em todos os momentos.

Ao amigo Pesquisador Antônio Alves Pereira (Tônico da EPAMIG), pelos valiosos ensinamentos, pelo grande apoio nos trabalhos e pela sincera amizade.

Aos Professores Laércio Zambolim, Ney Sussumu Sakiyama, Cosme Damião Cruz e Carlos Alberto Martinez Y Huaman, cujas críticas, conselhos e sugestões aperfeiçoaram este trabalho.

À minha grande família que tanto me apoiou e viveu comigo todos os momentos desta desgastante, mas recompensadora etapa de minha vida.

Aos funcionários da Estação Experimental de São José do Triunfo, das estufas e laboratórios do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, pela valiosa colaboração na condução dos experimentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial à Mara e ao Vicente, da Secretaria de Pós-Graduação.

Aos amigos Humberto Silva Augusto e Terezinha Aparecida Cabral, pelo apoio e amizade.

Aos colegas e amigos do Curso de Pós-Graduação, pela troca de experiências e pelo saudável convívio no decorrer do curso.

Aos Padres Geraldo Martins Paiva e Paulo Nobre pela amizade e pela valiosa orientação religiosa.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e o sucesso deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ ROBERTO MACEDO FONTES, filho de João Lopes Fontes (*In memoriam*) e Sinvalina Macedo Fontes, nasceu em 1^o de Abril de 1968, em Viçosa – MG.

Em 1974, iniciou seus estudos na Escola Estadual “Ministro Edmundo Lins”, realizou o curso colegial no Colégio “Raul de Leoni” e o científico no Colégio Universitário – COLUNI, da Universidade Federal de Viçosa, nesta cidade.

Em março de 1988, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em Engenharia Agrônômica em janeiro de 1993.

Em março de 1993, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na mesma Instituição, defendendo tese em 21 de julho de 1995.

Em agosto de 1995, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia também na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 5 de março de 2001.

Em abril de 2000, foi contratado como Gerente de Pesquisa e Controle de Qualidade Pós-Colheita pela empresa exportadora de mamão papaya Caliman Agrícola S.A., em Linhares – ES.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Introdução e melhoramento do café no Brasil	6
2.2. Capacidade combinatória: conceituação e importância no melhoramento genético	12
2.2.1. Capacidade geral e específica de combinação	13
2.2.1.1. CGC e CEC em café	17
2.3. Heterose	17
2.3.1. Heterose em café	23
2.4. Aplicação de biotecnologia como auxílio na obtenção de	

híbridos	27
2.5. Uso de marcadores moleculares no melhoramento de plantas	30
2.6. Melhoramento visando resistência à ferrugem alaranjada do cafeeiro	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1. Avaliação da capacidade produtiva dos híbridos	42
	Página
3.2. Estudo da heterose e heterobeltiose nos híbridos	45
3.3. Estudo da capacidade combinatória dos progenitores	45
3.4. Avaliação da resistência à ferrugem	46
3.5. Estudo da diversidade genética e certificação da natureza híbrida da geração F ₁	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1. Avaliação da capacidade produtiva dos híbridos na geração F ₁	52
4.2. Avaliação da capacidade produtiva das melhores plantas na geração F ₁	59
4.3. Heterose e heterobeltiose	65
4.4. Capacidade geral e específica de combinação	80
4.5. Avaliação da resistência à ferrugem-do-cafeeiro	87
4.6. Estudo da diversidade genética e certificação da natureza híbrida dos híbridos mais produtivos na geração F ₁	91
5. CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS	101
BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	112

LISTA DE QUADROS

	Página
1 Lista dos 71 híbridos de café, em geração F_1 , e seus respectivos progenitores acompanhados dos números de registro na Universidade Federal de Viçosa e nas suas instituições de origem	43
.....	
2 Lista dos 51 genótipos de café estudados	49
3 Produção média por biênio, em kg de café cereja/planta, dos melhores híbridos (H) F_1 (média de plantas F_1), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, e de Variedades testemunhas, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	53
.....	
4 Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos melhores híbridos (H) F_1 (média das plantas F_1) provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, e Variedades testemunhas, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	54
.....	
5 Produção média por biênio, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas híbridas F_1 , provenientes do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor, e de Variedades testemunhas*, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de	

- 6 Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas híbridas F_1 , provenientes do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor, e de Variedades testemunhas, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa 62
.....
- 7 Valores de heterose (HET) e heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção média por biênio, dos híbridos F_1 (média das plantas F_1), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa 66
- 8 Valores de heterose (HET) e heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção média acumulada, dos híbridos F_1 (média das plantas F_1), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa 68
- 9 Relação dos melhores híbridos F_1 (média das plantas F_1), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, baseada nos valores de heterose (HET), em porcentagem, obtidos com base na produção média por biênio, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa 71
- 10 Relação dos melhores híbridos F_1 (média das plantas F_1), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, baseada nos valores de heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, obtidos com base na produção média por biênio, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa 72
.....
- 11 Valores de heterose (HET), em porcentagem, baseados na produção por biênio das melhores plantas híbridas F_1 , provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da

	Universidade Federal de Viçosa	73
	
12	Valores de heterose (HET), em porcentagem, baseados na produção acumulada das melhores plantas híbridas F₁, provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	74
	
13	Valores de heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção por biênio das melhores plantas híbridas F₁, provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	75
	
14	Valores de heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção acumulada das melhores plantas híbridas F₁, provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	76
	
15	Capacidade Geral de Combinação dos progenitores Catuaí e Híbrido de Timor, em valores de produção média por biênio, em kg de café cereja/planta, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	81
	
16	Classificação dos progenitores Catuaí e Híbrido de Timor, em ordem decrescente, baseada na Capacidade Geral de Combinação, em valores de produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	82
	
17	Cinco melhores combinações híbridas específicas, entre Catuaí e Híbrido de Timor, baseadas na produção média por biênio e produção média acumulada dos híbridos F₁ (média das plantas F₁), no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	84
	
18	Melhores combinações híbridas específicas, entre Catuaí	

	e Híbrido de Timor, baseadas na produção por biênio e produção acumulada das plantas F ₁ , no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa	85
.....		
19	Reação de progenitores Catuaí e Híbrido de Timor à Raça II de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. et Br	88
.....		
20	Reação de híbridos F ₁ , provenientes de combinações entre Catuaí e Híbrido de Timor, à Raça II de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. et Br	88
.....		
21	Reação de híbridos RC ₁ , com Catuaí como progenitor recorrente, à Raça II de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. et Br	90
.....		

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Disposição dos discos de folha, no gerbox, com a face abaxial voltada para cima	47
2	Discos de folha resistentes à ferrugem-do-cafeeiro, sem qualquer sinal de infecção (Nº 1); discos de folha resistentes à ferrugem-do-cafeeiro, com reação de hipersensibilidade, mas com ausência de esporos (Nº 2); e discos de folha com sintomas de suscetibilidade à ferrugem-do-cafeeiro, com presença de pústulas uredospóricas (Nº 3)	48
3	Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos híbridos F₁ H 341, H 427, H 511 e Testemunhas (UFV 2144 e UFV 2145)	56
4	Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos híbridos F₁ H 419, H 429 e Testemunhas (UFV 2144 e UFV 2145)	57
5	Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos híbridos F₁ H 342, H 348 e Testemunha (UFV 2144)	58
6	Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas dos híbridos F₁ H 341-11, H 427-2, H 511-1 e Testemunhas (UFV 2144-14 e UFV 2145-4)	63

7	Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas dos híbridos F ₁ H 418-6, H 429-1, H 506-3 e Testemunhas (UFV 2144-14 e UFV 2145-4)	64
8	Produção acumulada do híbrido F ₁ H 427-2, em kg de café cereja/planta, comparada à produção de seus progenitores (UFV 2144-260 e UFV 439-2)	78
9	Produção do híbrido F ₁ H 430-1, em kg de café cereja/planta, comparada à produção de seus progenitores (UFV 2145-113 e UFV 442-108)	78
10	Produção do híbrido F ₁ H 429-1, em kg de café cereja/planta, comparada à produção de seus progenitores (UFV 2145-113 e UFV 441-1)	79
11	Padrão de amplificação de fragmentos de DNA (RAPDs) obtido com o primer OPA-4 para os progenitores analisados (Híbrido de Timor e Catuaí). A seta indica o polimorfismo mais evidente. A seqüência de genótipos é a seguinte: (1) DNA marcador, (2) UFV 376-2, (3) UFV 439-2, (4) UFV 440-22, (5) UFV 427-15, (6) UFV 445-46, (7) UFV 2143-193, (8) UFV 2143-236, (9) UFV 2144-32, (10) UFV 2144-35, (11) UFV 2144-36, (12) UFV 2145-113, (13) UFV 2148-57, (14) UFV 529 (= CIFC 832/1) e (B) Branco	92
12	Dendograma obtido pelo método UPGMA, representando distâncias genéticas estimadas entre 51 genótipos de café baseados em 108 marcadores RAPD gerados por 46 primers	93
13	Dendograma obtido pelo método UPGMA, representando distâncias genéticas estimadas entre 13 progenitores, baseados em 32 marcadores RAPD gerados por 23 primers ..	96
14	Padrão de amplificação de fragmentos de DNA (RAPDs) obtido com o primer OPC-9 para os doze melhores híbridos F ₁ e seus respectivos progenitores (progenitor feminino Catuaí e progenitor masculino Híbrido de Timor). A seta indica o polimorfismo mais evidente. A seqüência de genótipos partindo da esquerda é a seguinte: (1) H 341-11, (2) UFV 2144-35, (3) UFV 435-1, (4) H 342-8, (5) UFV 2144-35, (6) UFV 445-46, (7) H 418-6, (8)	

UFV 2143-235, (9) UFV 443-3, (10) H 419-8, (11) UFV 2143-235, (12) UFV 445-46, (13) H 419-10, (14) UFV 2143-235, (15) UFV 445-46, (16) H 427-2, (17) UFV 2144-260, (18) UFV 439-2, (19) H 429-1, (20) UFV 2145-113, (21) UFV 441-1, (22) H 430-1, (23) UFV 2145-113, (24) UFV 442-108, (25) H 505-9, (26) UFV 2145-79, (27) UFV 438-52, (28) H 506-3, (29) UFV 2145-79, (30) UFV 446-8, (31) H 511-1, (32) UFV 2148-57, (33) UFV 443-3, (34) H 513-5, (35) UFV 2148-57, (36) UFV 529 (= CIFIC 832/1) e (B) Branco 98

.....

RESUMO

FONTES, José Roberto Macedo, D.S.; Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. Heterose, capacidade combinatória e divergência genética estimada por análise de marcadores RAPD em cruzamentos entre cafeeiros Catuaí (*Coffea arabica* L.) e híbrido de Timor. **Orientador: Antônio Américo Cardoso. Conselheiros: Cosme Damião Cruz, Laércio Zambolim e Ney Sussumu Sakiyama.**

Neste estudo, foi utilizada uma população do programa de melhoramento do cafeeiro do Departamento de Fitopatologia da UFV, descendente de cruzamentos entre 14 linhagens de Catuaí (Vermelho e Amarelo) e 12 seleções do Híbrido de Timor. Com o objetivo de identificar plantas e matrizes superiores para utilização per si, e para serem utilizadas na formação de uma população-base destinada a programa de melhoramento intrapopulacional, realizou-se o estudo da heterose manifestada para produção na geração F_1 e da capacidade de combinação geral e específica de seus progenitores. Foi estudado um total de 71 híbridos F_1 (total de 561 plantas). Foi realizada uma análise descritiva a partir dos dados das quatro primeiras colheitas. Alguns híbridos foram avaliados também nos seis, oito e até dez anos de colheita, conforme a disponibilidade de dados. Foi realizada também uma avaliação da reação dos híbridos F_1 e RC_1 (Catuaí como progenitor recorrente) à ferrugem do cafeeiro e um estudo, através da técnica do

uso de marcadores moleculares, da natureza híbrida dos genótipos da geração F₁ mais produtivos e da distância genética existente entre vários genótipos avaliados. Na avaliação da resistência genética das plantas à ferrugem foi realizado o teste em discos de folhas, inoculados com a Raça II de *H. vastatrix*. 11 progenitores (Híbrido de Timor: UFV 376-2; UFV 427-15; UFV 439-2; UFV 440-22; UFV 445-46; UFV 529, e Catuaí: UFV 2143-193; UFV 2143-236; UFV 2144-32; UFV 2144-35; UFV 2144-36) serviram de testemunhas para os 18 híbridos F₁ e 107 híbridos RC₁. A avaliação foi realizada aos 49 dias após inoculação. No estudo da diversidade genética, foi analisado um total de 51 genótipos (10 progenitores Catuaí, 12 progenitores Híbrido de Timor e 29 híbridos F₁). Para os melhores genótipos F₁ classificados quanto à produção, foi realizado também um estudo para a certificação da natureza híbrida dos mesmos. Em ambos os estudos, a técnica do uso de marcadores moleculares RAPD foi utilizada. Através da seleção baseada nas produções dos híbridos em geração F₁, observou-se a superioridade de produção dos híbridos H 341-11, H 429-1, H 427-2, H 418-6, H 506-3, H 505-9, H 513-5, H 419-8, H 419-10, H 511-1, H 342-8 e H 430-1. Os progenitores Catuaí Vermelho, UFV 2144-35 e UFV 2145-113, e Híbrido de Timor, UFV 378-33 e UFV 445-46, foram os melhores quanto à capacidade geral de combinação em relação à produção. Para a capacidade específica de combinação, o cruzamento UFV 2144-36 x UFV 439-2 foi o melhor nos primeiros quatro e seis anos de produção. Na produção acumulada dos oito anos, o cruzamento UFV 2148-57 x UFV 439-2 foi o melhor. O híbrido H 429 foi o que melhor expressou, em média, o seu valor heterótico. O híbrido H 287-3 apresentou heterose de 195%, calculada com base na produção acumulada dos primeiros quatro anos. Os valores de heterobeltiose confirmaram a superioridade de produção de grande parte dos híbridos obtidos nos cruzamentos realizados. Na avaliação da reação dos genótipos à ferrugem-do-cafeeiro, os progenitores Catuaí apresentaram reação de suscetibilidade, enquanto os progenitores Híbrido de Timor, com exceção do UFV 427-15, e os híbridos F₁, com exceção do H 415-2, apresentaram-se resistentes. Dos 107 híbridos RC₁ estudados, 81 deles

foram resistentes à ferrugem-do-cafeeiro. No estudo da diversidade genética, foi realizado um total de 157 reações, com 86 primers diferentes, onde 53,5% deles apresentaram polimorfismo, totalizando 108 bandas polimórficas, com média de 2,35 bandas polimórficas/primer. Dentre os primers que apresentaram maior número de bandas polimórficas estão: OPA-8, OPC-10, OPA-5 e OPA-10. Com um limite de dissimilaridade genética de 54%, o Híbrido de Timor UFV 427-15 permaneceu no grupo das cultivares Catuaí. Onze dos doze genótipos mais produtivos na geração F₁, tiveram sua natureza híbrida confirmada.

ABSTRACT

FONTES, José Roberto Macedo, D.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2001. Heterosis, combining ability and genetic divergence estimated by RAPD analysis marker in crossings between coffee variety Catuaí (*Coffea arabica* L.) and Timor hybrid. **Adviser: Antônio Américo Cardoso. Committee Members: Cosme Damião Cruz, Laércio Zambolim and Ney Sussumu Sakiyama.**

This study used a population of coffee breeding program of the Plant Pathology Department of the Federal University of Viçosa, descendant of crossings between 14 ancestries of 'Catuaí' with red and yellow berries and 12 selections of the Timor Hybrid. The objective was to identify coffee plants and progenitors use to per itself, and to be used in the formation of a population-base for the intrapopulation improvement program. The heterosis of the hybrids F_1 and the specific and general combining ability of their progenitors was studied. 71 hybrids F_1 were studied (total of 561 plants). A descriptive analysis from the data of the four first harvests was carried through. Some hybrids had been evaluated also in the six, eight and up to ten years of harvesting. It was also carried through an evaluation of the reaction of hybrids F_1 and RC_1 ('Catuaí' as recurrent ancestor) to the coffee rust reaction and a study, through the technique of the use of molecular

markers, of the hybrid nature of the genotypes of the generation F_1 more productive and the genetic distance between some evaluated genotypes. In the evaluation of the genetic resistance of the plants to the coffee rust, the test in leaf disks, inoculated with Race II of *H. vastatrix* was carried through. 11 ancestors (Timor Hybrid: UFV 376-2; UFV 427-15; UFV 439-2; UFV 440-22; UFV 445-46; UFV 529, and 'Catuaí': UFV 2143-193; UFV 2143-236; UFV 2144-32; UFV 2144-35; UFV 2144-36) control plants for the 18 hybrids F_1 and 107 hybrids RC_1 . The evaluation was carried through to the 49 days after inoculation. In the study of the genetic diversity, 51 genotypes were analyzed (10 'Catuaí' ancestors, 12 Timor Hybrid ancestors and 29 hybrids F_1). The technique of RAPD molecular markers was used. For the certification of the hybrid nature of the best genotypes F_1 classified according berry yields the RAPD analysis was used. Twelve primers out of thirty were selected. The best hybrids as far as yield is concerned were: H 341-11, H 429-1, H 427-2, H 418-6, H 506-3, H 505-9, H 513-5, H 419-8, H 419-10, H 511-1, H 342-8 and H 430-1. The progenitors 'Catuaí', UFV 2144-35 and UFV 2145-113, and Timor Hybrid, UFV 378-33 and UFV 445-46, were the best for general combining ability in relation to the yield. For the specific combining ability, hybrids from crossing UFV 2144-36 x UFV 439-2 were the best in first four and six years of yield. In the accumulated yield of the eight years, crossing UFV 2148-57 x UFV 439-2 was the best. The hybrid H 429 was one that better expressed the heterosis value. The hybrid H 287-3 presented heterosis of 195%, calculated on the basis of the accumulated yield of first four years. The values of heterobeltiosis had confirmed the superiority of production of great part of the hybrids in the crossings. In the evaluation of the reaction of the genotypes to the coffee rust, the 'Catuaí' progenitors were susceptible while the ancestors Timor Hybrid, with exception of UFV 427-15, and the hybrids F_1 , with exception of H 415-2, were resistant. Of 107 studied hybrids RC_1 , 81 of them were resistant to the coffee rust. In the study of the genetic diversity, a total of 157 reactions, with 86 different primers were carried through, where 53,5% of them had presented polimorphic bands, totalizing 108 polimorphic bands, with average of 2.35 polimorphic

bands/primer. The primers that presented the greater number of polymorphic bands were: OPA-8, OPC-10, OPA-5 and OPA-10. With a limit of genetic distance of 54%, the Timor Hybrid UFV 427-15 remained in the group of 'Catuai'. Eleven of the twelve more productive genotypes in the generation F₁, confirmed their hybrid nature.

1. INTRODUÇÃO

O café representa um dos produtos agrícolas mais valiosos no mercado internacional e constitui o alicerce econômico de numerosos países americanos, africanos e asiáticos. O grande consumo da bebida pelos países da Europa e das Américas, levou a estudos detalhados das possibilidades presentes e futuras de expansão da cultura (ALVARENGA, 1991).

No Brasil, há várias décadas o café constitui-se na cultura tropical perene mais difundida, tendo grande importância na obtenção de divisas e na fixação de mão de obra no meio rural e, até hoje, continua sendo a mola propulsora do desenvolvimento e da criação de riquezas em todas as regiões em que é cultivado, como mostram as áreas cultivadas no cerrado e nos vários núcleos de colonização na Amazônia, Rondônia e Mato Grosso. O Brasil é o maior produtor mundial de café. Atualmente, possui área de 2,49 milhões de hectares plantados com produção de aproximadamente 28,9 milhões de sacas (COFFEE STATISTIC YEARBOOK, 2000).

Possivelmente, todas as plantações iniciais de café no Brasil foram realizadas com sementes provenientes de um só cafeeiro do Jardim Botânico de Amsterdã, na Holanda. A variabilidade deveria ser bem restrita e dependente da existente no cafeeiro original e das mutações subsequentes ocorridas.

A grande preocupação nos trabalhos de melhoramento do cafeeiro deve-se principalmente ao fator produção, que estará sempre aliado às diversas características necessárias ao seu melhor desempenho, como resistência a doenças, desenvolvimento da cultura, defeitos de ordem genética, efeitos de ambiente, além da necessidade da qualidade exigida pelo concorrido mercado internacional.

No entanto, por ser *Coffea arabica* L. uma espécie autógama e suas populações, em geral, apresentarem diversidade reduzida, é de esperar que a utilização apenas dos métodos de melhoramento intrapopulacionais não possibilitem ganhos genéticos satisfatórios. Nesse contexto, a alternativa importante do melhoramento genético é recorrer ao desenvolvimento de programas de hibridação, possibilitando a recombinação de genes e ampliação da variabilidade existente, para produzir novos cultivares adaptados às diversas finalidades.

O melhoramento genético é uma prática universal que muito contribui para o aumento do rendimento, para a expansão agrícola, para a estabilidade da produção e para o aumento da resistência aos fatores adversos, tanto bióticos quanto abióticos. Este último aspecto é especialmente importante, pois a substituição das populações vegetais primitivas e heterogêneas pelas variedades homogêneas e altamente produtivas facilita também a ação de insetos predadores e a multiplicação de fungos, bactérias e vírus patogênicos. Por isso, quando a seleção natural deixa de ser o principal mecanismo regulador do equilíbrio, torna-se necessário introduzir um processo permanente de melhoramento, envolvendo aclimação, cruzamentos e novas seleções, capazes de garantir uma disponibilidade renovada de variantes para as futuras condições de cultivo. A pesquisa tem buscado aumentar a produtividade e estabilidade de produção com a criação de variedades mais adaptadas ao ambiente. O desenvolvimento de variedades tem sido realizado através da hibridação e seleção de genótipos superiores, possibilitando a identificação e obtenção de variedades mais produtivas e cada vez mais resistentes às doenças e pragas.

Uma forma de facilitar o melhoramento genético de materiais promissores, é o desenvolvimento de um programa de hibridação partindo

da avaliação prévia do germoplasma disponível, quanto à capacidade geral e específica de combinação para os diferentes caracteres da espécie. Desse modo, poder-se-á usar a variabilidade genética mais eficientemente, determinando-se a magnitude dos efeitos heteróticos. Para que haja sucesso, é imprescindível que se conheça, a “priori”, o comportamento das populações disponíveis, “per se”, e em combinações híbridas. Assim, a importância do estudo da heterose e da capacidade combinatória cresce no melhoramento de plantas e animais, sendo especialmente proveitoso em conexão com o estabelecimento de ensaios que objetivem comparar o comportamento de linhagens em combinações híbridas e o comportamento dos próprios híbridos.

No melhoramento visando à utilização da heterose, a etapa mais trabalhosa e que constitui, mesmo, o ponto de estrangulamento, vem a ser a detecção dos cruzamentos heteróticos. O problema consiste em descobrir quais os melhores cruzamentos. No entanto, CARVALHO et alii (1994) mostram que o uso apenas do resultado da heterose (a qual não traduz a superioridade de freqüências alélicas, mas a sua divergência) não é suficiente para um programa de seleção intrapopulacional. Logo, o estudo da capacidade combinatória das linhagens ou cultivares para obter correlações que indiquem quais os cruzamentos que mais provavelmente serão heteróticos, trará grande economia de tempo e trabalho na obtenção dos cruzamentos e dos melhores híbridos (CRUZ & VENCOSKY, 1989).

Por isso, o sucesso de um programa de melhoramento requer, dependendo do seu objetivo, adequada escolha de progenitores. Para esta tarefa são bastante utilizadas as informações sobre as capacidades geral e específica de combinação.

A capacidade geral de combinação (CGC) relaciona-se com os efeitos aditivos dos genes, assim, os progenitores com mais altas estimativas de CGC deverão ser preferidos para os programas de melhoramento, constituindo novas populações que propiciarão maiores ganhos nos ciclos de seleção (CARVALHO et alii, 1994). Nesta fase, a tecnologia de marcadores moleculares poderá contribuir em grande parte, viabilizando a caracterização genética de grande número de genótipos através de procedimentos relativamente simples e rápidos. Da mesma

maneira, este tipo de tecnologia poderá auxiliar na detecção de marcadores para genes de interesse agrônomo. Como consequência, a seleção de progenitores superiores em programas de melhoramento poderá ser realizada de forma objetiva e precisa, determinando a formação de populações segregantes com alta frequência de genótipos superiores.

A ferrugem alaranjada do cafeeiro, causada por *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., é considerada uma das principais doenças na cafeicultura mundial. O patógeno encontra-se disseminado em todas as regiões do mundo, onde o café é cultivado, causando, anualmente, grandes prejuízos (ZAMBOLIM et alii, 1995). Apesar da intensa atividade dos melhoristas nesse sentido, o uso de produtos químicos para o controle das doenças movimentou milhões de dólares anualmente, contribuindo para elevação do custo da produção e para o desequilíbrio e a poluição do meio ambiente.

Com o intuito de iniciar um programa de melhoramento do cafeeiro para obtenção de variedades resistentes à ferrugem, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) contou com o apoio de diversas instituições de pesquisa de outros países, de onde recebeu farto material genético, alguns já em adiantada fase de melhoramento (CHAVES, 1978). A introdução do material portador de resistência à ferrugem foi realizada pelo Departamento de Fitopatologia da UFV, em 1971. Este material constituiu o banco de germoplasma básico para o projeto de melhoramento genético do cafeeiro visando a obtenção de cultivares resistentes à ferrugem, desenvolvido pela UFV/EPAMIG, recebendo denominações como: Catimor, Cavimor, Sarchimor, Cachimor, Blumor, Catindu, Seleções de Híbrido de Timor, Catiafa e outras.

O material portador de resistência à ferrugem foi introduzido do Centro de Investigações das Ferrugens do Cafeeiro, em Oeiras, Portugal, do Instituto Interamericano de Ciências Agrárias, em Turrialba, Costa Rica e do Centro Nacional de Investigação do Café, em Chinchina, Colômbia. Este germoplasma foi implantado nos chamados Campos de Adaptação e Seleção, nas condições de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, em 1972. O plantio e a condução do campo experimental foi feito segundo as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, exceto para os tratamentos fitossanitários para controle de doenças, que não foram realizados.

Os cafeeiros resistentes à ferrugem, selecionados no germoplasma introduzido, foram utilizados na síntese de novas combinações genéticas portadoras de resistência à ferrugem do cafeeiro, a partir de 1974. Essas novas combinações são resultantes do inter cruzamento dos cafeeiros resistente e de cruzamentos destes com cafeeiros das variedades comerciais do Catuaí, Mundo Novo e Bourbon.

Este trabalho teve o propósito de realizar uma reorganização dos Campos de Seleção de Híbridos pertencentes ao Programa de Melhoramento do Cafeeiro do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa. Isto viabiliza a utilização da seleção de progênies como método de melhoramento. Método este, bastante adotado no início do melhoramento de várias outras espécies, hoje em estágios mais avançados. Utilizando uma população em processo de melhoramento para resistência à ferrugem do cafeeiro, descendente de cruzamentos entre linhagens de Catuaí e Híbrido de Timor, realizou-se este estudo com o objetivo de identificar plantas e matrizes superiores para utilização per si, e para serem utilizadas na formação de uma população-base destinada a programa de melhoramento intrapopulacional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Introdução e melhoramento do café no Brasil

Apesar do grande potencial genético dentro do gênero *Coffea*, o melhoramento do cafeeiro está restrito a duas espécies, *C. arabica* e *C. canephora* P., que dominam a produção de café no mundo. Entretanto, *C. liberica* e outras espécies como *C. congensis* têm contribuído na transferência de genes desejáveis, através de hibridações interespecíficas naturais e artificiais com *C. arabica* e *C. canephora*. Melhoristas do Brasil, Costa do Marfim e Quênia têm focalizado suas atenções nos híbridos interespecíficos entre café Arábica e Robusta por duas razões principais: (1) melhoria da qualidade do café Robusta e (2) introduzir o vigor e a resistência a doenças do Robusta no Arábica (VAN DER VOSSSEN, 1985).

O número básico de cromossomos para o gênero *Coffea* é igual a onze. A espécie *C. arabica* é a única tetraplóide ($2n = 4x = 44$ cromossomos) e autógama dentro do gênero. Suas variedades são principalmente linhas puras que podem ser propagadas por sementes. É autofértil e cruza-se com facilidade, apresentando pequena taxa de polinização cruzada (de 5 a 15%), devida a ventos, insetos etc. As outras espécies estudadas (*C. canephora*, *C. dewevrei* e *C. congensis*) são auto-estéreis ou auto-incompatíveis, diplóides ($2n = 2x = 22$ cromossomos) e alógamas, tendo suas variedades

propagadas por sementes ou clonagem (SASSON, 1997; ALVARADO & GUERRERO, 1997).

A produção de cafés arábica (*C. arabica*) ocorre em área tropical úmida em elevadas altitudes, principalmente na América (80%), mas também no Leste da África e Ásia, com área total aproximada de sete milhões de hectares. Já o café robusta (*C. canephora*), é cultivado numa área total aproximada de três milhões de hectares, em regiões tropicais de baixa altitude, no Brasil, Oeste da África e Ásia (SASSON, 1997).

O *C. arabica*, a principal espécie cultivada no Brasil e no mundo, tem seu centro primário de diversidade genética no sudeste da Etiópia, sul do Sudão e norte do Quênia, nas regiões montanhosas (1.300 a 2.000 m de altitude). Foi encontrado nas províncias de Kaffa-Jimma, Sidamo e Harar, da Etiópia, denominada anteriormente Abissínia e pertencente ao Continente Africano, localizada entre 3^o32' e 18^o de latitude norte, limitando-se ao Norte pelo Mar Vermelho, a Leste e Sudeste pela Somália, ao Sul pelo Quênia e a Oeste pelo Sudão. Sua domesticação ocorreu com as primeiras culturas familiares de café, no século XIV, no Yemen, região situada ao Sul da península arábica, e conhecida anteriormente por Arábia Felix. No século XVIII, tomou-se bebida popular na Europa. O grande número de diferentes denominações e seleções do café Arábica, existentes hoje, originaram-se de uma estreita base genética (TEIXEIRA, 1970; SASSON, 1997; VAN DER VOSSSEN, 1985).

Da Arábia, o café foi levado para o Ceilão (hoje Srilanka). O seu cultivo na Índia data de 1600, quando foram feitos os primeiros plantios na província de Mysore; entretanto, só em 1840 é que os ingleses se interessaram pelo seu cultivo. Em 1696 foi feita a primeira tentativa de cultivo do café na Ilha de Java, com cafés procedentes da Índia. No entanto, essa plantação pereceu antes de produzir os primeiros frutos. Somente numa segunda tentativa, em 1699, é que obteve melhor êxito, dando origem a todas as plantações da região e constituindo-se nas primeiras lavouras extensivas (TEIXEIRA, 1970).

Da Ilha de Java, algumas sementes foram levadas ao Jardim Botânico de Amsterdam, em 1706, de onde, em 1714, foram introduzidas na Guiana Holandesa e, alguns anos mais tarde, na Ilha de Martinica. Daí

estendeu-se aos outros países das Américas do Sul e Central. Do Suriname, o café foi levado para Cayenne, na Guiana Francesa, em 1718, e de lá introduzido em Belém do Pará, em 1723, numa primeira tentativa que fracassou. Em 1727, o Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta, indo em missão oficial a Cayenne, conseguiu trazer algumas sementes e mudas que foram plantadas em Belém do Pará. Em 1747, foi feito o primeiro plantio no Ceará. De Belém do Pará, o café espalhou-se para o Maranhão e estados vizinhos e chegou à Bahia. A introdução no Rio de Janeiro foi feita em 1770, pelo Desembargador João Alberto de Castelo Branco, no Convento dos Barbudinhos. Da Serra do Mar, o café foi em direção ao Vale do Paraíba, sendo introduzido em São Paulo por volta de 1800 e espalhando-se, em seguida, por Minas Gerais, Espírito Santo e Paraná (TEIXEIRA, 1970; MATIELLO, 1991).

Em todas as etapas desse processo de dispersão foram utilizadas pequenas quantidades de sementes, levando o café a um estreitamento de sua base genética. A “variedade”, introduzida no Brasil por Palheta, foi denominada “Nacional”, café “Crioulo” ou “Comum”, tratando-se da variedade “Typica” ou Arábica, através da qual foi descrita a espécie *C. arabica*. Até hoje se pode encontrar cafeeiros dessa variedade nos bosques e fundos de quintal em várias regiões do país; a sua produtividade, no entanto, é muito baixa (MATIELLO, 1991).

Os cafeeiros, da variedade Arábica, forneceram o material básico para o grande empreendimento que se realizou no continente americano – o estabelecimento, em bases econômicas, do cultivo do cafeeiro. Em poucos anos, dadas às condições extremamente favoráveis aqui encontradas, o cultivo se expandiu rapidamente por uma extensa área, principalmente no Brasil.

Em 1845 o Brasil já colhia 45% da produção mundial. Essas primeiras lavouras eram provenientes, por autofecundações sucessivas, de uma única planta de *C. arabica*, cultivada no Jardim Botânico de Amsterdam, no início do século XVIII. Assim, as primeiras lavouras cafeeiras formadas no Brasil caracterizavam-se pela limitada variabilidade genética para os caracteres de interesse. Como esse fato impedisse qualquer tentativa de seleção visando o melhoramento do material aqui existente, o que já se fazia

necessário em face de um declínio da produtividade dos cafezais brasileiros, promoveu-se a introdução de novos materiais. Em 1859, por iniciativa do governo imperial, foi introduzido a cultivar Bourbon Vermelho. Seguiram-se introduções trazidas por particulares, destacando-se a introdução da cultivar Sumatra, em 1896. Além destas foram trazidas outras variedades de *C. arabica*, e também outras espécies do gênero *Coffea* (CARVALHO, 1989).

Além disso, o cafeeiro *C. arabica*, por ser uma espécie onde a polinização cruzada ocorre em baixa frequência, possui alto grau de homozigose e suas populações em geral apresentam baixa diversidade. Em virtude disso, é de se esperar que a aplicação exclusiva de métodos de melhoramento intrapopulacionais não possibilite avanços genéticos significativos. Daí porque a introdução de germoplasma de diferentes procedências constitui uma etapa essencial em programas de melhoramento, quando se deseja ampliar a base genética da espécie.

Há muito, já se sabe que as hibridações dentro da espécie *C. arabica* oferecem razoáveis perspectivas de sucesso. A hibridação é um método de melhoramento adequado para conjugar em um só genótipo o maior número de fatores desejáveis dos progenitores que o integram. Por isso, a escolha dos progenitores e o conhecimento de como se transmitem os caracteres se constituem nos pontos básicos que garantem o êxito do método (MARTINEZ et alii, 1988).

O cafeeiro Catuaí, cujo significado é “muito bom”, é um híbrido de Mundo Novo com o Caturra Amarelo, onde se procurou associar o bom vigor e a rusticidade do Mundo Novo ao porte baixo e à boa capacidade produtiva do Caturra, pouco rústico. O alelo Ct do Caturra Amarelo (de genótipo CtCt), que determina o encurtamento dos entrenós, foi transferido para o Mundo Novo; e o híbrido resultante recebeu o prefixo H2077. Através de seleção, separaram-se as plantas H2077-2-5, homozigota para encurtamento dos entrenós (CtCt) e heterozigota para Xanthocarpa (Xcxc), que originou, por conseguinte, plantas de frutos amarelos ou vermelhos, e H2077-2-12, heterozigota para porte (Ctct) e homozigota para cor dos frutos amarelos (XcXc). Seleções posteriores permitiram obter as linhagens H2077-2-5-24, H2077-2-5-81, H2077-2-5-99, H2077-2-5-51 e H2077-2-5-144, com frutos vermelhos, e H2077-2-5-86, H2077-2-5-62, H2077-2-5-47, H2077-2-5-17,

H2077-2-5-30, H2077-2-5-74, H2077-2-12-113, H2077-2-12-28, com frutos amarelos. As seleções contínuas que vêm sendo efetuadas a partir desse cultivar têm permitido a indicação de linhagens mais adaptadas em várias regiões, fazendo com que grande parte do parque cafeeiro de *C. arabica* no Brasil seja constituído de cafezais da cultivar Catuaí (CARVALHO, 1986; MATIELLO, 1991; CARVALHO & FAZUOLI, 1993).

Em vista do interesse despertado por esse cultivar, ampliou-se o plano de melhoramento, realizando novas hibridações entre cafeeiros selecionados de Mundo Novo e de Caturra, e retrocruzamentos com Mundo Novo, a fim de estudar a possibilidade de desenvolvimento de novas progênies de constituição semelhante à do Catuaí, porém mais produtivas (CARVALHO et alii, 1979).

O Híbrido de Timor, híbrido natural interespecífico de *C. canephora* com *C. arabica*, oriundo da Ilha de Timor, tem sido considerado material de suma importância nos programas de melhoramento por apresentar alto nível de resistência à ferrugem alaranjada do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). Nos cafeeiros do grupo A, resistentes a todas as raças de *H. vastatrix*, a resistência é conferida por genes S_{+6} a S_{+9} associados a um ou mais fatores ainda desconhecidos. A ferrugem é um dos problemas mais graves da cafeicultura brasileira desde 1970, já sendo hoje um dos maiores problemas da cafeicultura mundial. Além de apresentar resistência à ferrugem do cafeeiro, alguns descendentes do Híbrido de Timor apresentam também resistência a algumas espécies de nematóides e à CBD (Coffee Berry Disease) (CARVALHO, 1988).

O Híbrido de Timor é valioso para os programas de melhoramento visando resistência à *H. vastatrix*. O Híbrido de Timor UFV 529, que corresponde ao CIFC 832/1, se mantém resistente a todas as raças conhecidas do patógeno, é tetraplóide e se cruza facilmente com os cultivares de *C. arabica*, favorecendo a transferência da sua resistência. No entanto, é pouco produtivo e de pouca rusticidade, em nossas condições. Essa baixa capacidade de produção talvez seja conseqüência de ter-se originado de cruzamento espontâneo entre cafeeiros não selecionados para produção, das espécies *C. arabica* e *C. canephora*. As seleções do Híbrido de Timor assemelham-se a cafeeiros da cultivar Arábica de *C. arabica*, o que

faz supor que esse cultivar tenha sido um dos progenitores na hibridação original. Sabe-se que a cultivar Arábica apresenta pouca rusticidade e baixa capacidade de produção, características que devem ter sido transferidas ao Híbrido de Timor (CARVALHO et alii, 1989).

O melhoramento de qualquer cultura envolve duas fases distintas. A primeira corresponde à obtenção de variabilidade e a segunda à utilização dessa variabilidade. A fase inicial do melhoramento no Brasil, como já mencionado, foi muito dificultada em termos de variabilidade, uma vez que o material introduzido possuía uma base genética muito estreita. Porém com a introdução de novos materiais, os programas de hibridação e o próprio cultivo do cafeeiro em extensas áreas por mais de dois séculos contribuíram para a ampliação da variabilidade à disposição do melhorista (CARVALHO, 1989).

Os métodos de melhoramento do cafeeiro que têm sido utilizados são basicamente dois. O primeiro baseia-se na seleção de linhas puras em populações segregantes originadas a partir de cruzamentos naturais. O segundo método envolve a hibridação seguida da condução da população segregante pelo método do “pedigree” ou genealógico. Nesse caso, já a partir da geração F_2 , inicia-se o processo de avaliação, baseado no comportamento da planta, observando-se seu aspecto vegetativo e produtividade em ano de produção alta. As melhores plantas passam a constituir as matrizes, as quais terão seus desempenhos avaliados através de suas progênies, o que permite, também, a seleção de novas plantas matrizes dentro das melhores progênies (CARVALHO, 1986; FAZUOLI & CARVALHO, 1979).

A síntese de materiais bastante promissores, com elevada produção e resistente ao agente da ferrugem, derivados do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor é possível de ser obtida; como mostra o trabalho realizado por PEREIRA et alii (2000), na criação da cultivar OEIRAS-MG 6851.

2.2. Capacidade combinatória: conceituação e importância no melhoramento genético

A análise da capacidade combinatória é uma metodologia utilizada para identificar progenitores com capacidade de transmitir genes determinantes de caracteres desejáveis a sua descendência, identificar as melhores combinações híbridas e adquirir informações sobre o tipo de ação gênica que controla os diferentes caracteres agrônômicos. Quando se cruzam um par de progenitores com alta capacidade combinatória geral e específica, pode-se esperar bom desempenho e alta heterose no híbrido (GARCIA & VALLEJO, 1990).

Em sua forma mais geral, capacidade combinatória ou habilidade combinatória refere-se ao comportamento de linhagens ou cultivares quando é usada uma série de combinações em um ou em vários sentidos, entre si, para obtenção de híbridos. Sendo a capacidade geral de combinação o comportamento de uma linhagem em sua série de cruzamentos, tomando por base o valor médio dos híbridos F_1 nestes cruzamentos. Já o desempenho de um cruzamento particular pode desviar-se da média e do que seria esperado com base na capacidade geral de combinação; este desvio é conhecido como capacidade específica de combinação (ALLARD, 1971).

Em programas de melhoramento, o conhecimento dos componentes da capacidade combinatória é de relevante importância na escolha dos progenitores geneticamente divergentes envolvidos em esquemas de cruzamento, sobretudo quando se deseja identificar híbridos promissores e/ou, a partir deles, desenvolver linhagens superiores.

Na análise da capacidade combinatória, valores extremos de capacidade geral de combinação dos progenitores são associados com as proporções de alelos favoráveis para um dado caráter. Por esta razão, associado ao pouco ou nulo progresso do rendimento alcançado em certos cruzamentos entre progenitores produtivos, alguns pesquisadores sugeriram cruzamentos entre progenitores de altos valores de capacidade geral de combinação para o rendimento de grãos ou de seus componentes, como um

método para desenvolver cultivares produtivos (CRUZ & VENCovsky, 1989; BLANDÓN, 1991)

Quando se medem os valores médios, como desvios da média geral de todos os cruzamentos, pode-se expressar o valor de certo cruzamento como a soma das capacidades gerais de combinação dos progenitores mais a capacidade específica de combinação do par de progenitores. A variância entre cruzamentos pode, portanto, ser analisada em dois componentes: variância das capacidades gerais de combinação e variância das capacidades específicas de combinação, sendo o último, em termos estatísticos, o componente de interação. Assim, diferenças de capacidade geral de combinação são ocasionadas pela variância genética aditiva na população base e diferenças da capacidade específica de combinação atribuem-se à variância genética não aditiva. Conseqüentemente, a variância da capacidade geral de combinação aumenta linearmente com o coeficiente de endogamia (não se considerando o componente de interação), enquanto a variância da capacidade específica de combinação aumenta com potências mais elevadas do coeficiente de endogamia. É, por isso, que quando se considera um grupo de progenitores endogâmicos derivados de uma mesma população, é a capacidade específica de combinação, e não a geral, que se espera aumentar mais rapidamente, à medida que a endogamia atinge altos níveis (FALCONER, 1987).

2.2.1. Capacidade geral e específica de combinação

O sucesso de um programa de melhoramento requer, dependendo do seu objetivo, adequada escolha de progenitores. Para esta tarefa são bastante utilizadas as informações sobre as capacidades geral e específica de combinação entre eles.

O termo capacidade geral de combinação (CGC) é utilizado para designar o comportamento médio de um progenitor numa série de combinações híbridas e o termo capacidade específica de combinação (CEC) é utilizado para apontar certas combinações híbridas que são relativamente superiores ou inferiores diante do que seria esperado com base na CGC (CRUZ & VENCovsky, 1989).

Os termos capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) foram originalmente definidos utilizando como método experimental um sistema de cruzamentos dialélicos. A CGC está associada a genes de efeitos principalmente aditivos, além da parte dos efeitos epistáticos (aditivo X aditivo). De outro lado, a CEC depende basicamente de genes com efeito dominante e epistáticos (MELO, 1987).

O conhecimento da ação gênica aditiva (CGC) permite planejar futuros programas de melhoramento para obtenção de linhas superiores, aproveitando a herança transgressiva nas diferentes gerações segregantes, originadas a partir do híbrido F_1 . Já, a ação gênica não-aditiva (CEC) pode ser aproveitada na avaliação de híbridos com melhores possibilidades de futura comercialização (MARTINEZ et alii, 1989).

Neste contexto, verifica-se uma demanda crescente de conhecimento quanto às características genéticas de novos materiais e concernente ao potencial de produção “per se” e de seus cruzamentos, para um programa de produção de híbridos (GAMA et alii, 1992).

A CGC não é uma propriedade fixa da linhagem, pois depende da constituição genética da população utilizada como testador. Além disso, em um cruzamento dialélico de linhagens ou variedades, a CGC de uma delas depende também da heterose da linhagem quando cruzada com uma mistura de todas as outras, sendo portanto, função dos efeitos de dominância que se manifestam nos cruzamentos. Baixa estimativa da CGC indica que o valor da capacidade de combinação da cultivar, quando cruzado com os demais, não difere muito da média geral de todos os cruzamentos; e altas estimativas, em valores absolutos, são indicadores de que o progenitor em questão é muito melhor ou muito pior, em relação ao comportamento médio dos cruzamentos (CARVALHO et alii, 1994).

No entanto, CRUZ & VENCOSKY (1989) comentam que a CGC de uma variedade pode ser atribuída tanto ao seu comportamento *per se* quanto em combinações híbridas. Em consequência disto, surge a dúvida em relação à questão de, ao selecionar com base na CGC, o melhorista estaria escolhendo a cultivar que se destacou pelo seu potencial de *per se* e/ou pelo seu potencial heterótico. Ou, por outro lado, ao se descartar, com base na CGC, o melhorista estaria desprezando a cultivar pelo seu fraco

potencial de *per se* e/ou pelo seu baixo efeito heterótico em relação aos demais cultivares. Assim, para o melhoramento, o ideal é selecionar cultivares com alto desempenho de *per se* e alto potencial heterótico e descartar cultivares de baixo desempenho de *per se* e baixo potencial heterótico. Apesar da inexistência de métodos que discriminem qual das duas possibilidades é mais importante na estimativa da capacidade geral, a adoção da CGC, como critério de escolha de progenitores, mostra-se válida mesmo nos casos de dominância entre os alelos. SEKHAR et alii (1994) observaram que os cruzamentos realizados entre progenitores de elevada CGC e destes com progenitores de baixa CGC exibiram as maiores heteroses. VENCOVSKY (1987) mostra que altas estimativas da CGC geralmente ocorrem em genótipos com a maior frequência de alelos favoráveis

A significância da CEC reflete a ação não-aditiva dos genes e indica que há interações intra-alélicas, ou seja, alguns híbridos desviam-se de maneira significativa dos valores esperados, com base no comportamento médio dos pais. Baixos valores absolutos do efeito da CEC indicam que a performance de um dado cruzamento é relativamente melhor (efeito positivo) ou pior (efeito negativo) do que o esperado com base na CGC dos progenitores. As estimativas da CEC estão, portanto, relacionadas com genes que exibem efeitos de dominância ou epistasia, representando as interações entre os efeitos dos locos como aditividade ou dominância (GRIFFING, 1956). Logo, como os efeitos da CEC são estimados como desvios de comportamento do híbrido, em relação ao que seria esperado com base na CGC, interessam ao melhorista as combinações híbridas de maiores desvios que envolvam pelo menos um dos progenitores que tenham apresentado o mais favorável efeito de CGC (FERRÃO et alii, 1985).

VENCOVSKY (1987) afirma que uma baixa estimativa dos efeitos da CGC, positiva ou negativa, indica que o valor da CGC do progenitor, obtida com base em suas combinações híbridas e demais progenitores, não difere muito da média geral da população dialélica. Por outro lado, quando os valores estimados do efeito da CGC são altos, positivos ou negativos, há indício de que o progenitor em questão é muito superior ou inferior aos demais progenitores do dialelo, com relação à performance média dos

cruzamentos; sendo esses valores uma indicação de que os genes têm efeitos predominantemente aditivos. Assim, complementa o autor, para aproveitamento em programas de melhoramento, são mais indicados para constituírem as novas populações os progenitores com as mais altas CGC favorecendo a seleção de novas linhagens homozigóticas, no caso de espécies autógamas.

MARANI (1967) estudou a heterose e a capacidade combinatória, em cruzamentos intra e interespecíficos em algodão, e observou que os efeitos da CGC foram mais pronunciados que os da CEC, e a magnitude dos resultados esteve, na maioria dos casos, de acordo com a performance dos progenitores. SILVA et alii (1985), também trabalhando com a cultura do algodão, e OLIVEIRA JÚNIOR et alii (1997), com a cultura do feijão, obtiveram os mesmos resultados, indicando que, na seleção de linhas para uso em combinações híbridas, maiores progressos podem ser alcançados se a primeira seleção for baseada na CGC das linhas, com posterior seleção guiada pelos efeitos específicos. CARVALHO et alii (1994) consideram que, ao trabalhar com material heterogêneo, é esperado que os efeitos da CGC sejam maiores que os da CEC.

No entanto, em trabalho com a cultura do arroz, CASTELLANOS & MUÑOS (1986) observaram que os valores dos efeitos da CGC para rendimento foram baixos e inferiores aos da CEC, indicando que para se obter bom rendimento nos híbridos deve-se dar maior importância aos cruzamentos específicos. Resultados semelhantes foram obtidos por AMARAL JÚNIOR et alii (1996) que observaram a predominância dos efeitos gênicos não-aditivos para o caráter produção média de frutos comerciáveis, na cultura do tomate, e por SALAZAR & VALLEJO (1990) que encontraram valores da CEC 4,14 vezes maior que o componente de variância devido a CGC, para o caráter produção por planta, na cultura do pimentão.

Estudos da capacidade combinatória em trigo, sob estresse salino, indicaram que tanto os efeitos da CGC quanto da CEC foram importantes para a maioria dos tratamentos, significando que a exploração de ambos os efeitos genéticos (aditivo e não-aditivo) são importantes para o incremento do rendimento de seus componentes (SINGH & CHATRATH, 1997).

2.2.1.1. CGC e CEC em café

A literatura disponível sobre CGC e CEC em cafeeiro, onde híbridos F_1 não são ainda explorados comercialmente, é escassa. CILAS et alii (1998) mostram que linhagens de café de baixo rendimento podem apresentar excelente performance como progenitores. Por outro lado, excelentes variedades podem ser péssimos progenitores. Por isso, tanto o estudo da CGC quanto da CEC são essenciais na escolha dos cruzamentos a serem realizados num programa de melhoramento.

BELLACHEW et alii (1993) estudaram a capacidade combinatória em cafeeiros Arábica e observaram que tanto a variância genética aditiva quanto a não-aditiva foram importantes no efeito controlador dos caracteres estudados. Entretanto, em todos os caracteres, a variância genética não-aditiva foi predominante. Os resultados sugeriram que a metodologia do melhoramento que pode explorar as vantagens dos efeitos genéticos aditivos e não-aditivos poderá ser mais efetiva para adquirir um aproveitamento máximo.

Estudos sobre a capacidade específica de combinação de híbridos de *C. canephora* foram realizados por FAZUOLI & CARVALHO (1987). Verificou-se que as melhores combinações foram as de Kouillou x Robusta, BP46 x Kouillou, Uganda x SA158 e a da progênie de polinização livre de Uganda1646-4. Os autores mencionaram o descarte de várias combinações híbridas, que nada produziram ou produziram poucas sementes, que germinaram mal; sendo este fato atribuído à auto-incompatibilidade típica da espécie *C. canephora*.

2.3. Heterose

Há muito tempo o vigor híbrido ou heterose já vem sendo um dos assuntos mais intensamente estudados, acumulando considerável conhecimento teórico e prático que permitiram destacar a sua importância em programas de melhoramento genético, além de tornarem viável o desenvolvimento e a produção de sementes de cultivares híbridas de

primeira geração, em escala comercial, de um grande número de espécies economicamente importantes.

Como o próprio nome – vigor híbrido – indica, o que caracteriza a utilização da heterose é o aproveitamento, na geração F_1 , das qualidades exibidas pelo híbrido. Embora a semente híbrida deva ser continuamente obtida em cada geração, pois a sua descendência é sempre inferior, a utilização da heterose ou da geração F_1 tem várias vantagens (PATERNIANI, 1975). Em geral, os híbridos F_1 apresentam homeostase, isto é, menor interação genótipo-ambiente, possibilitando melhor adaptação e produção mais estável quando variam anos e locais (MIRANDA & COSTA, 1988).

O efeito principal esperado na heterose está relacionado a um aumento substancial na produtividade e, sem dúvida alguma, o maior impacto produzido pela sua utilização foi na produção do milho híbrido, que, a partir da década de 20, começou a ser extensamente utilizado nos Estados Unidos e, mais tarde, em outros inúmeros países, sendo natural, portanto, que dados mais amplos sejam mais disponíveis para milho do que para outra cultura (PATERNIANI, 1975).

Apesar da maior ênfase nos estudos de heterose ter sido dada às espécies alógamas, onde a heterose é explorada comercialmente, têm crescido as atenções dadas às espécies autógamas, motivada em parte pela possibilidade do desenvolvimento de sistemas efetivos para exploração comercial da heterose via híbridos F_1 também nestas espécies e pelo potencial da utilização dos dados de rendimento de híbridos F_1 e outros materiais em gerações iniciais, permitindo ao melhorista dar prioridade aos melhores cruzamentos (SARAWAT et alii, 1994).

O fenômeno da heterose foi observado há mais de dois séculos, porém o termo heterose foi originalmente proposto por G.H. Shull, em 1908, para descrever o vigor de híbrido manifestado em gerações heterozigotas, derivadas do cruzamento entre duas linhagens endogâmicas de milho. O vigor híbrido era correlacionado com o grau de dissimilaridade entre os gametas. Segundo Shull, a maior diferença na união dos gametas, até um certo limite, aumenta o estímulo ou vigor. (JOSÉ, 1992; CARBONERA, 1990).

Em 1912, East e Hayes enfatizaram o valor prático da heterozigidade. Consideravam a ação acumulativa de genes dominantes favoráveis como suficiente para explicar a maior parte do vigor híbrido (CARBONERA, 1990).

A heterose tem sido considerada como a expressão fenotípica dos efeitos genéticos da hibridação entre indivíduos com genótipos diferentes, sendo que sua intensidade de manifestação é variável. Várias hipóteses foram elaboradas procurando explicar tal fenômeno, destacando as teses da dominância e sobredominância.

A teoria da dominância proposta por Davenport, em 1908, e por Bruce e Keable & Pellew, em 1910, afirma que o vigor híbrido resulta da ação e interação de alelos dominantes. Indivíduos normais de uma população alógama apresenta genes deletérios recessivos em heterozigose. Sendo recessivos, não se manifestam. Pela endogamia, entretanto, há oportunidade de aparecimento de recessivos homozigotos, resultando então em indivíduos pouco viáveis. Pelo cruzamento entre indivíduos endogâmicos diferentes (diferentes linhagens), restaura-se o vigor, pois as linhagens são homozigotas para diferentes genes recessivos. Nesta teoria, considera-se que a ocorrência de alelos dominantes conduz ao melhor desenvolvimento e expressão do genótipo. A segunda teoria, proposta quase que simultaneamente por Shull e por East, em 1908, considera que a condição heterozigota por si só confere maior vigor do que qualquer condição homozigota, ou seja, supõe a existência de alelos divergentes no mesmo loco, nos quais o heterozigoto é superior aos dois homozigotos e que o vigor aumenta proporcionalmente à quantidade de heterozigose e excede o valor possível de ser obtido com dominância completa. Mais tarde, Gardner e colaboradores foram capazes de mostrar que a dominância é a principal causa da heterose (PATERNIANI, 1975; JOSÉ, 1992). Segundo FEHR (1987), a teoria da dominância tem consideráveis explicações porque se baseia em níveis de dominância que tem sido amplamente observada em caracteres quantitativos. Atualmente, há tendência em se aceitar as duas teorias, podendo a heterose ser o produto da interação das duas formas (CARBONERA, 1990).

Segundo CRUZ & REGAZZI (1994), o melhor híbrido é aquele que apresenta a maior estimativa da capacidade específica de combinação e que pelo menos um dos pais possui alta estimativa da capacidade geral de combinação.

Freqüentemente, o grau de vigor híbrido de um caráter é expresso em três bases: a) em termos da percentagem em relação à média dos progenitores, b) em relação ao melhor progenitor (conhecido pelo termo heterobeltiose, dado por Paison e Atkins, citados por SILVA et alii, 1985) ou em relação ao melhor cultivar em uso (heterose padrão).

O valor obtido é freqüentemente expresso em porcentagem, eliminando, assim a unidade usada para a determinação do caráter. Do ponto de vista prático, tem interesse o vigor do híbrido quando este é superior ao pai superior (heterobeltiose). Freqüentemente, um cruzamento pode exibir heterose, por ser mais produtivo do que a média dos pais, porém, se não for superior a um dos progenitores, pode não ter interesse prático (PATERNIANI, 1975).

CARBONERA (1990) alerta que, apesar da utilização de híbridos ter se expandido largamente, esta técnica apresenta algumas restrições. Isto porque diversos fatores influem para a obtenção de sementes híbridas com características agrônômicas capazes de trazer vantagens sócio-econômicas com sua utilização. Por isso, ao se estudar o valor da heterose na produção, os progenitores utilizados devem possuir adaptação comprovada às condições de ambiente, pois a heterose não depende exclusivamente da combinação dos progenitores, mas sua manifestação depende também dos efeitos do ambiente (DWIVEDI et alii, 1998). Conforme SHEEREN et alii (1995), a manifestação intensa do vigor híbrido só poderia ocorrer em condições de adequada tecnologia, comprovando a grande influência exercida pelo ambiente sobre a manifestação fenotípica de um genótipo qualquer.

STARMER et alii (1998), trabalhando com a cultura da canola, observaram valores superiores da heterose média para rendimento em híbridos F₁ em casa de vegetação (25%) comparados àqueles obtidos no campo (13%). A maior heterobeltiose para rendimento (37,2%) também foi

obtida em condições controladas, sendo de 20,1% a maior heterobeltiose obtida no campo.

No entanto, na cultura da ervilha, SARAWAT et alii (1994), observaram que o nível de heterose para rendimento em condições de ambiente pobre foi maior do que aquele obtido em boas condições. Quase a totalidade dos híbridos F_1 apresentou heterose, cujos valores chegaram a até 103%, para rendimento de grãos. Para a mesma característica, encontraram valores de heterobeltiose de até 58%.

Além disso, MIRANDA et alii (1988) recomendam estudos de distância genética dos progenitores baseada num conjunto de caracteres quantitativos para auxiliar em programas de melhoramento genético. Isto porque, dependendo da espécie, pode existir relação entre a expressão da heterose e a divergência genética dos progenitores. Ou seja, a maior divergência genética, até um limite, pode expressar maior heterose.

O estudo da divergência genética entre cultivares tem sido utilizado para prever o comportamento heterótico dos descendentes, assim como para avaliar as potencialidades de populações segregantes. A crescente utilização da divergência genética na escolha de progenitores, no entanto, tem demonstrado que existe comportamento diferenciado entre as relações de divergência e de heterose, dependendo da espécie utilizada, bem como dentro da mesma espécie (CARBONERA, 1990).

Há muito, têm sido observado em várias espécies de plantas que cruzamentos entre progenitores geneticamente divergentes exibem maiores heteroses que cruzamentos entre progenitores do mesmo grupo (MILLER & MARANI, 1963); sendo a diversidade genética entre progenitores, fator de importância no vigor híbrido resultante.

Portanto, nem todas as combinações híbridas exibem heterose, o que pode ser facilmente entendido, já que quanto mais geneticamente distintos forem os progenitores, maior probabilidade de contribuir com alelos diferentes, resultando em maior heterozigosidade no híbrido, e assim obter maior vigor, quer devido a heterozigosidade por si (genes heteróticos), quer devido à complementação dos genes para vigor (genes dominantes ou parcialmente dominantes). De outro lado, progenitores aparentados terão muitos alelos em comum, reduzindo assim as possibilidades de heterose.

Por isso, na escolha de linhagens e ou cultivares para hibridização, devem ser cuidadosamente escolhidas as que apresentarem divergências genéticas entre si e caracteres altamente desejáveis (PATERNIANI, 1975; GALVÊAS, 1988).

Apesar de BLANDÓN (1991) citar que, em diversas características do feijão, a diversidade genética dos progenitores foi associada com a heterose das progênies, HAZRA et alii (1993) observaram que cruzamentos entre progenitores extremamente divergentes de feijão caupi não resultaram em combinação heterótica, enquanto cruzamentos envolvendo progenitores com baixa divergência genética apresentaram heterobeltiose não apenas para o rendimento de vagens, mas também para todos os quatro componentes do rendimento estudados. Os autores comentam que a divergência entre progenitores pode não servir como parâmetro confiável para prever a heterose; por outro lado, qualquer que seja a natureza da divergência genética (alta ou baixa), os efeitos positivos da capacidade específica de combinação dos cruzamentos continua a manter elevada expressão heterótica para diferentes caracteres.

Embora a diversidade genética (diferenças nas frequências gênicas) entre os pais seja necessária para manifestar heterose no híbrido, a recíproca não é verdadeira. Isto é, falta de resposta heterótica não significa necessariamente falta de divergência genética (PATERNIANI, 1975; BRAZ, 1982).

MARTINEZ et alii (1988), citam trabalhos que indicaram que a heterose, obtida com base na média dos pais, aumentou à medida que a diversidade genética entre os progenitores foi incrementada. A menor heterose foi encontrada entre variedades de uma mesma região. Em outro trabalho, a heterose aumentou com a diversidade genética até um certo nível de divergência e quando se tinha cruzamentos extremamente divergentes, a heterose diminuía.

PATERNIANI (1975) cita vários trabalhos que comprovam que a heterose aumenta com a diversidade genética até certo ponto, além do qual subsequente aumento de diversidade genética resulta em decréscimo nos

valores de heterose e que em certos casos, entretanto, híbridos de milho heteróticos foram obtidos com linhagens provenientes da mesma fonte varietal.

Este limite da heterose devida à divergência genética, em milho, foi observado também por PRASAD & SINGH (1986). Os autores observaram que magnitude da heterose para rendimento de grãos e seus componentes foi maior em cruzamentos entre progenitores com divergência moderada (intermediária) que entre progenitores com elevada divergência. O cruzamento que apresentou maior heterose para rendimento de grãos possuía divergência genética intermediária; enquanto o cruzamento que apresentava a mais alta divergência genética não esteve no “ranking” dos 10 cruzamentos com as maiores heteroses. Os resultados indicaram que não apenas a divergência genética, mas também a alta performance *per se* deve ser levada em consideração na seleção de progenitores para hibridação.

BLANDÓN (1991) cita trabalhos que afirmam que a perda da heterose com o aumento da endogamia e o risco de produzir progênies menos adaptadas são maiores nos cruzamentos entre cultivares de origens geográficas diferentes, que produzem, comumente, progênies mais heteróticas. Sendo que a heterose das progênies responde diferencialmente ao aumento da endogamia, podendo decrescer, aumentar ou permanecer invariável. Assim, a heterose que não é reduzida pela endogamia é controlada, provavelmente, por genes complementares, com grandes efeitos aditivos. Como a heterose poder manifestar-se somente a partir da primeira geração de segregação, a possibilidade de alta retenção ou aumento da frequência dos heterozigotos, além de segregação transgressiva como consequência de genes de efeitos complementares reunidos por recombinação deve ser levada em consideração.

2.3.1. Heterose em café

O sucesso dos híbridos em culturas alógamas tem encorajado cada vez mais melhoristas a explorarem o fenômeno da heterose em culturas autógamias, como é o caso do café arábica. Mas, diferente das culturas alógamas, a biologia floral das plantas autógamias normalmente não permite

um alto nível de polinização cruzada para produção de sementes híbridas a custos competitivos, eficientes e seguro. Neste caso, o uso comercial da heterose em culturas autógamas tem proporcionado melhores resultados naquelas onde a hibridação é facilitada e onde ocorre grande produção de sementes num único fruto. No entanto, a lista de culturas nas quais tem sido estudado a manifestação da heterose, com elevados ganhos econômicos para a cultura estudada, é cada vez maior, incluindo plantas alógamas e autógamas.

Uma revisão sobre os programas de melhoramento de *C. canephora* e sua história no mundo, revela que o principal centro atual se encontra no grupo Madagascar – República da África Central – Costa do Marfim e que particular ênfase é dada ao programa de seleção recorrente recíproca, em Costa do Marfim, que utiliza o vigor híbrido expresso ao nível dos cruzamentos intergrupos entre “Guineanos” e “Congolese” (MONTAGNON et alii, 1998).

BELLACHEW et alii (1993) estudaram seis materiais silvestres de *C. arabica*, cruzados num dialeto parcial. Os híbridos F_1 e seus progenitores foram avaliados para sete caracteres vegetativos para obter estimativas da heterose e da capacidade combinatória. Os híbridos F_1 apresentaram heterose positiva em relação ao melhor progenitor para todas as características estudadas, com valores variando de 3 a 18%. Sendo que um dos cruzamentos apresentou heterose de 69% para volume de raiz. Em todos os caracteres estudados, as maiores heterobeltioses foram observadas em certos cruzamentos nos quais os progenitores possuíam locais de origem e caracteres morfológicos distintos.

Estudos realizados por KRUG & CARVALHO (1952), mostraram que cruzamentos entre plantas da mesma variedade (Bourbon) não resultaram na ocorrência da heterose e também não houve efeito desfavorável da autofecundação. Já, os cruzamentos entre plantas de variedades diferentes, parecem indicar a ocorrência de heterose; e os autores notaram que as plantas híbridas *maragogipe* x *bourbon* (F_1 fenotipicamente *maragogipe*) apresentaram tendência de produzir maior quantidade de frutos.

VAN DER VOSSSEN (1985) mostra evidências consideráveis do vigor híbrido devido ao efeito de genes epistáticos complementares, para rendimento, particularmente em híbridos F_1 , originados de cruzamentos entre variedades de origens diversas. O autor apresenta dados acumulados das três primeiras colheitas de variedades e híbridos F_1 de café arábica em duas densidades de plantio. Os híbridos F_1 produziram até 120% a mais que a média dos progenitores (Laurina x Híbrido de Timor), para a densidade de 3.333 plantas/hectare, e até 109% a mais (SL28 x Rume Sudan), para a densidade de 6.667 plantas/hectare. As melhores produções, no entanto, foram obtidas pelos híbridos “Pandang” x “SL34” (15,4% de heterose) e “Pandang” x “Erecta” (38% de heterose), para a menor e a maior densidade de plantio, respectivamente. Entre as variedades, “Pandang” foi a mais produtiva nas duas densidades estudadas.

SRINIVASAN & VISHVESHWARA (1978) estudaram a heterose para rendimento de grãos em treze cruzamentos entre sete progenitores em *C. arábica* durante seis colheitas. Com relação à média das seis colheitas, cinco cruzamentos apresentaram heterose positiva em relação à média dos pais, e sete cruzamentos apresentaram heterobeltiose. Os autores encontraram valores de heterose de até 183,3 % em relação à média dos progenitores e de até 100,41 % em relação ao melhor progenitor, no F_1 obtido do cruzamento entre *Agaro* x *2045*. Tanto o progenitor *Agaro* quanto o *Choeche*, que fez parte do cruzamento que apresentou a segunda melhor heterose, foram diretamente introduzidos da Etiópia. Os híbridos F_1 mais heteróticos possuíam, também, excelente estabilidade; com possibilidade de aumento na produção e aquisição de rendimentos estáveis em café arábica.

ARAUJO NETTO & PEREIRA (1980) estudaram cerca de 350 híbridos obtidos pelo cruzamento de cafeeiros selecionados dos cultivares Catimor, Híbrido de Timor e outros portadores de resistência à *H. vastatrix* com plantas de alta seleção dos cultivares Catuaí Vermelho e Amarelo. Os autores verificaram acréscimos de produção, a favor dos híbridos, da ordem de 30 a 80% para a maioria deles.

Comparando a produção dos híbridos F_1 com a produção da progênie da planta matriz mais produtiva que entrou na hibridação, FAZUOLI et alii (1980) notaram que

em três deles os híbridos produziram significativamente mais (20 a 27%).

CARVALHO et alii (1980) estudaram a hibridação no melhoramento de cafeeiros (*C. arabica*) de porte reduzido. Os híbridos F₁ foram analisados conjuntamente com algumas populações F₂, retrocruzamentos e progênes de algumas plantas matrizes que participaram das hibridações. As produções dos 14 híbridos F₁ que puderam ser comparados com as progênes das plantas matrizes que lhes deram origem revelaram-se predominantemente iguais ou intermediárias entre as dos pais ou pouco maior do que o pai mais produtivo em alguns híbridos, destacando-se, neste caso, as combinações entre Catuaí Vermelho (H2077-2-5-81) e plantas de Mundo Novo (CMP 376-4-3; MP 386-2-1) e de Acaiá (CP 474-4).

Em trabalho realizado por ARAUJO NETTO et alii (1982), visando à transferência dos fatores genéticos de resistência à ferrugem do cafeeiro para a cultivar Catuaí, foram sintetizados vários híbridos, através de cruzamentos das plantas resistentes com Catuaí e intercruzamentos de plantas resistentes, para associação de fatores de resistência. Verificou-se grande vigor vegetativo para a maioria dos híbridos, principalmente na fase de formação do talhão. Os dados de produção dos quatro primeiros anos mostraram que muitos híbridos exibiram heterose, uma vez que suas produções foram semelhantes ou superiores à produção da progênie S₁ do genitor mais produtivo. As combinações mais promissoras foram obtidas através dos cruzamentos de Catimor x Catuaí e Catindu x Catuaí.

Vários trabalhos desenvolvidos no *Institute of Agricultural Research*, em Jimma, Etiópia, mostraram que híbridos F₁ exibiram heterose e heterobeltiose positivas para os vários componentes do rendimento que foram estudados (AMEHA, 1983; AMEHA & BELLACHEW, 1985).

BELLACHEW (1997) estudou aproximadamente 2.789 acessos silvestres e exóticos de *C. arabica* provenientes da Etiópia, resultando em 279 materiais promissores. O autor relata a existência de heterose, obtidas em híbridos F₁, de 69% para características do grão e de 60% para produção.

ALVARADO & GUERRERO (1997) estudaram o comportamento de progênies de híbridos triplóides de *C. arabica* var. Caturra x (Caturra x *C. canephora*) em várias gerações e observaram que 79% das progênies apresentaram produção estatisticamente iguais a melhor testemunha, 42% delas produziram grãos com mais de 68% de café superior e 74% possuíam porcentagem de grãos similares às variedades comerciais. Além disso, 59% das progênies apresentaram altos níveis de resistência à ferrugem do cafeeiro. Ao considerar simultaneamente os caracteres de interesse agrônomo, foram selecionadas 19% das progênies avaliadas.

Apesar de vários trabalhos mostrarem a presença da heterose em café, com boas perspectivas de utilização, alguns outros autores não observaram este fato.

CARVALHO et alii (1978 e 1979), de modo geral, verificaram que os híbridos simples, entre plantas selecionadas de Mundo Novo e destas com Bourbon Amarelo, sintetizados pelo método de cruzamento em cadeia, bem como os híbridos duplos, não se mostraram mais produtivos do que as progênies de Mundo Novo. Os autores, no entanto, citam trabalhos em que a heterose dos híbridos foi significativa e acredita que a heterose talvez esteja presente com maior frequência em hibridações envolvendo material filogeneticamente mais distante, como o oriundo da Etiópia quando cruzado com material selecionado.

BEGAZO (1979) relata que sucessivas autofecundações nas variedades de *C. arabica* (Bourbon, Típica, Maragogipe) não diminuem o vigor vegetativo das plantas e que os híbridos não apresentam heterose, quanto ao aspecto vegetativo e à produção.

Deve-se, no entanto, lembrar que em muitos programas de melhoramento, a heterose tem sido obtida de uma maneira bastante aleatória, sem a importância devida ao aspecto da capacidade combinatória dos progenitores. Grande número de cruzamentos é realizado mais ou menos ao acaso, sendo a seguir testados para detectar os mais heteróticos. Em consequência, depois dos primeiros sucessos, um limite é logo atingido, além do qual é difícil progredir se não houver um estudo preliminar dos progenitores. Sem o concurso de métodos que aumentam a frequência de genes favoráveis nas populações básicas, a heterose só utilizará uma parte dos genes úteis existentes na espécie.

2.4. Aplicação de biotecnologia como auxílio na obtenção de híbridos

A introgressão de genes favoráveis, visando, principalmente a resistência à doença e o vigor vegetativo, aliados ao elevado rendimento, muitas das vezes encontra barreiras sexuais intrínsecas às espécies estudadas. Além disso, vários ciclos de autofecundações e retrocruzamentos são necessários para eliminar genes deletérios e combinações gênicas indesejáveis; resultando na exigência de vários anos para se atingir o objetivo do programa de melhoramento, principalmente em espécies perenes, caso do cafeeiro. Os recentes avanços na genética celular e molecular, quando combinados com o melhoramento convencional, pode trazer resultados satisfatórios. Suspensões celulares têm sido desenvolvidas para seleção *in vitro* e rápida propagação clonal do cafeeiro. Estes avanços permitirão melhores resultados através da engenharia genética. Portanto, a integração dessas tecnologias poderá reduzir também o tempo de obtenção de novos cultivares. (SONDAHL & LOH, 1988).

Nos últimos anos, tem-se verificado um crescente interesse pela regeneração de plantas oriundas de culturas de tecidos de vários órgãos. Em café, conseguiu-se a regeneração com base em calos formados em discos de folhas. A regeneração é lenta e as plantas obtidas são fenotipicamente normais. Também se obteve a brotação *in vitro* de gemas axilares de ramos ortotrópicos, método que poderá ser aplicado na multiplicação vegetativa de plantas de interesse econômico. A recuperação

de plantas a partir de embriões mal desenvolvidos de híbridos interespecíficos também foi conseguida. A cultura de tecidos, aplicada principalmente para a multiplicação de determinadas combinações genéticas, oferece perspectivas de emprego em larga escala. Variações somaclonais poderão contribuir para maior variabilidade genética de *C. arabica*, o que é de interesse para fins de melhoramento (CARVALHO & FAZUOLI, 1993).

Assim, no caso do cafeeiro, devem-se buscar novas alternativas de exploração da heterose. A biotecnologia através do estudo da clonagem pode ser uma excelente alternativa, à semelhança do que acontece com a cultura do Eucalipto. Nesta cultura, a combinação das novas biotecnologias com o melhoramento convencional têm resultado em excelentes resultados (PENCHEL et alii, 1993).

O vigor híbrido observado em *C. arabica* é explorado como parte da estratégia do melhoramento iniciado na América Central utilizando micropropagação dos híbridos de elevada performance (CILAS et alii, 1998).

As técnicas de micropropagação, já utilizadas no Leste da África e América Central, poderão ajudar em muito a propagação dos híbridos mais rapidamente. A descoberta de progenitores macho-estéreis também pode ser explorada para a produção de sementes híbridas e a transformação genética pode ter um importante papel na introdução de genes para resistência das plantas a insetos e doenças (SASSON, 1997).

A ocorrência de macho-esterilidade já foi observada em plantas de *C. arabica* originárias da Etiópia e em algumas combinações híbridas obtidas de Portugal. Grãos de pólen de mais de 200 cafeeiros foram examinados e colocados para germinar. Em seis plantas não foram encontrados grãos de pólen na parte interna nem externa das anteras. Esta condição de macho-

esterilidade poderá ser utilizada na produção futura de sementes híbridas de café (CARVALHO, 1988).

SRINIVASAN (1995) relata que a produção de sementes de híbridos F_1 é uma possibilidade, que vem sendo utilizada pela sua equipe, com o uso de gameticidas. O autor considera como ponto de estrangulamento a obtenção da uniformidade na população F_1 e acredita que as técnicas de cultura de tecidos para propagação em massa de materiais elite pode ser uma grande alternativa. Neste caso, o convênio realizado com empresas privadas de cultura de tecidos, tem apresentado resultados satisfatórios.

BERTRAND et alii (1997) iniciaram desde 1992 um trabalho com cruzamentos entre variedades tradicionais (Caturra, Catuai), alguns híbridos derivados do Híbrido de Timor (Catimor, Sarchimor) e cafeeiros originais da Etiópia e Sudão. O objetivo do trabalho é aumentar a adaptabilidade e produtividade das variedades e incorporar resistência à ferrugem e nematóides, sem a queda da qualidade ou da produção e a multiplicação in vitro, através da embriogênese somática, dos híbridos F_1 selecionados, no intuito de reduzir o ciclo de seleção de 30 para 10 anos. Os primeiros resultados, de observações do crescimento, produtividade e fertilidade iniciadas em dois experimentos de campo mostram que os híbridos F_1 foram mais vigorosos e produtivos que as melhores variedades existentes. O vigor híbrido, calculado em relação ao pai superior, freqüentemente supera 30% do rendimento.

2.5. Uso de marcadores moleculares no melhoramento de plantas

O melhoramento genético tem influenciado de maneira decisiva no incremento da adaptabilidade e produtividade dos cultivos; entretanto para a

eficiente obtenção de ganhos genéticos no melhoramento é necessário um conhecimento detalhado da constituição genética das espécies.

Na implantação de um programa de melhoramento, uma das principais necessidades do melhorista é a capacidade de identificar genótipos superiores em uma população segregante. O conhecimento das relações genéticas e a capacidade geral e específica de combinação entre os indivíduos, como discutido anteriormente, é essencial para a seleção de genitores. Enquanto o aspecto da escolha de genitores é determinante do potencial máximo de progresso genético em plantas autofecundadas, o segundo aspecto, referente aos mecanismos de herança, possibilitará a obtenção deste potencial máximo.

Os caracteres de herança qualitativa, os quais são menos influenciados pelo efeito de ambiente, são mais simples de praticar a seleção; por outro lado, as expressões dos caracteres quantitativas são mais afetada pelo ambiente, o que dificulta a identificação de indivíduos geneticamente superiores. Assim, os marcadores genéticos poderão auxiliar na identificação de indivíduos através de suas diferenças genéticas.

Marcadores genéticos são caracteres com mecanismo de herança simples que podem ser empregados para avaliar diferenças genéticas entre dois ou mais indivíduos. Estes marcadores podem ser divididos em morfológicos e moleculares (enzimáticos e de DNA). Os marcadores de DNA poderão contribuir para incrementar a eficiência do melhoramento de plantas através do mapeamento de espécies de interesse e de caracteres agronômicos. Além disso, diversos autores têm comprovado a sua eficiência em caracterizar e agrupar genótipos diferentes de várias espécies com bastante precisão (BERED et alii, 1997).

Com a introdução de técnicas de genética molecular no início da década de 80, os estudos de identificação, caracterização e mapeamento genético estão sendo realizadas com maior segurança, rapidez e eficiência. A utilização de marcadores moleculares possibilitará a avaliação da variabilidade genética existente dentro e entre espécies distintas. Da mesma forma, as técnicas de mapeamento serão influenciadas positivamente pela utilização deste tipo de marcador genético, sendo que novos alelos provenientes de espécies evolutivamente relacionadas também poderão ser

incorporados aos programas de melhoramento. Portanto, o emprego das técnicas, juntamente com os conhecimentos de genética quantitativa e de condução de populações segregantes, permitirá a criação e o desenvolvimento de novos genótipos, onde o potencial genético de cada espécie será maximizado (BERED et alii, 1997).

A tecnologia de marcadores moleculares viabiliza a caracterização genética de grande número de genótipos através de procedimentos relativamente simples e rápidos. Com o auxílio destas técnicas serão possíveis progressos intensos na seleção de genitores com capacidade específica e geral de combinação para o desenvolvimento de populações superiores. Da mesma maneira, este tipo de tecnologia poderá auxiliar na detecção de marcadores para genes de interesse agrônomico. Como consequência, a seleção de genitores superiores em programas de melhoramento poderá ser realizada de forma objetiva e precisa, determinando a formação de populações segregantes com alta frequência de genótipos superiores.

Dentre os marcadores moleculares de DNA, a técnica de polimorfismo de segmentos de DNA amplificados ao acaso (RAPD), desenvolvida independentemente por Williams et alii e por Welsh & McClelland, é uma das opções disponíveis (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1996). A análise de RAPD (*Random amplified polymorphism DNA*) envolve o emprego de uma tecnologia denominada de Reação de Polimerização em Cadeia (PCR-Polymerase Chain Reaction). O PCR está baseado na amplificação enzimática de um fragmento de DNA flanqueado por *primers* hibridizados em fitas de DNA opostas. Ciclos repetidos de desnaturação, anelamento dos *primers* e extensão do DNA resultam na amplificação do fragmento alvo. Os *primers* são oligonucleotídeos de até 20 ou 25pb que servem de iniciação para a síntese de DNA pela enzima Taq polimerase. A técnica de RAPD está caracterizada pela utilização de *primers* ao acaso com tamanho ao redor de 10pb; desta maneira, sempre que o genoma do indivíduo a ser analisado apresentar uma seqüência de nucleotídeos correspondente ao do *primer*, o processo de amplificação será iniciado, sendo que diferenças ao nível de DNA são inferidas pela presença ou ausência de um determinado fragmento amplificado.

Os marcadores RAPD consistem, basicamente, na extração de DNA de indivíduos, na amplificação (ou não amplificação) de fragmentos de DNAs pela técnica de PCR, na separação de fragmentos amplificados de comprimentos diferentes por eletroforese em gel de agarose e na visualização de bandas correspondentes às regiões amplificadas do genoma (*loci* de RAPD) por meio de coloração dos fragmentos de DNA com brometo de etídio, diretamente no gel. Os polimorfismos são identificados como fragmentos de DNA amplificados a partir de um indivíduo e não amplificados a partir do outro, que resultam em presença ou ausência de banda no gel (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1996).

Um dos principais problemas da técnica RAPD está na padronização das condições de amplificação (PENNER et alii, 1993; SKROCK & NIENHUIS, 1995). Na avaliação da repetibilidade de ensaios de RAPD, em termos de fragmentos amplificados, PENNER et alii (1993), verificaram grande variabilidade de ensaios de RAPD quando diferentes termocicladores foram utilizados, principalmente em razão de variações de temperatura. Os autores observaram que a variabilidade era reduzida com a padronização das condições da reação de amplificação. SKROCK & NIENHUIS (1995) concluíram que as diferenças na reprodutividade dos resultados e erros de leitura das bandas não afetaram a estimativa da distância genética entre as variedades de feijão estudadas, pois a distribuição de erros de leitura entre os genótipos foi aleatória. Esses mesmos autores também verificaram que houve variação entre os iniciadores quanto a reprodutividade dos resultados e sugeriram como estratégia para melhoria dos dados, uma pré-seleção de iniciadores.

Estudos recentes têm demonstrado que os marcadores de DNA podem ser de grande valor para caracterização, análise e utilização de recursos genéticos de café (TEIXEIRA et alii, 1999a; TEIXEIRA et alii, 1999b; LASHERMES et alii, 1996; OROZCO-CASTILLO et alii, 1994).

Paralelamente aos programas de melhoramento do cafeeiro, foram implantadas no Brasil bancos de germoplasma em instituições como o IAC, a UFV e o IAPAR, com o objetivo de coletar, caracterizar e conservar o máximo de variabilidade genética, fundamental para o sucesso dos referidos programas. O banco de germoplasma da UFV / EPAMIG foi implantado a

partir da década de 70 e está atualmente em fase de reorganização, possuindo um programa de pesquisa, em andamento, visando a caracterização da variabilidade genética por meio de marcadores de DNA.

Considerando que o café é uma cultura perene, de ciclo longo e que o melhoramento é efetuado ao longo de várias gerações de autofecundações ou retrocruzamentos, com avaliações em várias safras numa mesma geração, o desenvolvimento de variedades melhoradas é bastante demorado. Desta forma, torna-se urgente a incorporação de técnicas avançadas de biotecnologia aos métodos tradicionais de melhoramento, como já vem acontecendo em vários países que têm usado largamente os marcadores de DNA em estudos com plantas (TANKSLEY & RICK, 1980; TANKSLEY et alii, 1981).

Os estudos com marcadores de DNA são, sob vários aspectos, muito superiores aos marcadores genéticos clássicos, por apresentarem herança mendeliana simples, ausência de efeitos de epistasia e por resultarem de estudos com o próprio DNA (genótipo) e não com seus produtos (fenótipos), apresentando resultados experimentais consistentes, independentes das condições de ambientes, da área de localização na planta, ou do estágio de desenvolvimento das plantas amostradas. As avaliações com marcadores de DNA podem, por exemplo, ser realizadas em estádios iniciais de desenvolvimento da planta, ou até mesmo na semente, apresentando resultados idênticos aos que seriam obtidos na fase adulta. Além disso, por ser uma planta perene, os genótipos a serem comparados, muitas vezes, podem ter idades diferentes e estarem localizados em ambientes distintos e, mesmo assim, os resultados de marcadores podem ser comparados. Sobretudo, os marcadores de DNA podem ser obtidos em grande número (milhares), possibilitando a obtenção de *fingerprinting* detalhado, útil para o estudo de diversidade genética, mapeamento genético, ligação gênica, programas de melhoramento por retrocruzamento etc... (OPENSHAW et alii, 1994; PARAN & MICHELMORE, 1993; PATERSON et alii, 1990; TANKSLEY et alii, 1982; WELSH et alii, 1991; WILLIAMS et alii, 1990).

A seleção indireta de plantas assistida por marcadores moleculares é uma metodologia que tem alcançado êxitos. Esta metodologia consiste na

seleção para um caráter que está associado com o outro a ser melhorado e é vantajosa quando a herdabilidade do caráter indireto e a correlação com o caráter alvo são elevadas. A seleção assistida por marcadores moleculares é uma forma de seleção indireta no qual o caráter indireto apresenta herdabilidade igual a 100%, uma vez que marcadores moleculares não são influenciados pelo ambiente. Além disso, o número de anos necessários para o processo de seleção também poderá ser reduzido drasticamente, uma vez que vários ciclos de seleção poderão ser praticados a cada ano, visto que a seleção com marcadores moleculares independe do ambiente. Outro ponto a ser considerado é a ausência de epistasia em marcadores moleculares, o que poderá possibilitar a seleção para vários caracteres ao mesmo tempo. Por outro lado, para o emprego da seleção assistida por marcadores moleculares é necessário o mapeamento de caracteres de interesse agrônomico de forma a maximizar a correlação genética, tratando-se de um procedimento demorado e com utilização de tecnologia de alto custo (BERED et alii, 1997).

Apesar das vantagens dos sistemas MAS (Marker Assisted Selection), é necessário identificar, espécie por espécie, os parâmetros a serem modificados assim como os marcadores moleculares a serem utilizados.

Certamente com o crescente desenvolvimento de técnicas cada vez mais eficientes e precisas de genética molecular e de estatística, os marcadores poderão desempenhar um papel fundamental na seleção assistida e na clonagem de genes de interesse, beneficiando diretamente a biologia básica e indiretamente os melhoristas, facilitando o processo de seleção e tornando possível o aumento da produtividade da cultura.

A utilização de marcadores moleculares em café, já tem dado grandes contribuições aos estudos sobre a caracterização, análise e utilização de recursos genéticos desta cultura (LASHERMES et alii, 1993, 1995 e 1996).

OROZCO-CASTILLO et alii (1994) concluíram que os marcadores RAPD são eficientes para a obtenção de *fingerprinting* de acessos de café, sendo muito útil nos estudos de variabilidade, identificação de acessos duplicados em coleções, estabelecimento de *core collection* e melhoramento

por retrocruzamento assistido por marcadores, como a transferência de genes de resistência à ferrugem do Híbrido de Timor para as variedades comerciais através do retrocruzamento e utilização dos marcadores RAPD para prever a performance de híbridos F_1 .

A UFV / EPAMIG possui, em andamento, um programa de melhoramento visando resistência à ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). Com a utilização das técnicas de marcadores de DNA, haverá possibilidade de reduzir o tempo necessário em virtude da rápida identificação de plantas geneticamente superiores em cada geração, reduzindo, assim, o tempo necessário para a obtenção de linhagens melhoradas, além de diminuir o tamanho da população a ser conduzida em cada geração. O uso de marcadores de DNA pode facilitar a avaliação da diversidade genética entre os acessos de café e auxiliar na escolha de progenitores dos programas de melhoramento por hibridação, possibilitando a obtenção de novas cultivares, resistentes à ferrugem, num menor período de tempo.

2.6. Melhoramento visando resistência à ferrugem alaranjada do cafeeiro

A ferrugem alaranjada do cafeeiro, causada por *Hemileia vastatrix*, é considerada uma das principais doenças na cafeicultura mundial. Ela foi constatada em cafeeiros silvestres, em 1861, na região do Lago Vitória, Província de Nyanza, Quênia. O primeiro relato de danos de importância econômica ocorreu em 1869, na Srilanka. No século XIX, as variedades cultivadas possuíam uma produção potencial de 0,3 a 0,8 (Typica) e 0,6 a 1,2 toneladas por hectare (Bourbon). Mas, com o aparecimento da ferrugem, houve uma queda na produtividade de 30 a 50%, sendo as áreas de média e baixa altitudes as mais afetadas. No continente americano, após a sua constatação, em janeiro de 1970, na Bahia, o fungo disseminou-se rapidamente por toda a região cafeeira brasileira e, em seguida, por todos os países cafeicultores nas Américas do Sul, Central e do Norte. A ferrugem do cafeeiro está presente em todas as regiões do mundo, onde o café é cultivado, causando, anualmente, prejuízos da ordem de 1 a 2 bilhões de

dólares à cafeicultura mundial (KUSHALAPPA & ESKES, 1989; CARVALHO, 1988; CHAVES et alii, 1970; PEREIRA, 1985; SASSON, 1997).

Atualmente, no Brasil, onde grande parte dos cafeicultores não adota medidas de controle da ferrugem e entre aqueles que a realizam, a maioria não consegue controlar integralmente a doença, pode-se prever redução na produção anual brasileira de 5 milhões de sacas de café beneficiado, o que equivale a um prejuízo da ordem de 500 milhões de dólares para os cafeicultores brasileiros, sem considerar os gastos efetuados com fungicidas, equipamentos e mão-de-obra por aqueles que praticam o controle químico da doença (PEREIRA, 1995).

A ferrugem é causada por um fungo parasita obrigatório que ataca as folhas do cafeeiro, apresentando intensa esporulação, causando queda precoce das folhas e seca de ramos laterais, afetando o crescimento, o florescimento, o pegamento de frutos e conseqüente redução da produtividade da planta; além disso, a debilidade causada à planta a torna mais suscetível a outras pragas e doenças. Desfolhas repetidas abreviam a vida útil da lavoura e a tornam gradativamente antieconômica.

Os esporos são disseminados a longas distâncias pelo vento, por insetos e pelo homem e outros animais. A curta distância, planta a planta ou folha a folha, os esporos são disseminados eficientemente pelas gotas de chuva. Os fatores climáticos favoráveis à doença são: temperatura na faixa de 20 a 24^oC; umidade, necessária à germinação dos esporos, e os ambientes sombrios.

A queda de produção devido à enfermidade varia em função da intensidade de ataque e da condição da lavoura, capacidade de recuperação, carga pendente, tratos culturais, estado nutricional etc. Entretanto, observa-se sempre uma correlação negativa entre a intensidade de ataque em um ano e a produção do ano seguinte (ACUÑA et alii, 1995; ZAMBOLIM et alii, 1995).

Vários autores já comprovaram a eficiência do controle químico da ferrugem na produção do cafeeiro (FIGUEIREDO et alii, 1987; SILVA et alii, 1998; ACUÑA et alii, 1997; SILVA et alii, 1997). Todavia, esse controle pode tornar-se excessivamente dispendioso, aumentando, de forma sensível, os custos de produção, pois o efeito da ferrugem na produção é gradativo e os

custos do controle químico aumentam à medida que se propaga a enfermidade. A melhor alternativa seria a utilização de cultivares portadores de fatores de resistência à doença, onde os cultivares suscetíveis poderiam ser substituídos por linhagens com as mesmas características de adaptação às diversas regiões cafeeiras, mas com a vantagem de serem portadoras de fatores genéticos que conferem resistência ao maior número de raças deste fungo.

Várias linhagens de Catimor em gerações avançadas, com resistência genética às raças de *H. vastatrix*, vêm mostrando boas performances produtivas comparada ao Catuaí (ZAMBOLIM, 2000).

Vários são os fatores genéticos que conferem resistência a grupos de raças fisiológicas do fungo. Alguns foram observados em plantas oriundas da Etiópia, enquanto outros devem ter sido transferidos para *C. arabica* a partir de espécies diplóides (CARVALHO et alii, 1977)

Estudos sobre a resistência à ferrugem, que tiveram início no princípio deste século, na Ásia e África, receberam grande impulso a partir de 1953 com a criação do CIFC (Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro), em Oeiras, Portugal, que tem conduzido pesquisas básicas essenciais no campo da especialização fisiológica de *H. vastatrix* e, entre outros campos de pesquisas, na detenção de fontes de resistência à doença (PEREIRA, 1985).

A introdução da ferrugem no Brasil veio modificar, em parte, o plano geral de melhoramento. Tornou-se prioritária a incorporação de fatores genéticos que conferem resistência a *H. vastatrix* aos cultivares existentes ou o desenvolvimento de outros cultivares, principalmente através de hibridações interespecíficas, particularmente com a espécie *C. Canephora* (CARVALHO, 1986).

A importância econômica da doença, portanto, é o maior estímulo à utilização de cultivares resistentes para se evitar ou, pelo menos, minimizar os prejuízos; além de reduzir a contaminação do ambiente, por possibilitar a diminuição do uso de agroquímicos na cafeicultura. Atualmente, as principais instituições de pesquisa do cafeeiro no mundo mantêm importantes trabalhos buscando fontes de resistência à ferrugem (PEREIRA, 1995).

Em 1960, dentro de um projeto visando a transferência de fatores de resistência à *H. vastatrix* para as principais cultivares de *C. arabica*, iniciou-se no CIFIC o estudo de numerosas populações resultantes do cruzamento de plantas de diferentes fontes de resistência às raças fisiológicas do fungo com cafeeiros dessas cultivares. Sementes da geração F₁ dos cruzamentos e da geração F₂ de plantas selecionadas nas populações F₁ foram enviadas, a partir de 1966, para o Instituto de Investigação Agronômica de Angola (IIAA) e Instituto do Café de Angola (ICA) e ali incluídas em ensaios de adaptação e produtividade. Em 1971, progênies F₂ e F₃ desses híbridos selecionadas nos IIAA e ICA foram introduzidas no Brasil e submetidas a ensaios nos Campos experimentais da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e Instituto Brasileiro do Café (IBC) (BETTENCOURT, 1981).

Assim como no CIFIC, no Centro Nacional de Investigação de Café, CENICAFÉ, na Colômbia, vários trabalhos que buscam a transferência dos genes de resistência à *H. vastatrix*, encontrado no Híbrido de Timor, para variedades comerciais, vêm sendo realizados.

No Brasil, destaca-se o trabalho do Instituto Agronômico de Campinas com o lançamento da cultivar Icatu, e do Instituto Agronômico do Paraná que lançou a cultivar IAPAR 59, ambas resistentes à ferrugem. Além desses, deve-se destacar o programa de melhoramento que vem sendo desenvolvido pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa e pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, desde 1972, aonde as populações de Catimor e outros genótipos resistentes à ferrugem vêm sendo estudados intensamente (PEREIRA, 1995). Utilizando os cafeeiros resistentes à ferrugem selecionados no germoplasma introduzido na UFV, iniciou-se, a partir de 1974 a síntese de novas combinações genéticas portadoras de resistência à ferrugem do cafeeiro visando a obtenção de genótipos com resistência mais complexa e transferência dos fatores de resistência para variedades comerciais. Dentro dessa linha de pesquisa já foram sintetizadas mais de 900 combinações. Muitas delas apresentando grande potencial, quanto a capacidade produtiva, vigor vegetativo e outras características agronômicas, na busca de cultivares produtivos e resistentes a ferrugem. Várias linhagens elites encontram-se

em fase final de avaliação. Dentro deste programa, recentemente foi lançada a variedade Oeiras-MG 6851 (PEREIRA et alii, 2000), nova cultivar de café resistente à ferrugem-do-cafeeiro, de porte baixo e copa de forma cônica, alto vigor vegetativo, frutos vermelhos graúdos, e com produtividade média comparável à do Catuai Vermelho.

Sementes ou clones de material selecionado ou produzido no CIFC foram enviados para países produtores de café, incluindo-se o conjunto de seleções recebido pelo Departamento de Fitopatologia da UFV (Universidade Federal de Viçosa) em 1971 e encaminhado posteriormente para diversas regiões produtoras do Brasil (PEREIRA, 1985).

Este material tem sido objeto de estudos de pesquisadores de diversas áreas, com atenção restrita a plantas selecionadas na geração em que foi recebido ou em gerações avançadas. Dentre outros materiais, o Híbrido de Timor, originário da Ilha de Timor como resultado de cruzamento natural interespecífico de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, tem se destacado. Algumas progênies deste híbrido apresentam resistência a todas as raças fisiológicas conhecidas de *H. vastatrix*. O Híbrido de Timor é considerado material de suma importância nos programas de melhoramento, pois muitos exemplares apresentam também resistência a CBD e a nematóides (PEREIRA, 1985).

Tem sido possível deduzir, a partir de vários trabalhos recentes, que a hibridação interespecífica desempenhou um papel importante na origem de alguns grupos de plantas conhecidas em nossos dias, apesar de que esse papel tenha sido de pouca importância em outras plantas. No melhoramento de plantas, esta é uma prática antiga, iniciada por Thomas Fairchild, em 1717, num cruzamento entre o cravo comum e o cravo poeta. A hibridação interespecífica tem sido mais importante para as plantas ornamentais e, em seguida, para as plantas frutíferas, sendo menos importante para as forrageiras, cereais, plantas fibrosas e oleaginosas, isto porque a hibridação é mais valiosa nas espécies propagadas vegetativamente; pois, uma vez obtidos, os híbridos podem ser perpetuados indefinidamente (ALLARD, 1971).

A hibridação interespecífica no melhoramento do cafeeiro no Brasil foi iniciada há vários anos, visando transferir genes da espécie *C.*

canephora para a espécie *C. arabica*. A duplicação do número de cromossomos de *C. canephora* a partir de 1941, permitiu a transferência de caracteres de *C. canephora* para *C. arabica* (ALVARENGA, 1991).

O cruzamento entre *C. arabica* e *C. canephora* tem, em média, uns 10% de probabilidade de êxito se a espécie arábica for usada como progenitor feminino. Como se espera nestes casos, a meiose no triplóide ($2n = 33$) não é normal e o híbrido apresenta pouca fertilidade. Para superar este inconveniente, nos programas de melhoramento de café que seguem os métodos tradicionais, se duplicam os cromossomos do híbrido triplóide, produzindo indivíduos hexaplóides; ou se duplicam os cromossomos do progenitor diplóide e, uma vez realizado o cruzamento, se obtém híbridos tetraplóides (ALVARADO & GUERRERO, 1997). Desta última forma foi obtido o Icatu, através de seleções tetraplóides similares a *C. arabica* de alto rendimento e com resistência à ferrugem e à nematóides.

O CENICAFÉ tem empregado um método diferente no uso da hibridação interespecífica com o objetivo de incorporar resistência, especialmente à ferrugem do cafeeiro, proveniente das espécies diplóides. O retrocruzamento do híbrido triplóide (sem duplicação de cromossomos) com a espécie arábica, usando esta como progenitor feminino. No processo realiza-se um ou dois retrocruzamentos seguidos por autofecundação e seleção, especialmente para fertilidade, características do grão e resistência à enfermidade (OROZCOC, 1976)

A infertilidade do híbrido diminui rapidamente com o retrocruzamento e com cada geração de autofecundação, devido, tanto à seleção natural nas populações em segregação, quanto à seleção artificial realizada pelo melhorista. Por este método se recupera de maneira precoce a fertilidade, a autocompatibilidade, e o fenótipo Caturra da espécie *arabica* (ALVARADO & GUERRERO, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho faz parte do banco de germoplasma do programa de melhoramento do cafeeiro do Departamento de Fitopatologia da UFV. Os progenitores Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo que participaram dos cruzamentos, que deram origem aos híbridos F_1 e RC_1 , fazem parte do grupo de linhagens avaliado desde 1978, pela UFV e EPAMIG.

Os híbridos obtidos, depois de avaliados quanto a resistência à ferrugem, através de inoculação artificial, foram transplantados nos Campos de Seleção de Híbridos (CSH) para avaliação do comportamento nas condições de cultivo. Atualmente, estão sendo acompanhadas, nos campos CSH1 ao CSH10, plantas em geração F_1 . Outros campos em gerações mais avançadas também fazem parte do programa.

Foi realizada uma análise descritiva a partir dos dados das quatro primeiras colheitas. Alguns híbridos foram avaliados também nos seis, oito e até dez anos de colheita, conforme a disponibilidade de dados.

3.1. Avaliação da capacidade produtiva dos híbridos

Estudos foram realizados a partir dos dados de produção dos diferentes híbridos existentes. Neste

trabalho foram estudados 71 híbridos, obtidos dos cruzamentos envolvendo 14 linhagens de Catuaí (Vermelho e Amarelo) e 12 seleções do Híbrido de Timor, ensaiados em campos diferentes, porém na mesma localidade (área experimental do Departamento de Fitopatologia da UFV), totalizando 561 plantas estudadas (Quadro 1).

Quadro 1 – Lista dos 71 híbridos de café, em geração F₁, e seus respectivos progenitores acompanhados dos números de registro na Universidade Federal de Viçosa e nas suas instituições de origem

UFV	N ^o Plantas	Progenitor			
		Feminino		Masculino	
		N ^o UFV*	N ^o Origem**	N ^o UFV*	N ^o Origem**
H 273	9	2246-134	IAC H 2077-2-5-86	435-1	CIFC 2568, ERU 207-5
H 285	5	2246-139	IAC H 2077-2-5-86	376-2	CIFC 2234, IIAA 808-5
H 287	7	2246-139	IAC H 2077-2-5-86	430-19	CIFC 1343/136, ERU 206-14
H 288	4	2246-139	IAC H 2077-2-5-86	445-46	CIFC 2570, ERU 209-15
H 296	8	2246-483	IAC H 2077-2-5-86	530	CIFC 832/2
H 301	7	2246-484	IAC H 2077-2-5-86	450-61	CIFC 2571, ERU 210-15
H 306	5	2246-485	IAC H 2077-2-5-86	529	CIFC 832/1
H 308	3	2246-486	IAC H 2077-2-5-86	376-2	CIFC 2234, IIAA 808-5
H 316	14	2246-715	IAC H 2077-2-5-86	439-2	CIFC 2570, ERU 209-2
H 322	10	2246-716	IAC H 2077-2-5-86	445-46	CIFC 2570, ERU 209-15
H 323	3	2246-716	IAC H 2077-2-5-86	450-61	CIFC 2571, ERU 210-15
H 331	8	2144-31	IAC H 2077-2-5-44	450-61	CIFC 2571, ERU 210-15
H 332	7	2144-32	IAC H 2077-2-5-44	376-2	CIFC 2234, IIAA 808-5
H 333	10	2144-32	IAC H 2077-2-5-44	430-19	CIFC 1343/136, ERU 206-14
H 334	12	2144-32	IAC H 2077-2-5-44	439-1	CIFC 2570, ERU 209-2
H 335	7	2144-32	IAC H 2077-2-5-44	440-22	CIFC 2570, ERU 209-6
H 336	11	2144-32	IAC H 2077-2-5-44	445-70	CIFC 2570, ERU 209-15
H 337	13	2144-32	IAC H 2077-2-5-44	529	CIFC 832/1
H 338	4	2144-32	IAC H 2077-2-5-44	530	CIFC 832/1
H 341	13	2144-35	IAC H 2077-2-5-44	435-1	CIFC 2568, ERU 207-5
H 342	9	2144-35	IAC H 2077-2-5-44	445-46	CIFC 2570, ERU 209-15
H 347	9	2144-36	IAC H 2077-2-5-44	450-61	CIFC 2571, ERU 210-15
H 348	9	2144-36	IAC H 2077-2-5-44	439-2	CIFC 2570, ERU 209-2
H 415	6	2143-193	IAC H 2077-2-5-30	440-22	CIFC 2570, ERU 209-6
H 416	10	2143-195	IAC H 2077-2-5-30	432-41	CIFC 2568, ERU 207-6
H 417	9	2143-195	IAC H 2077-2-5-30	449-62	CIFC 2571, ERU 210-14
H 418	7	2143-235	IAC H 2077-2-5-30	443-1	CIFC 2570, ERU 209-7
H 419	10	2143-235	IAC H 2077-2-5-30	445-46	CIFC 2570, ERU 209-15
H 420	7	2143-235	IAC H 2077-2-5-30	450-63	CIFC 2571, ERU 210-15
H 421	9	2143-236	IAC H 2077-2-5-30	427-15	CIFC 1343/136, ERU 202-13
H 422	4	2143-236	IAC H 2077-2-5-30	437-9	CIFC 2570, ERU 209-1
H 423	10	2143-236	IAC H 2077-2-5-30	430-19	CIFC 1343/136, ERU 206-14

H 424	10	2144-71	IAC H 2077-2-5-44	450-61	CIFC 2571, ERU 210-15
H 425	9	2144-71	IAC H 2077-2-5-44	451-28	CIFC 4197
H 426	5	2144-139	IAC H 2077-2-5-44	446-50	CIFC 2570, ERU 209-8
H 427	3	2144-260	IAC H 2077-2-5-44	439-2	CIFC 2570, ERU 209-2
H 428	8	2145-113	IAC H 2077-2-5-81	428-8	CIFC 1343/136, ERU 202-3
H 429	5	2145-113	IAC H 2077-2-5-81	441-1	CIFC 2570, ERU 209-10

Quadro 1, Cont.

UFV	N ^o Plantas	Progenitor			
		Feminino		Masculino	
		N ^o UFV*	N ^o Origem**	N ^o UFV*	N ^o Origem**
H 430	8	2145-113	IAC H 2077-2-5-81	442-108	CIFC 2570, ERU 209-14
H 431	4	2145-307	IAC H 2077-2-5-81	428-12	CIFC 1343/136, ERU 202-13
H 432	7	2145-307	IAC H 2077-2-5-81	433-11	CIFC 2568, ERU 209-15
H 433	5	2145-307	IAC H 2077-2-5-81	449-45	CIFC 2571, ERU 210-14
H 434	3	2147-295	IAC H 2077-2-5-99	376-79	CIFC 2234, IIAA 808-5
H 438	9	2154-74	IAC H 2077-2-5-86	451-41	CIFC 4197
H 439	6	2154-75	IAC H 2077-2-5-86	382-39	CIFC 2252, IIAA 845-20
H 487	3	2144-33	IAC H 2077-2-5-44	378-33	CIFC 2235, IIAA 811-9
H 489	5	2144-36	IAC H 2077-2-5-44	439-1	CIFC 2570, ERU 209-2
H 490	3	2144-34	IAC H 2077-2-5-44	442-47	CIFC 2570, ERU 209-14
H 491	7	2144-36	IAC H 2077-2-5-44	446-50	CIFC 2570, ERU 209-8
H 492	9	2144-36	IAC H 2077-2-5-44	449-62	CIFC 2571, ERU 210-14
H 493	8	2144-71	IAC H 2077-2-5-44	446-8	CIFC 2570, ERU 209-8
H 494	4	2144-71	IAC H 2077-2-5-44	450-63	CIFC 2571, ERU 210-15
H 496	7	2144-141	IAC H 2077-2-5-44	378-29	CIFC 2235, IIAA 811-9
H 498	17	2144-141	IAC H 2077-2-5-44	439-2	CIFC 2570, ERU 209-2
H 499	7	2144-141	IAC H 2077-2-5-44	440-10	CIFC 2570, ERU 209-6
H 500	7	2144-141	IAC H 2077-2-5-44	530	CIFC 832/2
H 503	3	2145-275	IAC H 2077-2-5-81	447-67	CIFC 2570, ERU 209-12
H 504	9	2145-79	IAC H 2077-2-5-81	438-1	CIFC 2570, ERU 209-13
H 505	9	2145-79	IAC H 2077-2-5-81	438-52	CIFC 2570, ERU 209-13
H 506	18	2145-79	IAC H 2077-2-5-81	446-8	CIFC 2570, ERU 209-8
H 507	6	2145-79	IAC H 2077-2-5-81	449-62	CIFC 2570, ERU 210-14
H 508	6	2145-79	IAC H 2077-2-5-81	450-63	CIFC 2571, ERU 210-15
H 510	11	2148-57	IAC H 2077-2-5-64	439-2	CIFC 2570, ERU 209-2
H 511	8	2148-57	IAC H 2077-2-5-64	443-3	CIFC 2570, ERU 209-7
H 513	10	2148-57	IAC H 2077-2-5-64	530	CIFC 832/1
H 514	16	2154-344	IAC H 2077-2-5-86	440-10	CIFC 2570, ERU 209-6
H 516	16	2154-345	IAC H 2077-2-5-86	446-8	CIFC 2570, ERU 209-8
H 517	12	2154-345	IAC H 2077-2-5-86	450-63	CIFC 2571, ERU 210-15
H 518	10	2194-341	IAC H 2077-2-5-141	442-34	CIFC 2570, ERU 209-14
H 528	3	529	CIFC 832/1	2144-35	IAC H 2077-2-5-44
H 529	6	529	CIFC832/1	2144-35	IAC H 2077-2-5-44

* Os números que seguem o número de registro na UFV, referem-se aos números das plantas selecionadas.

** IAC = Instituto Agronômico de Campinas; CIFC = Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro; ERU = Estação Regional de Uíge, Angola; IIAA = Instituto de Investigação Agronômica de Angola.

Foram utilizadas como testemunhas três linhagens da cultivar Catuaí, UFV 2145 (LCH2077-2-5-81), UFV 2144 (LCH2077-2-5-44) e UFV 2154 (LCH2077-2-5-86).

A avaliação dos cafeeiros foi realizada através da produção média por biênio e média acumulada, em kilogramas de café cereja/planta, visando contornar os problemas da sazonalidade.

3.2. Estudo da heterose e heterobeltiose nos híbridos

Foi calculada a heterose através do desvio da geração F_1 em relação à média dos progenitores (H_{mp}) e a heterobeltiose (H_{ps}), heterose em relação ao pai superior, visando avaliar melhor o valor prático da heterose. Os valores heteróticos expressos em % foram obtidos através da aplicação das seguintes fórmulas-padrão:

$$Heterose_{\%}(HET) = Hmp_{\%} = \left[\frac{F_1}{(P_1 + P_2)/2} - 1 \right] \times 100$$

$Hmp_{\%}$ = Heterose (%) em relação à média dos progenitores

F_1 = Produção (ou média de produção) do híbrido F_1

P_1 e P_2 = Produção dos progenitores

$$Heterobeltiose_{\%}(HETBL) = Hps_{\%} = \left[\frac{F_1}{P_s} - 1 \right] \times 100$$

$Hps_{\%}$ = Heterobeltiose = Heterose (%) em relação ao progenitor superior

F_1 = Produção (ou média de produção) do híbrido F_1

P_s = Produção média do progenitor superior

3.3. Estudo da capacidade combinatória dos progenitores

Os valores da capacidade geral de combinação foram obtidos através do cálculo da produção baseada na média dos valores de todos os cruzamentos em que o progenitor estudado participou. Os valores da capacidade específica de combinação representam o desvio, para melhor (positivo) ou pior (negativo), de um determinado cruzamento, tomando por base a média da CGC dos seus pais. A capacidade específica de combinação foi calculada, subtraindo-se da produção obtida pelo híbrido, a média dos valores da CGC obtida pelos progenitores.

3.4. Avaliação da resistência à ferrugem

O experimento para avaliação da resistência dos híbridos F₁ e RC₁, estes últimos provenientes do retrocruzamento do híbrido F₁ com o genitor Catuaí, foi realizado na UFV, nos meses de fevereiro e março de 1998. Foram avaliados, quanto a reação à ferrugem, os 11 progenitores (Híbrido de Timor: UFV 376-2; UFV 427-15; UFV 439-2; UFV 440-22; UFV 445-46; UFV 529, e Catuaí: UFV 2143-193; UFV 2143-236; UFV 2144-32; UFV 2144-35; UFV 2144-36), que serviram de testemunhas, 18 híbridos F₁ e 107 híbridos RC₁ provenientes de suas combinações, totalizando 136 tratamentos.

Para avaliação da resistência genética das plantas, foi realizado o teste em discos de folhas, pela sua rapidez nos resultados com economia de tempo e espaço, seguindo metodologia semelhante à utilizada por ZAMBOLIM et alii (2000) e SILVA et alii (2000). Após lavagem das folhas, com o auxílio de um furador de metal, foram retirados 16 discos de folhas de cada amostra. Os discos foram acondicionados em gerbox, previamente desinfetado com detergente e hipoclorito de sódio, cujo fundo encontrava-se revestido por esponja saturada em água destilada e coberta por tela de *nylon*. Os discos foram colocados sobre a tela de *nylon* com a face abaxial voltada para cima (Figura 1). Cerca de 1mg de uredosporos foi aplicado, no centro de cada disco, utilizando-se um pincel de pelo de cavalo nº 2. Logo após, os discos foram aspergidos com água destilada, com o auxílio de um atomizador De Vilbiss nº 15. Na inoculação foi utilizada a raça II de *H.*

vastatrix, por sua predominância nas lavouras de café do Brasil. Após permanecerem por 48 horas na ausência de luz à temperatura de 20 a 22° C, os discos de folhas foram transferidos para ambiente controlado à 22 ° C, com manutenção da elevada umidade no interior do gerbox.

A avaliação das reações foi realizada aos 49 dias após a data da inoculação, adotando-se a seguinte escala: 1- resistente, sem qualquer sinal de infecção; 2 resistente, com reação de hipersensibilidade ou com clorose, mas com ausência de esporos; e 3- suscetível, com presença de pústulas uredospóricas (Figura 2).

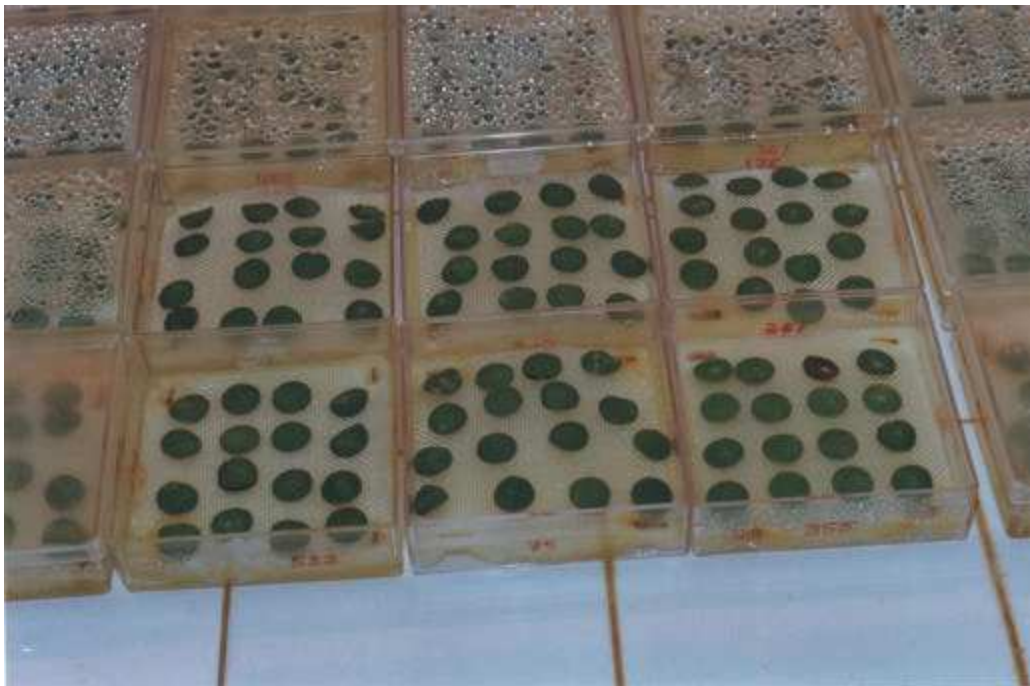


Figura 1 - Disposição dos discos de folha, no gerbox, com a face abaxial voltada para cima.



Figura 2 - Discos de folha resistentes à ferrugem -do-cafeeiro, sem qualquer sinal de infecção (Nº 1); discos de folha resistentes à ferrugem -do-cafeeiro, com reação de hipersensibilidade, mas com ausência de esporos (Nº 2); e discos de folha com sintomas de suscetibilidade à ferrugem -do-cafeeiro, com presença de pústulas uredospóricas (Nº 3).

3.5. Estudo da diversidade genética e certificação da natureza híbrida da geração F₁

Realizou-se um estudo da diversidade genética de 51 genótipos: 10 progenitores Catuaí, 12 progenitores Híbrido de Timor e 29 híbridos resultantes de diferentes combinações entre Catuaí e Híbrido de Timor, na geração F₁ (Quadro 2). Foram utilizadas informações de marcadores moleculares RAPD para obtenção das medidas de dissimilaridade, expressa pelo complemento aritmético do índice de Jaccard. Foram realizadas um total de 157 reações, com 86 primers diferentes.

Para a certificação da natureza híbrida dos genótipos mais produtivos na geração F₁, foram também utilizadas informações de

marcadores moleculares RAPD. Foram utilizados um total de 30 primers, sendo escolhidos os 12 melhores quanto à nitidez das bandas. São eles: OPA-4; OPA-8; OPA-10; OPA-16; OPA-17; OPB-19; OPB-20; OPC-9; OPC-10; OPC-13; OPF-2; OPG-6.

Quadro 2 – Lista dos 51 genótipos de café estudados

Catuai	Híbrido de Timor	Híbridos F ₁
UFV 2143-193, UFV 2143-235, UFV 2143-236, UFV 2144-32, UFV 2144-35, UFV 2144-36, UFV 2144-260, UFV 2145-79, UFV 2145-113, UFV 2148-57	UFV 376-2, UFV 427-15, UFV 435-1, UFV 438-52, UFV 439-2, UFV 440-22, UFV 441-1, UFV 442-108, UFV 443-3, UFV 445-46, UFV 446-8, UFV 529	H 332-1, H 332-3, H 332-5, H 332-6, H 341-11, H 342-1, H 342-2, H 342-5, H 342-7, H 342-8, H 348-2, H 348-3, H 348-4, H 348-7, H 348-9, H 415-1, H 415-2, H 415-4, H 418-6, H 419-8, H 419-10, H 421-5, H 427-2, H 429-1, H 430-1, H 505-9, H 506-3, H 511-1, H 513-5

A extração do DNA dos genótipos estudados foi obtida através de folhas novas da planta, seguida de amplificação de fragmentos de DNA, separação dos fragmentos por eletroforese em gel de agarose a 1,4%, coloração dos fragmentos com brometo de etídio e fotodocumentação sob luz U.V. em equipamento próprio.

Para extração do DNA, foi seguido um protocolo semelhante ao usado por SILVA (2000), envolvendo cinco etapas básicas: a) maceração mecânica na presença de nitrogênio líquido, para romper as paredes e membranas celulares do tecido fresco; b) ressuspensão do tecido vegetal em um tampão de extração, contendo detergente antioxidante, EDTA e agente tamponante, visando a solubilização de membranas lipoprotéicas e desnaturação de proteínas enquanto o DNA é protegido da ação de enzimas de degradação; c) extração com um solvente orgânico, clorofórmio-álcool isoamílico, separando a fase orgânica inferior (lipídios, proteínas e a maioria

dos polissacarídeos) da fase aquosa superior (DNA, RNA e alguns polissacarídeos); d) precipitação do DNA/RNA na presença de álcool isopropanol; e) lavagem do precipitado com álcool etanol e ressuspensão em um tampão Tris-EDTA contendo RNase para degradar o RNA, restando apenas o DNA genômico desejado (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1996).

Imediatamente após a colheita das folhas, estas foram maceradas na presença de nitrogênio líquido, num gral de porcelana, e, em seguida, transferidas para tubos *ependorfs* de 1,5 ml com adição imediata de 800 µl do tampão de extração (Tris-HCl 100 mM pH8,0; EDTA 20 mM; NaCl 1,4M; CTAB 1%; β-mercaptoetanol 0,2%; PVP 1,5% e água), previamente aquecido a 65°C. Em seguida, as amostras foram incubadas à 65°C, por uma hora, sendo levemente agitadas a cada 10 minutos, e, após serem resfriadas à temperatura ambiente, foram centrifugadas a 12.000 rpm, por cinco minutos. O sobrenadante foi transferido para novo tubo, onde foram adicionados 650 µl de clorofórmio:álcool isoamílico, numa proporção de 24:1, e misturado suavemente, por dez minutos, até a formação de emulsão uniforme. Novamente, as fases foram separadas por centrifugação (10 min. à 12.000 rpm) e a fase aquosa (sobrenadante) transferida para novo tubo. Nesta etapa, proteínas e fragmentos celulares foram separados do DNA; sendo a repetição da mesma indicada para se apurar a qualidade do DNA. Na etapa seguinte, foram adicionados 800 µl de isopropanol e, após homogeneização, as amostras foram mantidas *overnight* no freezer à -20°C. No dia seguinte, as amostras foram centrifugadas à 12.000 rpm, por dez minutos, e o sobrenadante eliminado; permanecendo o *pellet* ao fundo do tubo. Em seguida, as amostras de DNA foram lavadas com adição de 300 µl de etanol 70% e, posteriormente, com adição de 300 µl de etanol 95%. Depois de centrifugadas, as amostras de DNA foram secas à temperatura ambiente, por 15-20 minutos, ressuspensas em 300 µl de TE, com 3 µl de RNase, e incubadas à 37°C, por uma hora, e à 65°C, por cinco minutos. As amostras foram centrifugadas e acrescidas de 600 µl de acetato de sódio 3M e 500 µl de isopropanol, permanecendo no freezer à -20°C, por duas horas, e novamente centrifugadas. Após descartar o sobrenadante, as amostras foram novamente lavadas com etanol 70 e 95%. As amostras foram secas

em temperatura ambiente, por quatro horas, e o DNA ressuspendido com 300 µl de TE, com aquecimento, por cinco minutos, à 65 °C. Ao final, as amostras foram armazenadas em geladeira à 4 °C.

A concentração do DNA obtido na etapa de extração foi determinada por leitura realizada em espectrofotômetro a 260 nm (leitura do DNA) e 280 nm (leitura das proteínas). A concentração do DNA de trabalho foi de 10 ng/µl. A comprovação da qualidade do DNA foi realizada através da corrida em gel de agarose 1,4%.

A amplificação de fragmentos de DNA foi realizada em termociclador PERKIN ELMER 9600, seguindo o protocolo para o ensaio RAPD, utilizando o programa 5, composto por: um ciclo de 1' à 95 °C; 39 ciclos de 15" à 94 °C, 30" à 35 °C e 1' à 72 °C; um ciclo de 15" à 94 °C, 30" à 35 °C e 7' à 72 °C. Foram utilizados cerca de 119 *primers* de dez bases. Cada reação de 25 µl possuiu: 2,5 µl de KCl 50 mM; 2,5 µl de Tris-HCl 10mM; 2,0 µl de MgCl₂ 2mM; 1,25 µl de dNTPs 100 µl (contendo os desoxirribonucleotídeos – dATP, dCTP, dGTP e dTTP); 1,0 µl de *primer* 0,2 µl (oligonucleotídeo iniciador); 1,0 µl de Taq DNA polimerase 1U; 2,5 µl de DNA 25 ng; e o volume completado com água ultrapura.

A análise dos fragmentos de DNA amplificados foi realizada pela separação dos fragmentos em gel de agarose 1,4% a 100V por quatro horas, em média. Após eletroforese, o gel foi colocado em solução diluída de Brometo de Etídio (1 µg/ml), por 20 minutos, para coloração, e em solução de descoloração em água, por 40 minutos. As bandas originadas dos fragmentos de DNA foram visualizadas sob luz ultravioleta e fotografadas, utilizando-se o aparelho EAGLE EYE D55.

Os dados foram tabulados considerando a presença (1) ou ausência (0) das bandas amplificadas (reproduzíveis e mais intensas), originando uma matriz que foi usada para calcular as distâncias genéticas. Utilizando-se o Programa GENES (CRUZ, 1997), estes dados foram submetidos a análise, onde foi estimado o grau de dissimilaridade genética pelo complemento

aritmético do índice de Jaccard. A partir da matriz de dissimilaridade genética, foi feito o dendograma das relações entre os genótipos avaliados, resultando nos grupos de genótipos e suas respectivas distâncias genéticas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da capacidade produtiva dos híbridos na geração F₁

Foram obtidos os valores médios de produção de café cereja/planta até os dez primeiros anos de coleta de dados (Quadro 3). Estes valores foram agrupados em biênios, devido à característica bianual de produção do cafeeiro. No geral, houve tendência de aumento da produção média até o terceiro biênio e, logo após, tendência de queda no quarto e quinto biênio.

O número de plantas de cada híbrido estudado foi variável. A partir do quarto ano de produção, houve perda de algumas plantas, explicando possíveis alterações ocorridas nos quadros de classificação das melhores plantas. Logo, os quadros revelam a classificação das plantas existentes até o ano em questão e, havendo perda da planta classificada, a mesma deixa de aparecer nos anos seguintes.

Também foram obtidas as médias de produção acumulada nos quatro, seis, oito e dez anos de colheita, bem como a produção média anual dos híbridos (Quadro 4). Algumas vezes, o valor da produção acumulada difere da somatória das produções nos biênios, devido ao cálculo da produção acumulada ser realizado tomando por base apenas as plantas que sobreviveram até o ano em estudo.

Quadro 3 - Produção média por biênio, em kg de café cereja/planta, dos melhores híbridos (H) F₁ (média de plantas F₁), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, e de Variedades testemunhas, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

H	1 ^o Biênio	H	2 ^o Biênio	H	3 ^o Biênio	H	4 ^o Biênio	H	5 ^o Biênio
528	5,30	348	11,99	427	15,43	505	16,25	429	8,99
342	5,13	338	11,22	429	13,49	510	12,67	423	7,40
487	4,85	518	11,01	430	13,07	513	11,92	505	7,34
499	4,79	342	10,91	331	12,63	429	11,77	498	6,62
490	4,66	427	10,87	415	12,53	430	11,58	419	6,60
507	4,42	511	10,33	322	12,48	506	10,93	426	6,47
429	4,31	273	9,98	433	11,82	511	10,70	516	6,18
430	4,29	516	9,69	418	11,53	431	10,59	418	5,83
2144	4,27	499	9,60	511	11,40	423	10,26	416	5,23
331	4,19	505	9,41	426	11,28	427	10,23	513	5,22
503	4,15	335	9,40	348	11,23	498	10,22	506	5,18
341	4,14	2144	9,35	423	11,00	433	10,19	514	4,21
348	4,13	301	9,20	2145	10,76	419	10,16	420	4,12
416	4,11	287	9,10	342	10,76	426	9,95	430	4,10
337	4,05	322	9,07	431	10,65	438	9,68	417	4,09
306	3,99	504	8,98	341	10,29	514	9,43	434	3,93
423	3,85	506	8,79	518	10,04	418	9,30	421	3,88
439	3,84	418	8,74	334	10,03	316	9,22	510	3,27
428	3,79	337	8,66	421	9,94	341	8,99	*	-
505	3,46	487	8,55	428	9,88	428	8,92	-	-
418	3,43	341	8,51	296	9,83	421	8,47	-	-
438	3,42	490	8,50	438	9,75	516	8,33	-	-
273	3,38	429	8,38	434	9,69	415	8,28	-	-
425	3,36	323	8,36	498	9,62	434	8,18	-	-
323	3,28	416	8,19	516	9,48	424	7,87	-	-
347	3,24	334	8,07	506	9,32	416	7,84	-	-
420	3,21	306	8,06	487	9,18	517	7,41	-	-
2145	3,20	419	7,92	499	9,05	439	7,12	-	-
433	3,17	514	7,84	419	9,01	492	7,07	-	-
510	3,09	503	7,67	514	8,96	417	7,03	-	-
Média Geral	1 ^o Biênio	2 ^o Biênio	3 ^o Biênio	4 ^o Biênio	5 ^o Biênio				
	2,86	7,53	8,84	8,82	5,51				
Testemunhas	1 ^o Biênio	2 ^o Biênio	3 ^o Biênio	4 ^o Biênio	5 ^o Biênio				
UFV 2144	4,27	9,35	8,35	-	-				
UFV 2145	3,20	5,79	10,76	6,27	-				
UFV 2154	1,25	7,38	6,50	5,31	-				
Média	3,15	7,33	9,06	5,71	-				

* Na avaliação de dez anos só estavam disponíveis os dados de dezoito híbridos.

Quadro 4 - Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos melhores híbridos (H) F₁ (média das plantas F₁) provenientes de cruzamentos entre Catuai e Híbrido de Timor, e Variedades testemunhas, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

2 ANOS		4 ANOS		6 ANOS		8 ANOS		10 ANOS	
H	Produção	H	Produção	H	Produção	H	Produção	H	Produção
528	5,30	348	16,13	427	29,05	341	41,62	429	49,39
342	5,13	342	16,03	342	28,46	427	39,28	419	48,46
487	4,85	499	14,39	348	27,39	511	38,30	426	43,23
499	4,79	2144	13,62	429	26,19	429	37,95	423	41,84
490	4,66	427	13,61	322	25,80	430	34,93	430	40,46
507	4,42	338	13,56	341	25,40	505	32,89	505	40,23
429	4,31	487	13,40	499	25,00	415	32,62	506	38,67
430	4,29	273	13,35	511	24,99	322	32,34	498	38,10
331	4,19	518	13,33	331	24,20	423	31,95	418	37,72
503	4,15	490	13,16	518	23,74	419	31,61	516	33,99
341	4,14	511	13,10	418	23,70	418	31,59	510	33,63
348	4,13	505	12,87	430	23,35	510	31,48	420	30,99
416	4,11	337	12,71	415	23,10	506	30,96	513	30,59
337	4,05	429	12,70	487	22,59	331	30,40	416	30,24
306	3,99	341	12,66	505	22,47	431	30,30	514	29,45
423	3,85	416	12,30	423	21,69	498	30,01	434	29,23
439	3,84	418	12,17	2144	21,63	516	29,48	421	28,56
428	3,79	322	12,08	516	21,43	426	28,91	417	23,85
505	3,46	306	12,05	334	20,96	433	28,90	*	-
418	3,43	504	12,02	490	20,93	416	28,65	-	-
438	3,42	528	12,00	416	20,81	428	28,55	-	-
273	3,38	516	11,95	504	20,09	438	28,53	-	-
425	3,36	503	11,82	503	19,97	316	28,05	-	-
323	3,28	301	11,67	419	19,87	514	27,64	-	-
347	3,24	323	11,63	431	19,72	2145	26,91	-	-
420	3,21	331	11,57	428	19,63	513	26,32	-	-
433	3,17	335	11,54	506	19,63	434	25,21	-	-
510	3,09	507	11,14	2145	19,51	421	24,77	-	-
493	3,05	334	11,00	426	18,96	420	24,45	-	-
504	3,03	419	10,86	420	18,94	424	24,42	-	-
Média Geral		2 anos	4 anos	6 anos	8 anos	10 anos			
		2,86	10,39	19,26	28,57	36,78			
Testemunhas		2 anos	4 anos	6 anos	8 anos	10 anos			
UFV 2144		4,27	13,62	21,63	-	-			
UFV 2145		3,20	9,00	19,51	26,91	-			
UFV 2154		1,25	8,63	14,48	18,71	-			
Média		3,15	10,49	19,15	22,13	-			

*Na avaliação de dez anos só estavam disponíveis os dados de dezoito híbridos.

Ao comparar as produções obtidas pelos híbridos com aquelas apresentadas pelas (linhagens) variedades, utilizadas como testemunhas, pode-se notar a superioridade de grande parte dos híbridos (Quadros 3 e 4); apesar da média geral dos híbridos apresentar-se pouco inferior à média das testemunhas, nos três primeiros biênios. Esta superioridade da maioria dos híbridos é mais bem visualizada quando se observam os valores de produção média acumulada (Quadro 4).

As produções médias acumuladas dos híbridos mais produtivos superaram as produções das melhores testemunhas, no mesmo período, em 18,4%, 34,3% e 54,7%, nos primeiros quatro, seis e oito anos, respectivamente (Quadro 4). Ao analisar a produção média por biênio (Quadro 3), nota-se que a superioridade dos híbridos é ampliada em 24,2%, 28,3%, 43,5% e 159,0%, no 1^o, 2^o, 3^o e 4^o biênio, respectivamente. Por exemplo: o híbrido H 427 (Figura 3), que apresentou a mesma produção acumulada da melhor testemunha (UFV 2144), nos quatro primeiros anos (13,61 Kg), a superou em 34,3% na produção acumulada dos primeiros seis anos (29,05 Kg) e superou em 46,0% a outra melhor testemunha (UFV 2145), nos primeiros oito anos (39,28 Kg).

Vários autores têm observados a superioridade dos híbridos em relação à variedades testemunhas utilizadas, normalmente variedades comerciais. BERTRAND et alii (1997) estudaram híbridos F₁ provenientes de vários cruzamentos entre variedades tradicionais (Caturra, Catuaí) ou alguns derivados do Híbrido de Timor (Catimor, Sarchimor) e cafeeiros silvestres da Etiópia e Sudão, e observaram que os híbridos foram mais vigorosos e mais produtivos que as melhores variedades existentes. Os híbridos F₁ apresentaram, em média, ganho de produção de 31%. No entanto, os mesmos apresentaram-se inferiores para as características de fertilidade avaliadas.

Entre os híbridos que foram avaliados durante dez anos de produção, o H 429 e o H 419 apresentaram as melhores produções acumuladas (Figura 4); sendo que o híbrido H 429 esteve sempre entre os 13 primeiros.

Outros híbridos que estiveram sempre entre os vinte primeiros, durante os 10 anos de avaliação foram: H 505; H 418 e H 416. Os híbridos H

429 e H 505 possuem a linhagem UFV 2145, utilizada como testemunha neste trabalho, como um de seus progenitores. Outros que se destacaram, foram: H 341, que sempre esteve entre os quinze primeiros e H 331, que sempre esteve entre os vinte e cinco primeiros, ambos durante os quatro biênios em que foram avaliados.

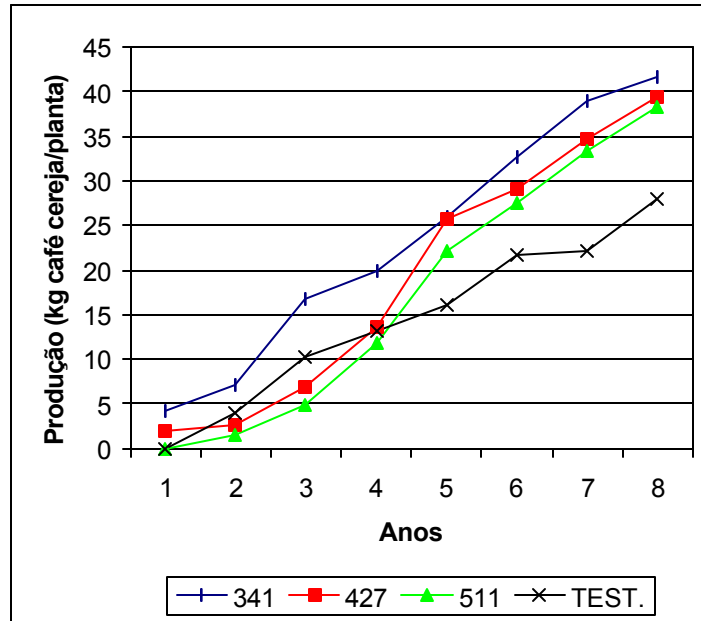


Figura 3 – Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos híbridos F_1 H 341, H 427, H 511 e Testemunhas (UFV 2144 e UFV 2145).

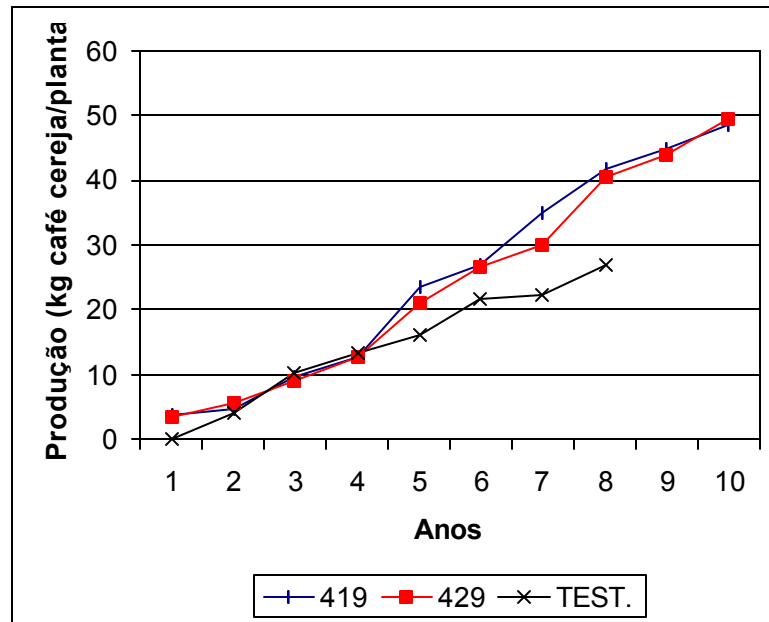


Figura 4 - Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos híbridos F_1 H 419, H 429 e Testemunhas (UFV 2144 e UFV 2145).

Os híbridos H 342 e H 348, que foram avaliados durante os seis primeiros anos, se destacaram entre os três híbridos mais produtivos, com base na produção média acumulada (Figura 5). Outros híbridos que se destacaram foram: H 499, sempre entre os sete primeiros; H 487, sempre entre os quinze primeiros; H 490, sempre entre os vinte primeiros; H 503, sempre entre os vinte e cinco primeiros; e H 504, que sempre esteve entre os trinta primeiros. E dentre aqueles que foram avaliados apenas nos quatro primeiros anos de produção, se destacam: H 337, entre os quinze primeiros; H 306, entre os vinte primeiros; e H 273 e H 323, que estiveram entre os vinte e cinco melhores híbridos. Destacam-se também os híbridos H 430 e H 423, que durante os dez anos em que foram avaliados, só não permaneceram entre os trinta melhores na avaliação do segundo biênio (estiveram entre os trinta e cinco melhores), sendo que nos outros anos de avaliação sempre estiveram entre os quinze melhores.

No Quadro 3, ao comparar os híbridos com base na produção média por biênio, o H 418 e H 429 aparecem sempre entre os vinte e vinte e dois melhores, respectivamente, nos cinco biênios em que foram avaliados. Dentre os híbridos avaliados durante oito anos consecutivos, o H 341 sempre esteve entre os vinte melhores. Os híbridos H 348 e H 342 sempre estiveram entre os quinze mais produtivos, e os H 487 e H 499 entre os trinta, durante os três biênios em que foram avaliados. Dentre aqueles híbridos que foram avaliados somente nos dois primeiros biênios, se destacam como melhores: H 337, H 323, H 273 e H 306.

Os híbridos H 516, H 506, H 514 e H 419 não estiveram entre os trinta mais produtivos apenas no primeiro biênio; o H 430 e o H 423 só não estiveram entre os melhores no segundo biênio; e os híbridos H 505 e H 416 só no terceiro biênio, dos cinco em que foram avaliados.

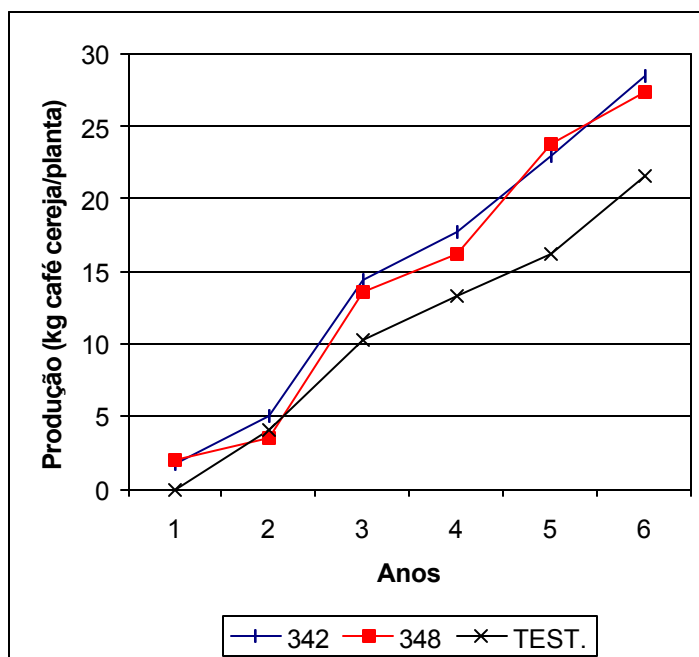


Figura 5 - Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, dos híbridos F_1 H 342, H 348 e Testemunha (UFV 2144).

Dos híbridos que foram avaliados durante quatro biênios, os híbridos H 511 e H 427 não estiveram entre os dez melhores somente no primeiro biênio; e os híbridos H 428, H 438 e H 433 não estiveram entre os trinta melhores somente no segundo biênio.

Dentre os híbridos avaliados por dez anos consecutivos, os híbridos H 426, H 421, H 498 e H 434 estiveram entre os trinta melhores nos três últimos biênios. Os híbridos H 431 e H 415 fazem parte dos melhores nos últimos dois biênios dos oito anos em que foram avaliados. Dentre os híbridos que foram avaliados por seis anos consecutivos, os híbridos H 490, H 503 e H 504 estão entre os trinta melhores nos dois primeiros biênios; e os híbridos H 518 e H 334 estão entre os quinze e os vinte e cinco primeiros, respectivamente, nos dois últimos biênios.

4.2. Avaliação da capacidade produtiva das melhores plantas na geração F₁

As melhores plantas híbridas estudadas, com base na produção média por biênio e média acumulada, encontram-se descritas nos Quadros 5 e 6, respectivamente. Quanto a produção por biênio (Quadro 5), as plantas que se destacaram foram: H 506-3, que durante os cinco biênios em que foi avaliada, destacou-se entre as dez mais produtivas nos três últimos biênios, e H 419-10, H 430-1, H 418-6 e H 506-9, que se destacaram entre as trinta melhores também nos últimos três biênios. Entre as plantas que se destacaram nos dois primeiros biênios de produções se encontram: H 341-11, H 504-7, H 416-4, H 416-6, H 505-9, H 518-6 e H 513-5; e entre aquelas que se destacaram apenas nos dois últimos biênios em que foram avaliadas estão: H 429-1, H 511-1, H 423-10, H 426-3, H 513-3, H 505-2, H 423-5, H 423-6, H 505-1, H 428-1.

Após analisar a produção acumulada (Quadro 6), concluiu-se que as melhores plantas em termos de produção foram: H 341-11, que se apresentou entre as sete mais produtivas, e H 341-6, que esteve sempre entre as vinte e duas melhores, ambas durante os quatro biênios em que foram avaliadas. A planta H 341-11 foi a mais produtiva nos quatro, seis e oito primeiros anos de produção acumulada. Esta planta superou em 28,7%

e 19,1% a melhor planta da melhor testemunha (UFV 2144-14), na produção acumulada dos primeiros quatro e seis anos, respectivamente, e em 43,2% a melhor planta da outra melhor testemunha (UFV 2145-4), nos primeiros oito anos (Figura 6). Comparando-se a planta H 341-11 com a melhor planta de um dos híbridos mais produtivos, a H 429-1, pode-se observar que a primeira é 81,1%, 39,8% e 7,0% superior à segunda, baseado na produção média acumulada dos primeiros quatro, seis e oito anos, respectivamente. Outras duas plantas que também se destacaram foram a H 427-2 e a H 511-1 (Quadro 6).

Outras plantas que somaram uma melhor produção acumulada foram: H 416-6, H 416-4 e H 423-3, que se destacaram por estarem sempre entre as trinta melhores durante os quatro primeiros biênios em que foram avaliadas. A planta H 322-6, que também foi avaliada por oito anos, esteve entre as mais produtivas nos três últimos biênios.

Dentre aquelas plantas que foram avaliadas durante os seis primeiros anos de produção acumulada, destacam-se: H 504-7, entre as quinze melhores, e H 342-8 e H 518-6, que sempre estiveram entre as vinte mais produtivas. Destacam-se também a H 505-9, sempre entre as cinco, e H 513-5, entre as doze, nos três primeiros biênios, período em que foram avaliadas. Também, baseado na produção acumulada, as plantas H 342-2, H 518-5 e H 499-1 apresentaram-se entre as melhores nos dois últimos biênios, dos três em que foram avaliadas.

As plantas H 335-5, H 287-3 e H 348-5 se destacaram entre as dez mais produtivas durante os quatro primeiros anos de produção acumulada, período em que foram avaliadas.

As plantas H 419-8, H 426-5 e H 418-6 se destacaram nos três últimos biênios, dos cinco em que foram avaliadas. Outras plantas apareceram entre as melhores somente à partir do quarto biênio, caso da H 429-1, H 419-10, H 506-3, H 430-1, H 423-6, H 506-9, H 423-10, H 430-8 e H 505-1. Os híbridos H 429-1, H 418-6 e H 506-3 foram os três mais produtivos ao final dos dez anos de avaliação (Figura 7).

Quadro 5 - Produção média por biênio, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas híbridas F₁, provenientes do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor, e de Variedades testemunhas*, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

H	1 ^o Biênio	H	2 ^o Biênio	H	3 ^o Biênio	H	4 ^o Biênio	H	5 ^o Biênio
337-10	5,13	335-5	9,38	427-2	11,45	429-1	10,05	423-10	4,74
423-3	4,85	416-6	9,30	334-9	10,30	419-10	9,68	429-1	4,68
296-3	4,74	287-3	9,12	511-1	10,10	511-1	9,65	505-2	4,60
504-7	4,51	348-5	8,97	419-8	9,75	513-3	9,53	429-3	4,31
505-9	4,40	518-8	8,75	518-2	9,73	506-9	9,38	418-6	4,28
510-11	4,38	341-11	8,74	426-5	9,48	506-3	8,90	419-5	4,28
341-11	4,30	342-2	8,63	331-3	9,38	514-4	8,50	426-3	4,20
416-4	4,21	499-1	8,33	506-3	9,23	438-3	8,35	498-3	4,05
334-5	4,21	504-7	8,25	415-3	9,05	423-10	8,20	506-3	4,04
341-12	4,13	498-11	8,24	506-4	8,90	426-3	8,18	423-6	3,95
273-4	4,02	493-1	8,20	322-9	8,85	505-1	8,15	498-7	3,64
518-6	4,00	428-7	8,00	429-2	8,80	429-2	8,13	423-5	3,33
492-4	3,94	273-5	7,96	498-10	8,62	505-2	8,10	513-3	3,24
2144-19	3,90	506-13	7,90	498-4	8,58	431-1	7,90	516-8	3,15
487-2	3,89	416-4	7,81	418-6	8,55	316-13	7,65	419-8	3,10
2144-14	3,80	511-3	7,76	427-1	8,55	430-1	7,45	416-9	3,10
2144-7	3,75	301-7	7,75	511-2	8,50	510-5	7,43	516-10	3,03
416-6	3,71	505-9	7,56	430-7	8,45	421-3	7,30	506-9	2,94
331-4	3,71	516-4	7,54	2145-7	8,43	516-3	7,25	418-1	2,85
342-8	3,71	348-8	7,48	423-8	8,40	423-5	7,25	430-1	2,84
499-2	3,70	513-5	7,47	419-10	8,20	423-6	7,08	423-2	2,78
341-6	3,67	338-1	7,40	433-2	8,15	428-1	7,05	505-1	2,74
430-6	3,64	518-6	7,35	428-1	8,11	498-5	7,03	419-10	2,52
507-3	3,62	306-2	7,20	2145-24	8,11	424-6	7,03	421-1	2,43
273-9	3,60	518-5	7,17	514-7	8,10	428-4	7,00	417-9	2,38
331-2	3,60	338-2	7,10	430-4	8,10	430-8	6,98	420-2	2,37
2144-18	3,60	418-2	7,05	430-1	8,09	506-4	6,90	434-3	2,36
513-5	3,59	513-4	7,05	506-9	8,03	418-6	6,85	426-5	2,27
341-10	3,55	347-4	7,05	322-6	8,02	438-7	6,78	514-6	2,25
2144-9	3,55	337-9	6,99	415-1	7,97	510-3	6,75	498-6	2,25

* Testemunhas: UFV 2144, UFV 2145 e UFV 2154.

Quadro 6 - Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas híbridas F₁, provenientes do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor, e de Variedades testemunhas, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

H	4 Anos	H	6 Anos	H	8 Anos	H	10 Anos
341-11	26,08	341-11	41,39	341-11	53,19	429-1	59,06
416-6	26,02	505-9	38,46	427-2	50,71	418-6	54,67
504-7	25,52	427-2	38,01	429-1	49,70	506-3	53,78
416-4	24,03	513-5	36,96	511-1	48,74	419-8	52,65
505-9	23,91	342-8	35,57	428-1	47,42	419-10	52,37
335-5	23,60	322-6	35,39	419-10	47,33	423-6	50,49
287-3	23,53	416-6	35,17	419-8	46,45	423-10	48,68
518-6	22,69	2144-14	34,76	418-6	46,12	430-1	48,58
337-10	22,66	2144-10	34,42	506-3	45,70	506-9	47,16
348-5	22,17	341-6	34,04	322-6	44,40	426-5	45,24
498-11	22,13	504-7	33,95	341-6	43,23	505-1	43,58
513-5	22,11	419-8	33,80	430-1	42,90	430-8	42,41
342-2	21,85	342-2	33,76	423-6	42,59	498-7	41,91
428-7	21,70	428-1	33,32	429-2	41,89	426-3	41,21
342-8	20,96	334-9	32,90	415-1	41,74	430-7	40,57
518-8	20,94	426-5	32,90	506-9	41,28	419-5	40,35
341-6	20,28	2145-12	32,80	429-5	41,10	429-3	39,71
2144-14	20,26	418-6	32,42	426-5	40,70	510-5	38,02
507-3	20,24	418-5	32,20	427-1	40,64	513-3	37,50
518-5	20,23	518-5	31,67	498-4	39,98	505-2	36,87
347-4	20,09	518-6	31,59	416-6	39,77	498-6	36,69
423-3	19,70	416-4	31,53	506-4	39,48	506-10	36,69
322-6	19,35	415-3	31,49	423-10	39,20	423-2	36,66
499-1	19,16	498-11	31,38	416-4	39,13	421-3	36,53
511-4	19,11	348-1	31,24	438-3	39,12	514-6	35,87
338-1	19,10	499-1	31,06	331-3	38,90	498-3	35,69
337-9	19,09	331-3	31,05	498-11	38,90	516-8	34,73
334-5	18,93	423-3	30,90	423-3	38,53	420-2	33,66
2144-9	18,89	511-4	30,61	430-8	38,18	516-10	33,25
337-13	18,75	322-5	29,95	505-1	38,11	434-3	33,05

*Testemunhas: UFV 2144, UFV 2145 e UFV 2154.

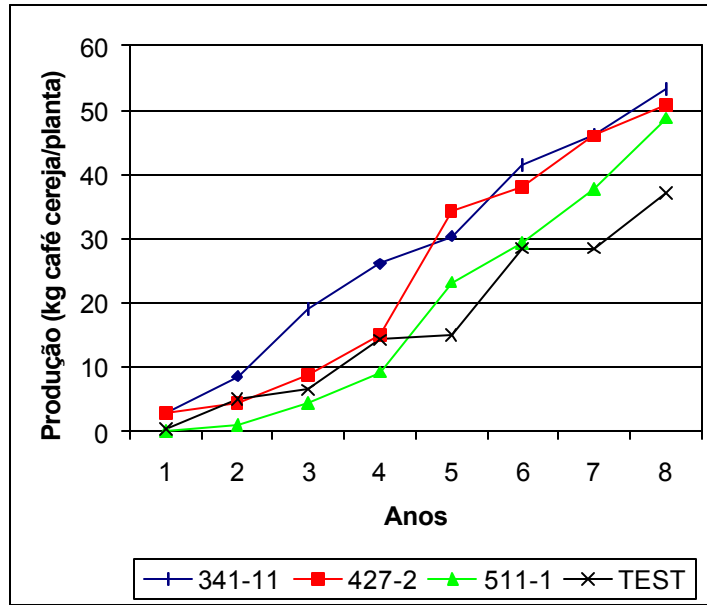


Figura 6 - Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas dos híbridos F₁ H 341-11, H 427-2, H 511-1 e Testemunhas (UFV 2144-14 e UFV 2145-4).

Apesar da produção ser a característica de maior interesse agrônomo para o melhoramento do cafeeiro, numa análise global ela fica sujeita a grandes alterações em decorrência da variabilidade entre os cafeeiros dentro de cada progênie. A longevidade dos cafeeiros é outra característica que altera significativamente a capacidade produtiva do material. Muitas plantas mostram-se extremamente produtivas no início e posteriormente reduzem bruscamente esse potencial em consequência de um depauperamento precoce. O quadro desse depauperamento é caracterizado inicialmente por produções extremamente elevadas nas duas ou três primeiras colheitas associadas à maturação uniforme do fruto, que presumivelmente causam um esgotamento intenso das reservas da planta, manifestado por uma seca acentuada e progressiva dos ramos plagiotrópicos. O resultado final desse processo é um depauperamento precoce e irreversível que termina com a morte da planta. Provavelmente, isso ocorreu com vários dos híbridos que apresentaram boa produção nos primeiros anos (híbridos de arranque) e deixaram de ser avaliados nos anos seguintes pela baixa produção ou por morte de suas plantas.

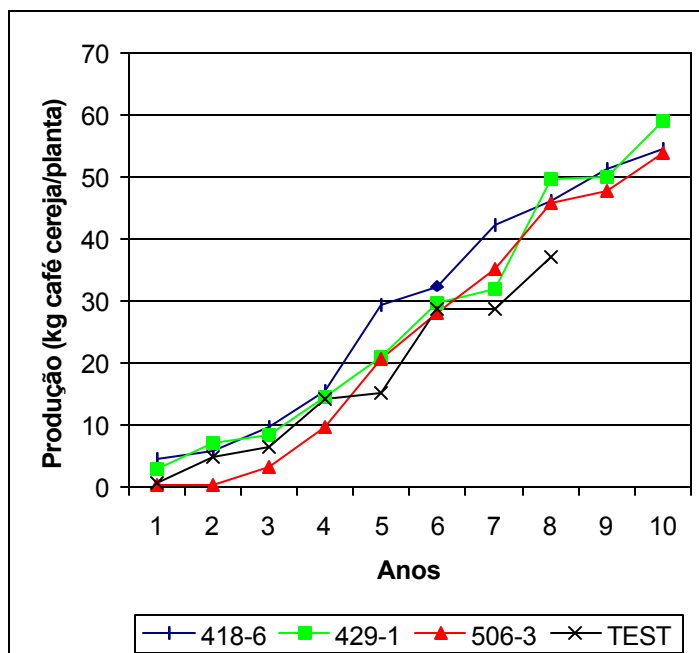


Figura 7 - Produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, das melhores plantas dos híbridos F₁ H 418-6, H 429-1, H 506-3 e Testemunhas (UFV 2144-14 e UFV 2145-4).

Este depauperamento precoce foi primeiramente observado na década de 80 nos campos de melhoramento do cafeeiro do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa em algumas progênes oriundas do cruzamento entre a variedade Caturra e o Híbrido Timor. Este defeito em tais progênes foi corrigido nas gerações posteriores, quando se efetuou retrocruzamentos com variedades comerciais como Catuaí e Mundo Novo (PEREIRA & ZAMBOLIM – Informação pessoal).

Vários trabalhos sobre o depauperamento precoce de progênes de cafeeiro foram realizados no Setor de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa, onde os pesquisadores constataram que o depauperamento ocorre devido à deficiência de produção de carboidratos nos períodos críticos de granação dos frutos. Foi observado que a floração nas progênes que depauperavam precocemente ocorria de forma concentrada (1 ou 2 vezes) e que a época da granação associada a veranicos (normalmente nos meses de Janeiro e/ou Fevereiro), agravava

ainda mais o problema (RENA et alii, 1983; RENA & MAESTRI, 1986; CARVALHO et alii, 1993; BARROS et alii, 1999).

4.3. Heterose e heterobeltiose

Os valores de heterose e heterobeltiose, baseados na produção média por biênio e produção média acumulada, dos híbridos F_1 (média das plantas F_1), encontram-se nos Quadros 7 e 8, respectivamente. Aproximadamente 36,5% dos híbridos, quando analisada a produção média por biênio, apresentaram heterose positiva em um ou mais biênios. A maior heterose encontrada (79%) foi obtida pelo híbrido H 505, no quarto biênio de produção (Quadro 7). Para os valores de heterose baseados na produção média acumulada, a grande maioria dos híbridos apresentou produções médias inferiores à média dos progenitores, fornecendo valores negativos de heterose (Quadro 8). Assim, a heterose média e a heterobeltiose média, baseadas tanto na produção por biênio quanto na produção acumulada, apresentaram valores negativos. Isto pode ser explicado pela heterogeneidade dos progenitores utilizados, sem que houvesse antes uma seleção baseada num teste preliminar de avaliação da produção dos mesmos (progenitores não selecionados com grande concentração de alelos desfavoráveis que originam progênies com grande discrepância, e que em média, apresentam baixa produção).

AMEHA & BELLACHEW (1985), trabalhando com linhagens de *C. arabica* de alto rendimento e linhagens de cafeeiros resistentes à CBD, encontraram heterose média de 31,4% e heterobeltiose média de 17,4% (rendimento médio de três anos consecutivos). Os autores encontraram valores de heterobeltiose de até 60%.

LASHERMES et alii (1996) cita grandes efeitos heteróticos em híbridos F_1 obtidos de cruzamentos entre cultivares silvestres do sudoeste e sudeste da Etiópia e entre acessos da Etiópia e a cultivar Bourbon. Segundo os autores, estes elevados efeitos heteróticos podem ser conseqüência da diferenciação genética entre os germoplasmas utilizados.

Quadro 7 - Valores de heterose (HET) e heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção média por biênio, dos híbridos F₁ (média das plantas F₁), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

UFV	1º Biênio		2º Biênio		3º Biênio		4º Biênio		5º Biênio	
	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL
273	-17	-36	-16	-24	*	-	-	-	-	-
285	-38	-63	-34	-48	-	-	-	-	-	-
287	-79	-87	-37	-50	-	-	-	-	-	-
288	6	-26	-66	-74	-	-	-	-	-	-
301	-81	-89	-27	-37	-	-	-	-	-	-
308	-43	-66	-73	-79	-	-	-	-	-	-
316	-77	-86	-40	-43	-19	-28	-14	-35	-	-
322	51	5	-42	-56	11	7	-34	-54	-	-
323	-74	-86	-34	-43	-	-	-	-	-	-
331	-72	-81	-45	-49	-10	-13	-62	-68	-	-
332	-35	-65	-34	-52	-	-	-	-	-	-
333	-78	-83	-62	-68	-43	-45	-	-	-	-
334	-70	-77	-34	-35	-10	-25	-	-	-	-
335	-79	-85	-30	-34	-	-	-	-	-	-
336	-55	-74	-60	-68	-34	-40	-65	-74	-	-
341	-32	-40	-34	-35	-36	-45	16	-25	-	-
342	28	-25	-34	-47	-12	-20	-	-	-	-
347	-78	-86	-44	-48	-	-	-	-	-	-
348	-58	-68	-2	-4	0	-16	-	-	-	-
415	-69	-78	-41	-47	55	13	-21	-29	-	-
416	1	-26	-41	-50	-49	-62	-49	-59	-54	-59
417	-70	-77	-64	-65	-22	-29	-18	-40	-42	-60
418	-38	-38	-15	-22	14	4	-24	-27	-23	-43
419	-11	-47	-50	-62	-18	-19	18	-13	-40	-43
420	-77	-86	-47	-53	-31	-39	-53	-61	-68	-73
421	-77	-83	-66	-70	-18	-25	-41	-50	-63	-64
422	-83	-85	7	-32	10	-26	-40	-54	-	-
423	-59	-71	-54	-63	-7	-12	-23	-31	-40	-49
424	-81	-87	-54	-57	-53	-55	-47	-55	-	-
425	-27	-51	-49	-55	-67	-70	-75	-79	-	-
426	-86	-89	-50	-50	21	-16	-15	-17	-20	-47
427	-72	-79	-11	-13	38	15	7	-15	-	-
428	-1	-38	-41	-46	-17	-20	-33	-35	-	-
429	-53	-65	-26	-29	69	17	9	-7	18	-24
430	-46	-57	-45	-46	58	13	8	-9	-47	-66
431	-39	-62	-34	-39	-11	-14	-20	-23	-	-
432	-64	-71	-30	-38	-29	-41	-52	-62	-	-
433	-62	-70	-64	-64	15	2	13	-20	-	-
434	-15	-53	-47	-61	-39	-52	-9	-33	-56	-65
438	-24	-49	-45	-51	-31	-40	-36	-45	-	-
439	-58	-66	-41	-65	-11	-43	-2	-44	-	-

Quadro 7, Cont.

UFV	1º Biênio		2º Biênio		3º Biênio		4º Biênio		5º Biênio	
	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL
487	-40	-48	1	-31	25	-31	-	-	-	-
489	-73	-79	-40	-41	-56	-63	-	-	-	-
490	-44	-53	-27	-32	-16	-42	-	-	-	-
491	-78	-84	-49	-50	-55	-69	-	-	-	-
492	-71	-76	-46	-50	-51	-59	-19	-41	-	-
493	-71	-78	-39	-39	-28	-50	-	-	-	-
494	-89	-93	-51	-54	-79	-80	-	-	-	-
496	-65	-70	-35	-56	-15	-54	-	-	-	-
498	-80	-84	-42	-43	-14	-28	7	-15	-25	-46
499	-54	-66	-28	-32	-2	-32	-	-	-	-
503	-19	-32	-47	-57	-9	-29	-	-	-	-
504	-66	-74	-26	-32	-19	-33	-	-	-	-
505	-61	-71	-23	-29	-14	-28	79	28	-27	-38
506	-84	-88	-24	-28	11	-19	-10	-14	-35	-56
507	-47	-58	-38	-39	-51	-56	-	-	-	-
508	-81	-88	-63	-67	-62	-66	-	-	-	-
510	-63	-76	-42	-47	-17	-25	37	11	-61	-72
511	-41	-49	7	2	12	2	-11	-16	-	-
514	-81	-86	-39	-45	6	-24	-14	-26	-48	-62
516	-78	-84	-18	-21	11	-20	-31	-34	-19	-45
517	-86	-91	-54	-59	-40	-45	-51	-58	-	-
518	-70	-77	-2	-6	23	-11	-	-	-	-
Média	-54,5	-67,5	-38	-45	-13,5	-30	-18,5	-34	-38	-53,5

* Os dados de produção não estavam disponíveis.

Quadro 8 - Valores de heterose (HET) e heterobeliose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção média acumulada, dos híbridos F₁ (média das plantas F₁), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

H	4 Anos		6 Anos		8 Anos		10 Anos	
	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL
273	-16	-28	*-	-	-	-	-	-
285	-34	-51	-	-	-	-	-	-
287	-52	-66	-	-	-	-	-	-
288	-58	-66	-	-	-	-	-	-
301	-54	-69	-	-	-	-	-	-
308	-68	-76	-	-	-	-	-	-
316	-55	-65	-41	-49	-30	-31	-	-
322	-32	-45	-11	-21	-17	-18	-	-
323	-54	-69	-	-	-	-	-	-
331	-59	-69	-43	-53	-47	-56	-	-
332	-35	-56	-	-	-	-	-	-
333	-68	-75	-59	-64	-	-	-	-
334	-50	-56	-37	-38	-	-	-	-
335	-51	-59	-	-	-	-	-	-
336	-59	-62	-49	-49	-55	-59	-	-
341	-33	-35	-27	-32	-3	-7	-	-
342	-32	-27	-13	-13	-	-	-	-
347	-62	-71	-	-	-	-	-	-
348	-27	-35	-18	-19	-	-	-	-
415	-53	-62	-24	-30	-20	-23	-	-
416	-31	-35	-40	-49	-43	-53	-51	-59
417	-67	-70	-51	-53	-44	-46	-47	-52
418	-23	-27	-8	-15	-17	-20	-17	-24
419	-44	-50	-34	-39	-19	-20	-3	-3
420	-63	-73	-52	-63	-55	-65	-54	-63
421	-70	-76	-51	-58	-48	-56	-51	-57
422	-36	-47	-20	-39	-26	-44	-	-
423	-56	-66	-40	-51	-35	-46	-32	-43
424	-68	-76	-63	-70	-57	-65	-	-
425	-42	-54	-55	-58	-64	-65	-	-
426	-66	-71	-41	-42	-34	-35	-17	-24
427	-38	-45	-13	-14	-8	-12	-	-
428	-30	-43	-24	-31	-27	-31	-	-
429	-38	-47	-8	-9	-3	-8	5	-7
430	-46	-50	-14	-19	-8	-16	-11	-24
431	-35	-47	-24	-31	-23	-27	-	-
432	-46	-48	-39	-41	-40	-45	-	-

Quadro 8, Cont.

H	4 Anos		6 Anos		8 Anos		10 Anos	
	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL	HET	HETBL
433	-63	-66	-36	-37	-25	-30	-	-
434	-39	-58	-39	-42	-32	-39	-36	-45
438	-39	-50	-35	-37	-35	-37	-	-
439	-51	-57	-38	-51	-24	-45	-	-
487	-19	-31	-6	-31	-	-	-	-
489	-55	-60	-46	-47	-	-	-	-
490	-34	-36	-28	-36	-	-	-	-
491	-62	-67	-60	-61	-	-	-	-
492	-56	-58	-55	-56	-44	-50	-	-
493	-53	-59	-46	-47	-	-	-	-
494	-71	-78	-74	-79	-	-	-	-
496	-50	-57	-37	-54	-	-	-	-
498	-58	-63	-44	-45	-30	-33	-26	-33
499	-39	-49	-24	-25	-	-	-	-
503	-39	-46	-30	-30	-	-	-	-
504	-43	-52	-35	-39	-	-	-	-
505	-39	-49	-27	-32	-17	-20	-19	-24
506	-52	-60	-35	-38	-27	-28	-23	-27
507	-42	-47	-45	-46	-	-	-	-
508	-73	-80	-67	-74	-	-	-	-
510	-53	-63	-39	-47	-19	-23	-29	-30
511	-9	-11	2	-1	5	5	-	-
514	-58	-65	-41	-43	-35	-35	-42	-45
516	-46	-54	-30	-32	-31	-31	-33	-37
517	-72	-79	-62	-70	-59	-67	-	-
518	-30	-35	-13	-18	-	-	-	-
Média	-47,5	-55,5	-35,5	-41	-30,5	-35,5	-28,5	-35

*Os dados de produção não estavam disponíveis.

Dentre os híbridos que apresentaram os melhores valores de heterose (Quadro 9), o híbrido H 429 foi o que melhor expressou, em média, o seu valor heterótico, apresentando valores positivos de heterose nos três últimos biênios de avaliação da produção. Salvo pequenas alterações, a classificação dos melhores híbridos, baseada nos melhores valores de heterobeltioses (Quadro 10), se assemelha à classificação baseada nos valores de heterose. O híbrido H 505, além de apresentar o maior valor de heterose, também apresentou a maior heterobeltiose (28%), no quarto biênio.

Os baixos valores de heterose, baseados nas produções médias dos híbridos, não refletem, entretanto, o valor heterótico individual de muitas plantas obtidas nos cruzamentos realizados. Ao calcular o valor heterótico das melhores plantas híbridas F_1 , baseado na produção, seja por biênio ou acumulada, encontram-se valores consideráveis de heterose e heterobeltiose (Quadros 11, 12, 13 e 14).

No Quadro 11, pode-se observar elevados valores de heterose. No geral, a diferença da produção média por biênio das plantas dos híbridos F_1 , em relação aos progenitores, calculada em porcentagem através da heterose, tende a reduzir ao longo dos anos. Isto pode ser explicado, em parte pela baixa produção de alguns dos progenitores Híbrido de Timor, que se tratam de materiais introduzidos, pouco adaptados e, naturalmente, apresentando baixa produção, principalmente nos primeiros biênios. Este fato pode ser confirmado quando se observam os valores de heterobeltiose (Quadro 13). Ao comparar as produções dos híbridos F_1 com o melhor progenitor, na maioria das vezes, Catuaí, a diferença é reduzida. Isto mostra que a produção do progenitor Híbrido de Timor é que reduzia o valor da média. No entanto, a superioridade de várias plantas F_1 , principalmente nos primeiros anos de produção, é confirmada, independente da baixa produção de um dos progenitores.

Quadro 9 - Relação dos melhores híbridos F₁ (média das plantas F₁), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, baseada nos valores de heterose (HET), em porcentagem, obtidos com base na produção média por biênio, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

1º Biênio		2º Biênio		3º Biênio		4º Biênio		5º Biênio	
H	HET	H	HET	H	HET	H	HET	H	HET
322	51	422	7	429	69	505	79	429	18
342	28	511	7	430	58	510	37	516	-19
288	6	487	1	415	55	419	18	426	-20
416	1	348	-2	427	38	341	16	418	-23
428	-1	518	-2	487	25	433	13	498	-25
419	-11	427	-11	518	23	429	9	505	-27
434	-15	418	-15	426	21	430	8	506	-35
273	-17	273	-16	433	15	427	7	419	-40
503	-19	516	-18	418	14	498	7	423	-40
438	-24	505	-23	511	12	439	-2	417	-42
425	-27	506	-24	322	11	434	-9	430	-47
341	-32	429	-26	516	11	506	-10	514	-48
332	-35	504	-26	506	11	511	-11	416	-54
285	-38	301	-27	422	10	316	-14	434	-56
418	-38	490	-27	514	6	514	-14	510	-61

Quadro 10 - Relação dos melhores híbridos F₁ (média das plantas F₁), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, baseada nos valores de heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, obtidos com base na produção média por biênio, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

1 ^o Biênio		2 ^o Biênio		3 ^o Biênio		4 ^o Biênio		5 ^o Biênio	
H	HET	H	HET	H	HET	H	HET	H	HET
322	5	511	2	429	17	505	28	429	-24
342	-25	348	-4	427	15	510	11	505	-38
288	-26	518	-6	415	13	429	-7	418	-43
416	-26	427	-13	430	13	430	-9	419	-43
503	-32	516	-21	322	7	419	-13	516	-45
273	-36	418	-22	418	4	506	-14	498	-46
418	-38	273	-24	511	2	427	-15	426	-47
428	-38	506	-28	433	2	498	-15	423	49
341	-40	429	-29	518	-11	511	-16	506	-56
419	-47	505	-29	423	-12	426	-17	416	-59
487	-48	487	-31	331	-13	433	-20	417	-60
438	-49	422	-32	431	-14	431	-23	514	-62
511	-49	490	-32	348	-16	341	-25	421	-64
425	-51	499	-32	426	-16	514	-26	434	-65
434	-53	504	-32	419	-19	418	-27	430	-66

Quadro 11 - Valores de heterose (HET), em porcentagem, baseados na produção por biênio das melhores plantas híbridas F₁, provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

1º Biênio		2º Biênio		3º Biênio		4º Biênio		5º Biênio	
H	HET	H	HET	H	HET	H	HET	H	HET
504-7	327	493-1	200	430-7	182	429-1	92	505-2	-28
499-2	279	287-3	184	430-4	170	506-9	80	429-1	-30
518-6	274	273-5	158	430-1	170	316-13	77	418-6	-34
505-9	244	498-11	134	415-3	104	506-3	71	429-3	-36
337-10	239	506-13	122	427-2	96	511-1	62	516-8	-42
273-4	235	499-1	110	426-5	70	510-5	59	506-3	-43
430-6	235	516-4	106	518-2	68	419-10	55	516-10	-44
273-9	200	518-8	95	429-2	56	429-2	55	498-3	-45
507-3	199	428-7	88	322-9	50	430-1	52	419-5	-46
334-5	190	504-7	84	334-9	48	431-1	50	426-3	-47
342-8	164	511-3	81	418-6	48	514-4	48	417-9	-48
296-3	156	518-6	64	427-1	46	516-3	44	498-7	-50
341-11	139	505-9	60	506-3	44	423-10	42	423-10	-51
341-12	129	518-5	60	498-10	44	505-1	39	416-9	-54
487-2	115	416-6	58	498-4	43	505-2	39	418-1	-56
341-6	104	416-4	32	506-4	39	423-5	26	430-1	-57
341-10	97	335-5	23	511-1	38	498-5	25	505-1	-57
416-4	90	341-11	19	428-1	33	423-6	23	506-9	-58
416-6	67	301-7	13	419-8	32	426-3	9	423-6	-59
423-3	66	348-5	12	514-7	30	438-3	2	419-8	-61
510-11	38	348-8	-6	423-8	17	428-1	2	423-5	-66
513-5	37	342-2	-8	511-2	16	428-4	1	419-10	-68
331-4	36	513-5	*-	433-2	13	421-3	-20	421-1	-71
492-4	36	338-1	-	419-10	11	424-6	-29	423-2	-71
331-2	32	306-2	-	331-3	-7	513-3	-	513-3	-

*Os dados de produção não estavam disponíveis.

Quadro 12- Valores de heterose (HET), em porcentagem, baseados na produção acumulada das melhores plantas híbridas F₁, provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

4 Anos		6 Anos		8 Anos		10 Anos	
H	HET	H	HET	H	HET	H	HET
287-3	195	505-9	72	430-1	77	430-1	29
507-3	142	427-2	64	427-2	50	429-1	27
504-7	130	504-7	43	429-1	50	506-3	15
498-11	113	428-1	42	506-3	41	430-8	13
518-6	104	518-5	40	428-1	27	430-7	8
505-9	99	498-11	40	429-2	27	506-9	1
499-1	94	518-6	39	506-9	27	418-6	-6
428-7	93	322-6	37	429-5	24	505-1	-7
518-8	89	426-5	33	511-1	23	498-7	-13
518-5	82	499-1	29	506-4	22	429-3	-15
416-6	60	416-6	25	427-1	20	419-8	-17
416-4	48	341-11	19	498-4	19	419-10	-18
511-4	48	416-4	12	322-6	14	423-6	-19
341-11	42	415-3	12	415-1	10	426-5	-19
322-6	38	334-9	5	418-6	2	505-2	-21
335-5	25	418-6	1	426-5	2	506-10	-21
423-3	15	418-5	0	419-10	-1	423-10	-22
341-6	11	341-6	-2	423-6	-1	498-6	-24
342-2	1	423-3	-2	341-11	-2	426-3	-26
348-5	-3	419-8	-5	419-8	-3	510-5	-31
342-8	-3	342-8	-14	416-6	-4	514-6	-32
347-4	-23	342-2	-19	416-4	-5	419-5	-37
337-10	*	348-1	-20	423-10	-9	423-2	-41
513-5	-	331-3	-29	341-6	-20	421-3	-43
338-1	-	513-5	-	438-3	-26	513-3	-

*Os dados de produção não estavam disponíveis.

Apesar da queda da produção relativa por biênio dos híbridos ao longo dos anos, esta redução não foi suficiente para afetar a superioridade dos mesmos com base na produção acumulada. Várias plantas híbridas F₁ apresentaram valores de heterose, baseados na produção acumulada, inferiores aqueles baseados na produção por biênio (Quadro 12). Na produção acumulada, no geral, houve também uma acentuada tendência de queda dos valores de heterose ao longo dos anos. Isto mostra, melhor, que,

as produções dos progenitores tendem a se aproximar da produção das plantas dos híbridos ao longo dos anos, mas, no saldo final, a produção de algumas plantas F₁ supera a média dos progenitores (Quadro 12) e também a do melhor progenitor (Quadro 14). Logo, observa-se que os híbridos F₁ apresentam maior vantagem nas primeiras produções, provavelmente devido ao maior vigor atribuído aos híbridos em relação aos seus progenitores.

Quadro 13- Valores de heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção por biênio das melhores plantas híbridas F₁, provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

1º Biênio		2º Biênio		3º Biênio		4º Biênio		5º Biênio	
H	HETBL	H	HETBL	H	HETBL	H	HETBL	H	HETBL
504-7	276	493-1	157	430-7	136	429-1	54	429-1	-32
499-2	260	287-3	119	430-4	127	511-1	37	429-3	-37
505-9	224	498-11	103	430-1	126	419-10	35	505-2	-44
518-6	223	518-8	85	427-2	87	506-9	35	516-8	-47
507-3	196	428-7	72	518-2	48	506-3	28	516-10	-49
273-4	192	273-5	71	506-3	44	429-2	25	418-6	-50
430-6	191	504-7	70	426-5	41	316-13	21	419-5	-50
273-9	162	499-1	69	427-1	40	505-1	18	506-3	-50
337-10	125	506-13	63	506-4	39	505-2	17	426-3	-51
341-11	93	505-9	56	334-9	38	430-1	14	498-3	-53
296-3	91	511-3	55	498-10	34	516-3	10	417-9	-55
334-5	85	518-6	55	498-4	34	426-3	7	498-7	-58
341-12	85	518-5	51	415-3	31	510-5	6	423-10	-59
342-8	67	516-4	50	418-6	30	514-4	0	430-1	-59
341-6	65	416-6	33	511-1	21	438-3	-2	416-9	-62
416-4	64	416-4	12	419-8	19	428-1	-4	419-8	-64
341-10	60	335-5	8	429-2	14	428-4	-4	506-9	-64
487-2	56	301-7	6	433-2	9	431-1	-8	423-6	-66
416-6	45	341-11	-13	322-9	8	423-10	-11	505-1	-66
331-4	15	342-2	-14	423-8	7	421-3	-20	418-1	-67
331-2	11	348-5	-25	514-7	5	423-5	-21	423-5	-71
510-11	9	348-8	-37	511-2	2	498-5	-22	419-10	-71
423-3	5	513-5	*-	419-10	0	423-6	-23	421-1	-74
513-5	-11	338-1	-	428-1	-6	424-6	-33	423-2	-76
492-4	-14	306-2	-	331-3	-19	513-3	-	513-3	-

*Os dados de produção não estavam disponíveis.

Quadro 14 - Valores de heterobeltiose (HETBL), em porcentagem, baseados na produção acumulada das melhores plantas híbridas F₁, provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

4 Anos		6 Anos		8 Anos		10 Anos	
H	HETBL	H	HETBL	H	HETBL	H	HETBL
287-3	118	427-2	59	430-1	44	429-1	19
504-7	111	505-9	55	429-1	39	430-1	12
518-6	101	504-7	37	427-2	29	506-3	-2
505-9	98	498-11	32	506-3	18	430-8	-2
518-8	86	518-5	31	429-2	15	430-7	-7
518-5	79	518-6	31	429-5	13	506-9	-14
498-11	74	416-6	18	506-9	7	498-7	-18
428-7	67	426-5	16	428-1	6	418-6	-19
507-3	67	499-1	15	427-1	4	429-3	-20
499-1	64	428-1	11	498-4	3	505-1	-21
416-6	36	416-4	6	506-4	2	419-8	-22
416-4	26	322-6	1	511-1	0	419-10	-22
335-5	8	419-8	-6	322-6	-3	426-5	-25
341-11	6	334-9	-6	419-10	-6	498-6	-28
511-4	6	418-6	-9	415-1	-6	423-6	-31
322-6	4	418-5	-10	426-5	-6	426-3	-32
342-2	-11	341-11	-14	419-8	-7	423-10	-33
342-8	-15	415-3	-14	418-6	-8	505-2	-33
423-3	-16	423-3	-21	416-6	-8	506-10	-33
341-6	-17	342-8	-26	416-4	-9	419-5	-40
348-5	-33	341-6	-29	341-11	-26	510-5	-41
347-4	-39	342-2	-30	423-6	-26	514-6	-42
337-10	*-	331-3	-31	423-10	-32	423-2	-50
513-5	-	348-1	-42	438-3	-38	421-3	-50
338-1	-	513-5	-	341-6	-40	513-3	-

*Os dados de produção não estavam disponíveis.

MARTINEZ et alii (1988) observaram, em milho, que a heterose, com relação à média dos progenitores, variou de 105 a 169%, para uma média geral de 123%. Em relação ao pai superior, o valor médio da heterose foi de 102%.

A planta híbrida H 287-3 se destacou por apresentar heterose de 195%, calculada com base na produção acumulada dos primeiros quatro anos, período em que foi avaliada (Quadro 12). Destacaram-se também as plantas H 504-7, H 505-9, H 498-11, H 518-6, H 499-1, H 518-5, H 416-6, H 416-4, H 341-11 e H 322-6, que apresentaram heteroses consideráveis, baseadas na produção acumulada dos quatro e seis anos.

Daquelas que foram avaliadas em até oito anos de produção, destacaram-se, na produção acumulada, as plantas H 427-2 e H 428-1, cujos valores de heterose estiveram entre os melhores nos seis e oito primeiros anos de produção. A planta H 427-2, apesar de não aparecer entre os melhores nos primeiros quatro anos, apresentou boa heterose nos dois biênios seguintes, superando consideravelmente os seus progenitores (Figura 8).

A planta híbrida H 322-6 também se destacou com valores de heterose entre os melhores nos primeiros quatro, seis e oito anos de avaliação (Quadro 12). Também as plantas H 430-1, H 429-1 e H 506-3 se destacaram por apresentar as melhores heteroses, baseadas também na produção acumulada, dos últimos dois biênios de avaliação, apesar de não terem apresentado valores consideráveis de heterose nos primeiros anos de produção.

Dentre as plantas que apresentaram as melhores heteroses, encontram-se algumas daquelas que apresentaram também as melhores produções, são elas: H 427-2, H 511-1, H 430-1, H 429-1, H 506-3, H 505-9 e H 341-11. Isto implica que, a elevada produção obtida por elas, foi devido ao efeito da heterose manifestada nas plantas e não por descenderem de pais com elevada capacidade produtiva, pois os seus progenitores apresentaram baixa produção média. Dentre elas, merecem destaque a H 430-1 e a H 429-1, que, mesmo ao final dos dez anos de avaliação ainda apresentaram superioridade na produção comparada aos seus progenitores (Figuras 9 e 10, respectivamente).

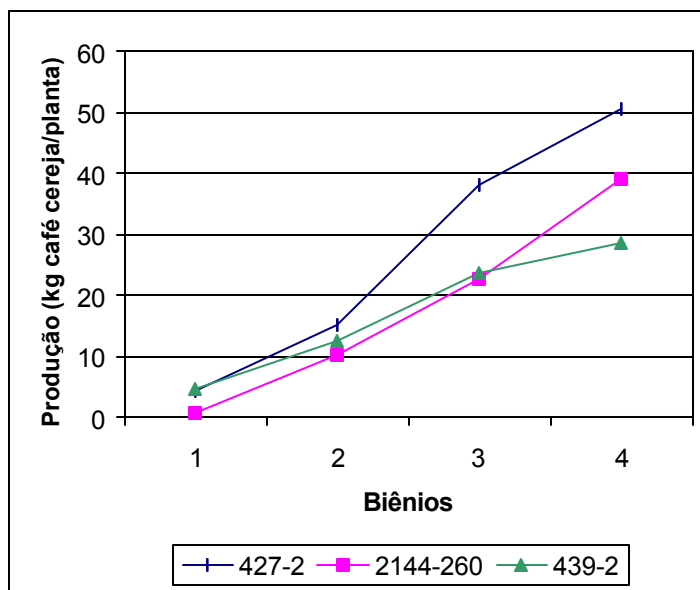


Figura 8 - Produção acumulada do híbrido F_1 H 427-2, em kg de café cereja/planta, comparada à produção de seus progenitores (UFV 2144-260 e UFV 439-2).

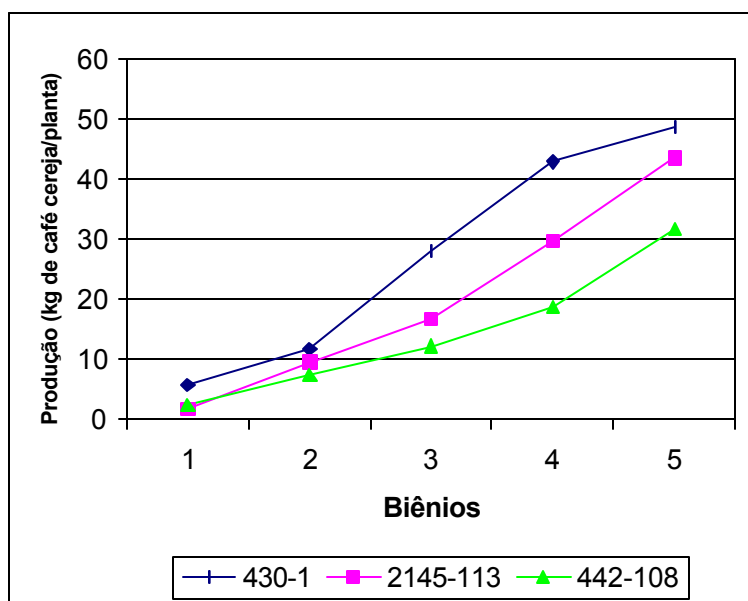


Figura 9 - Produção do híbrido F_1 H 430-1, em kg de café cereja/planta, comparada à produção de seus progenitores (UFV 2145-113 e UFV 442-108).

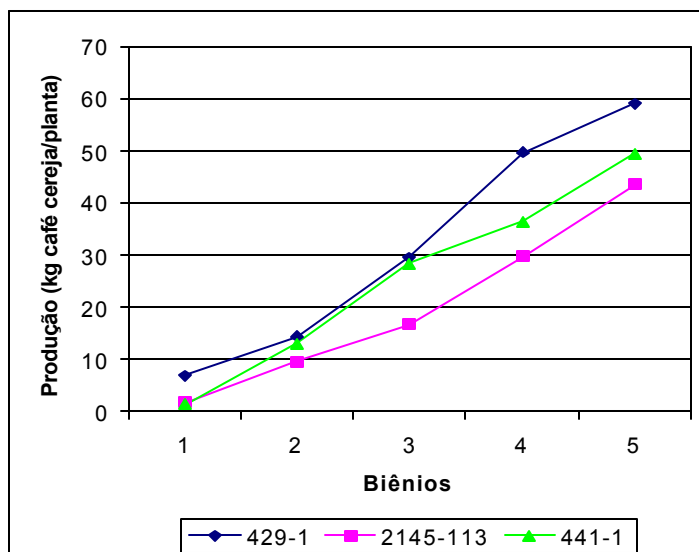


Figura 10 - Produção do híbrido F₁ H 429-1, em kg de café cereja/planta, comparada à produção de seus progenitores (UFV 2145-113 e UFV 441-1).

Os valores de heterobeltiose obtidos neste trabalho (Quadros 13 e 14) confirmam, em grande parte, a superioridade das plantas citadas anteriormente. No entanto, pequenas alterações na classificação das mesmas ocorrem quando esta deixa de ser baseada nas melhores heteroses e passa a ser baseada nas melhores heterobeltioses. Assim, os valores de heterobeltiose também devem ser levados em consideração, pois, na prática, o que interessa é um híbrido que também supere o progenitor mais produtivo (valor prático). Neste caso, novamente, as plantas híbridas H 430-1 e H 429-1 se destacam. Estas plantas apresentaram as melhores heterobeltioses ao final dos dez anos de avaliação (Quadro 14).

No Quadro 13, observam-se maiores valores de heterobeltiose nos primeiros biênios. Isto mostra que, neste caso, o vigor híbrido resultou numa maior produção relativa, principalmente nas primeiras colheitas, onde os híbridos superaram, em muito, os seus progenitores mais produtivos. À medida que avançam as colheitas, o progenitor mais produtivo, geralmente o

Catuai, aumenta a sua capacidade de produção e, na maioria das vezes, supera o híbrido ao final dos dez anos de produção acumulada.

Dentre algumas das plantas que melhor se destacaram quanto aos valores de heterobeltiose estão: H 504-7, H 518-6 e H 518-5, que se destacaram nos primeiros seis anos de avaliação, H 427-2, nos primeiros oito anos, e H 430-1 e H 429-1, nos primeiros dez anos de avaliação (Quadro 14). As plantas híbridas H 427-2, H 430-1 e H 429-1 se destacaram também na relação das mais produtivas.

Sugerem-se que futuros estudos sobre a propagação vegetativa dos melhores híbridos aqui selecionados sejam realizados para exploração comercial da heterose dos mesmos. Sugerem-se também a realização de testes de qualidade de bebida destes híbridos.

4.4. Capacidade geral e específica de combinação

Os dados da CGC, baseados na produção média por biênio e média acumulada, encontram-se nos Quadros 15 e 16, respectivamente. Ao analisar os dados de produção média acumulada, pode-se observar que, para os progenitores Catuai Vermelho, o UFV 2144-35 se destacou nos primeiros quatro e seis anos, período em que foi avaliado, e o UFV 2145-113 se destacou nos seis, oito e dez anos de avaliação. Para os progenitores Híbrido de Timor, o UFV 378-33 se destacou nos primeiros quatro e seis anos de produção, período em que foi avaliado, e o UFV 445-46 se destacou nos primeiros quatro, seis e oito anos de produção, não sendo avaliado no décimo ano de produção.

A baixa produção de alguns descendentes de Híbrido de Timor em nossas condições talvez seja consequência de ter se originado de cruzamento espontâneo entre cafeeiros não selecionados pela produção, das espécies *C. arabica* e *C. canephora* (CARVALHO et alii, 1989).

No entanto, CILAS et alii (1998) observaram ausência de correlação entre a performance das linhagens e suas CGC quando usadas como progenitores. Algumas linhagens com baixas produções apresentaram as melhores performances como progenitores e, por outro lado, boas variedades foram péssimas progenitoras.

Quadro 15 - Capacidade Geral de Combinação dos progenitores Catuaí e Híbrido de Timor, em valores de produção média por biênio, em kg de café cereja/planta, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

CATUAÍ					
Nº UFV	1º Biênio	2º Biênio	3º Biênio	4º Biênio	5º Biênio
2143-235	3,16	7,84	9,71	8,96	5,69
2143-236	2,65	6,01	10,09	8,71	5,89
2144-32	2,64	7,73	8,43	4,16	*-
2144-35	4,29	8,77	8,31	-	-
2144-36	2,99	8,01	6,14	6,69	-
2144-71	2,97	6,36	5,60	6,31	-
2144-141	2,69	7,32	8,34	9,52	-
2145-79	2,73	8,18	7,79	11,88	6,25
2145-113	4,10	6,55	11,96	10,61	5,73
2145-307	2,87	5,90	9,51	8,24	-
2147-295	3,27	8,15	8,59	6,22	-
2148-57	2,30	8,13	8,95	11,93	4,16
2154-344	1,97	7,69	8,99	-	-
2246-139	1,61	7,03	-	-	-
Média	2,87	7,41	8,65	8,48	5,54
Média Geral					6,62
HÍBRIDO DE TIMOR					
Nº UFV	1º Biênio	2º Biênio	3º Biênio	4º Biênio	5º Biênio
376-2	1,68	5,11	6,06	-	-
378-33	4,50	9,13	9,21	-	-
430-19	2,71	7,03	9,29	9,30	-
439-2	2,39	8,07	9,57	10,58	5,28
440-10	2,89	8,42	9,04	9,41	-
445-46	3,46	8,77	10,26	8,63	-
446-8	2,15	8,90	8,88	9,45	5,51
449-62	2,98	5,48	6,26	7,04	-
450-61	3,20	7,55	9,29	7,14	-
450-63	2,55	6,36	6,98	7,10	-
529	3,94	7,76	4,34	-	-
530	2,17	7,74	8,52	8,66	-
Média	2,88	7,53	8,14	8,59	5,39
Média Geral					6,61

* Os dados de produção não estavam disponíveis.

Quadro 16 - Classificação dos progenitores Catuaí e Híbrido de Timor, em ordem decrescente, baseada na Capacidade Geral de Combinação, em valores de produção média acumulada, em kg de café cereja/planta, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

CATUAÍ							
Nº UFV	4 Anos	Nº UFV	6 Anos	Nº UFV	8 Anos	Nº UFV	10 Anos
2144-35	13,06	2144-35	22,66	2145-113	33,22	2145-113	43,44
2147-295	11,42	2145-113	22,61	2148-57	31,93	2145-79	40,72
2143-235	11,01	2143-235	20,72	2145-79	31,34	2143-235	40,06
2144-36	11,00	2147-295	20,01	2143-235	29,56	2143-236	36,15
2145-79	10,91	2148-57	19,70	2144-141	29,51	2148-57	33,34
2145-113	10,65	2145-79	19,06	2143-236	27,46	*-	-
2148-57	10,42	2144-141	18,77	2145-307	26,97	-	-
2144-32	10,37	2143-236	18,75	2147-295	26,24	-	-
2144-141	10,01	2154-344	18,66	2144-32	23,83	-	-
2154-344	9,66	2144-32	18,64	-	-	-	-
2144-71	9,33	2145-307	18,34	-	-	-	-
2145-307	8,78	2144-36	16,39	-	-	-	-
2143-236	8,66	2144-71	14,92	-	-	-	-
2246-139	8,63	-	-	-	-	-	-
Média	10,28		19,17		28,89		38,74
Média Geral							20,66
HÍBRIDO DE TIMOR							
Nº UFV	4 Anos	Nº UFV	6 Anos	Nº UFV	8 Anos	Nº UFV	10 Anos
378-33	13,64	445-46	23,09	445-46	31,49	446-8	37,11
445-46	12,22	378-33	22,85	430-19	31,19	439-2	36,31
529	11,70	440-10	20,62	446-8	30,49	-	-
440-10	11,31	450-61	20,09	440-10	29,05	-	-
446-8	11,06	446-8	19,89	530	28,33	-	-
450-61	10,75	439-2	19,64	450-61	26,41	-	-
439-2	10,46	430-19	18,92	439-2	24,34	-	-
530	9,92	530	18,44	450-63	23,72	-	-
430-19	9,74	529	16,49	449-62	21,52	-	-
450-63	8,91	450-63	15,52	-	-	-	-
449-62	8,46	449-62	14,72	-	-	-	-
376-2	6,78	376-2	13,15	-	-	-	-
Média	10,41		18,62		27,39		36,71
Média Geral							19,09

* Os dados de produção não estavam disponíveis .

No Quadro 17 encontram-se as melhores combinações específicas, baseadas em valores de produção média por biênio e produção média acumulada dos híbridos F_1 . No estudo da capacidade específica de combinação, baseada na produção média por biênio, o cruzamento UFV 2144-36 x UFV 439-2, seguido do cruzamento UFV 2144-35 x UFV 445-46, foi o melhor, no segundo e terceiro biênio. O cruzamento UFV 2143-236 x UFV 430-19, esteve sempre entre os cinco melhores nos quatro biênios em que foi avaliada a sua CEC.

No estudo da CEC, baseada na produção média acumulada dos híbridos F_1 , o cruzamento UFV 2144-36 x UFV 439-2 foi o melhor nos primeiros quatro e seis anos de produção. Os cruzamentos UFV 2144-141 x UFV 440-10 e UFV 2144-35 x UFV 445-46 estiveram sempre entre os três melhores, também nos primeiros quatro e seis anos de produção. O cruzamento UFV 2143-236 x UFV 430-19 esteve entre os cinco melhores nos seis e oito anos de avaliação. Na produção acumulada dos oito anos, o cruzamento UFV 2148-57 x UFV 439-2 foi o melhor.

Deve-se ressaltar que algumas avaliações das combinações híbridas possíveis não foram realizadas neste trabalho por não haver representantes das mesmas na população estudada. Sendo assim, deve-se considerar também a possibilidade de serem as combinações híbridas ausentes superiores às plantas citadas como melhores neste trabalho, já que alguns dos progenitores Catuaí com boas produções não possuíram plantas que os representassem em cruzamentos com os progenitores Híbrido de Timor também com boas produções, e vice-versa.

Os resultados da avaliação da CEC, baseada na produção por biênio e produção acumulada das plantas F_1 , se encontram no Quadro 18. Dentre as plantas que revelaram as melhores combinações específicas, baseadas na produção por biênio, estão: a planta número três, do cruzamento UFV 2143-236 x UFV 430-19, que apresentou a melhor CEC no primeiro biênio, e a planta também de número três, do cruzamento UFV 2145-79 x UFV 446-8, que esteve entre as melhores nos dois últimos biênios.

Quadro 17 - Cinco melhores combinações híbridas específicas, entre Catuaí e Híbrido de Timor, baseadas na produção média por biênio e produção média acumulada dos híbridos F₁ (média das plantas F₁), no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

Classificação	1º Biênio	2º Biênio	4 Anos	3º Biênio	6 Anos	4º Biênio	8 Anos
1º	UFV 2144-141 X UFV 440-10 (H 499)	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (H 348)	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (H 348)	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (H 348)	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (H 348)	UFV 2148-57 X UFV 439-2 (H 510)	UFV 2148-57 X UFV 439-2 (H 510)
2º	UFV 2145-79 X UFV 449-62 (H 507)	UFV 2144-35 X UFV 445-46 (H 342)	UFV 2144-141 X UFV 440-10 (H 499)	UFV 2144-35 X UFV 445-46 (H 342)	UFV 2144-35 X UFV 445-46 (H 342)	UFV 2143-235 X UFV 445-46 (H 419)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (H 498)
3º	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (H 348)	UFV 2246-139 X UFV 430-19 (H 287)	UFV 2144-35 X UFV 445-46 (H 342)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (H 423)	UFV 2144-141 X UFV 440-10 (H 499)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (H 423)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (H 423)
4º	UFV 2144-35 X UFV 445-46 (H 342)	UFV 2144-141 X UFV 440-10 (H 499)	UFV 2246-484 X UFV 450-61 (H 301)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (H 506)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (H 423)	UFV 2144-71 X UFV 450-61 (H 424)	UFV 2143-235 X UFV 445-46 (H 419)
5º	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (H 423)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (H 423)	UFV 2246-716 X UFV 450-61 (H 323)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (H 498)	UFV 2143-235 X UFV 450-63 (H 420)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (H 506)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (H 506)

Quadro 18 - Melhores combinações híbridas específicas, entre Catuaí e Híbrido de Timor, baseadas na produção por biênio e produção acumulada das plantas F₁, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

Classificação	1 ^o Biênio	2 ^o Biênio	4 Anos	3 ^o Biênio	6 Anos	4 ^o Biênio	8 Anos
1 ^o	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (3)*	UFV 2246-139 X UFV 430-19 (3)	UFV 2246-139 X UFV 430-19 (3)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (3)	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (1)	UFV 2143-235 X UFV 445-46 (10)	UFV 2143-235 X UFV 445-46 (10)
2 ^o	UFV 2144-32 X UFV 529 (10)	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (5)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (11)	UFV 2143-235 X UFV 445-46 (8)	UFV 2144-35 X UFV 445-46 (8)	UFV 2148-57 X UFV 530 (3)	UFV 2143-235 X UFV 445-46 (8)
3 ^o	UFV 2148-57 X UFV 439-2 (11)	UFV 2144-141 X UFV 440-10 (1)	UFV 2144-36 X UFV 439-2 (5)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (4)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (11)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (9)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (3)
4 ^o	UFV 2148-57 X UFV 530 (5)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (11)	UFV 2145-79 X UFV 449-62 (3)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (10)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (3)	UFV 2144-71 X UFV 450-61 (6)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (6)
5 ^o	UFV 2144-36 X UFV 449-62 (4)	UFV 2144-71 X UFV 446-8 (1)	UFV 2143-236 X UFV 430-19 (3)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (4)	UFV 2143-235 X UFV 445-46 (8)	UFV 2145-79 X UFV 446-8 (3)	UFV 2144-141 X UFV 439-2 (4)

*O número entre parênteses relaciona-se ao número da planta avaliada.

No estudo da CEC, baseada na produção acumulada das plantas F_1 , as plantas que revelaram as melhores combinações específicas foram: a planta número três, do cruzamento UFV 2246-139 x UFV 430-19, que apresentou a melhor CEC nos primeiros quatro anos de avaliação; as plantas número 11, do cruzamento UFV 2144-141 x UFV 439-2 e número três, do cruzamento UFV 2143-236 x UFV 430-19, cujas CEC estiveram entre as três e cinco melhores, respectivamente, nos primeiros quatro e seis anos de avaliação; a planta número um, do cruzamento UFV 2144-36 x UFV 439-2, que apresentou a melhor CEC nos seis anos; e a planta número dez, do cruzamento UFV 2143-235 x UFV 445-46, que apresentou a melhor CEC nos oito anos de produção acumulada.

Segundo CRUZ & REGAZZI (1994), o melhor híbrido é aquele que apresenta a maior estimativa da capacidade específica de combinação e que pelo menos um dos pais possui alta estimativa da capacidade geral de combinação. Assim sendo, o híbrido H 348, proveniente do cruzamento UFV 2144-35 x UFV 445-46, que esteve sempre entre os quinze mais produtivos, quer seja na produção média por biênio ou média acumulada, deve ser considerado o melhor, pois, além de apresentar uma excelente estimativa da CEC, ambos os seus progenitores possuíram elevada estimativa da CGC. A planta número 10 do híbrido H 419, proveniente do cruzamento UFV 2143-235 x UFV 445-46, que esteve entre as melhores produções acumuladas nos oito e dez anos de avaliação, também deve ser considerado bom por apresentar boa estimativa da CEC e possuir um de seus progenitores (UFV 445-46) com elevada CGC.

Os dados obtidos neste trabalho sugerem a realização de futuros estudos contemplando todas as combinações possíveis entre os melhores progenitores. Especial atenção deve ser dada à elaboração de um delineamento genético-estatístico que possa auxiliar no entendimento dos futuros dados que serão obtidos. No entanto, a continuidade do programa de melhoramento intrapopulacional e realização de novos cruzamentos com utilização de progenitores com boa CGC é de primordial importância.

4.5. Avaliação da resistência à ferrugem -do-cafeeiro

A metodologia utilizada neste estudo (método dos discos de folhas), além de ser de simples condução, demonstrou boa eficiência, com reduzida perda de discos (5% de perda total, média de 0,81 disco por amostra de 16 discos). Os dados referentes às reações dos cafeeiros dos progenitores de Catuaí e Híbrido de Timor, dos híbridos F_1 e RC_1 , são apresentados a seguir.

As testemunhas de Catuaí mostraram-se todas susceptíveis à raça utilizada (classe 3) (Quadro 19), sendo a mesma portadora do gene de virulência V_5 capaz de anular a resistência conferida pelo fator S_{H5} encontrado nos cafeeiros das cultivares comerciais de Catuaí Vermelho e C. Amarelo. No caso das testemunhas de Híbrido de Timor, os progenitores UFV 376-2; UFV 440-22 e UFV 529 demonstraram-se imunes, sem qualquer sinal de infecção (classe 1), enquanto os progenitores UFV 439-2 e UFV 445-46 apresentaram-se também resistentes, mas com reação de hipersensibilidade ao patógeno (classe 2). Já o progenitor UFV 427-15 mostrou-se suscetível à raça estudada (classe 3).

Os híbridos F_1 , provenientes de combinações entre Catuaí e Híbrido de Timor, apresentaram resistência à raça II, com exceção da planta 2 do híbrido H 415 (Quadro 20). Os fenótipos de resistência para todas as plantas dos híbridos F_1 , H 332; H 337; H 342 e H 348, sugerem que a resistência presente nos progenitores de Híbrido de Timor seja conferida por genes com interação alélica de completa dominância para a raça II de *H. vastatrix*.

Isto pode ser confirmado pelo estudo da herança da resistência a *H. vastatrix* (raças II e XXV), em descendências de sete cruzamentos de Catuaí e Mundo Novo com seleções de Híbrido de Timor, onde se verificou que a reação de resistência é conferida por alelo(s) dominante(s) oriundo(s) do Híbrido de Timor, podendo ser monogênica ou controlada por três genes com segregação independente (PEREIRA, 1995).

Quadro 19 – Reação de progenitores Catuaí e Híbrido de Timor à Raça II de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br

Testemunhas (progenitores)	Reação
Catuaí UFV 2144-32	S
Catuaí UFV 2144-35	S
Catuaí UFV 2144-36	S
Catuaí UFV 2143-193	S
Catuaí UFV 2144-236	S
Híbrido de Timor UFV 376-2	R
Híbrido de Timor UFV 427-15	S
Híbrido de Timor UFV 439-2	R*
Híbrido de Timor UFV 440-22	R
Híbrido de Timor UFV 445-46	R*
Híbrido de Timor UFV 529	R

(*) R - Reação de imunidade, sem qualquer sinal de infecção (classe 1); R* - Reação de resistência, com sintomas de hipersensibilidade (classe 2); e S - Reação de suscetibilidade (classe 3).

Quadro 20 - Reação de híbridos F₁, provenientes de combinações entre Catuaí e Híbrido de Timor, à Raça II de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br

Cruzamento	Híbridos F ₁	R	R*	S
UFV 2144-32 x UFV 376-2	H 332-1	X		
	H 332-3	X		
	H 332-5	X		
UFV 2144-32 x UFV 529	H 332-6	X		
	H 337-2	amostra perdida		
UFV 2144-35 x UFV 445-46	H 342-1	X		
	H 342-2	X		
	H 342-5	X		
	H 342-7	X		
UFV 2144-36 x UFV 439-2	H 348-2	X		
	H 348-3	X		
	H 348-4	X		
	H 348-7	X		
UFV 2143-193 x UFV 440-22	H 415-1	X		
	H 415-2			X
	H 415-4	X		
UFV 2143-236 x UFV 427-15	H 421-5	X		

(*) R - Reação de imunidade, sem qualquer sinal de infecção (classe 1); R* - Reação de resistência, com sintomas de hipersensibilidade (classe 2); e S - Reação de suscetibilidade (classe 3).

Das 107 plantas RC₁ avaliadas, 81 delas (75,7%) apresentaram resistência à ferrugem -do-cafeeiro. Apenas 26 plantas apresentaram suscetibilidade ao patógeno (Quadro 21). Dentre as plantas RC₁ resistentes, destacam-se aquelas provenientes dos retrocruzamentos em que as plantas híbridas F₁ H 332-3; H 342-1; H 342-2; H 342-7; H 348-9; H 415-1 e H 337-2 participaram. Todas elas apresentaram resistência à raça do patógeno utilizada. Isto sugere que a resistência conferida pelo Híbrido de Timor não foi perdida no cruzamento com o Catuaí na obtenção dos respectivos híbridos F₁.

Dentre as plantas RC₁ susceptíveis, observou-se que todas as seis plantas RC₁ resultantes de retrocruzamentos onde o progenitor UFV 427-15 esteve presente (RC₁ H 736), apresentaram reação de suscetibilidade ao patógeno (Quadro 21). O Híbrido de Timor UFV 427-15, progenitor masculino que deu origem à planta híbrida F₁ H 421-5, já apresentava suscetibilidade ao patógeno, como foi observado anteriormente (Quadro 19). Além disso, PEREIRA (1995) observou que a combinação H 421 foi a que apresentou maior número de plantas segregantes para a classe de suscetibilidade à ferrugem do cafeeiro.

Todas as plantas RC₁ provenientes dos cruzamentos onde a planta híbrida F₁, H 415-2 participou (RC₁ H 712), também apresentaram reação de suscetibilidade; provavelmente devido à perda da resistência da planta 2 do híbrido F₁ H 415 (Quadro 20); uma vez que o seu progenitor (UFV 440-22) apresentou reação de imunidade à raça do patógeno estudado (Quadro 19). Outra possibilidade, mais remota, que explicaria esse fato seria a planta H 415-2 não se tratar de um híbrido e sim de uma autofecundação da Cultivar Catuaí (progenitor feminino).

Diante dos resultados obtidos, ficou evidenciado o alto nível de resistência a *H. vastatrix* presente nas populações derivadas do Híbrido de Timor, ressaltando o seu potencial para o melhoramento genético do cafeeiro. Nos estudos de outras características de interesse avaliadas futuramente no campo, serão selecionadas as plantas que formarão novas populações dando continuidade ao programa de melhoramento nesta linha de pesquisa.

Quadro 21 - Reação de híbridos RC₁, com Catuaí como progenitor recorrente, à Raça II de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. (*)

Híbridos RC ₁	Plantas N ^o			Total de plantas
	R	R*	S	
H 680 (H 332-1 x UFV 2144-32)		1; 2; 3; 4; 6	5	6
H 682 (H 332-3 x UFV 2144-32)		16; 17; 18; 19; 20; 21; 22		7
H 684 (H 332-5 x UFV 2144-32)			202	1
H 686 (H 332-6 x UFV 2144-32)		519; 521	517; 518; 520; 522	6
H 688 (H 342-1 x UFV 2144-35)		532; 534		2
H 690 (H 342-2 x UFV 2144-35)	459; 460	457; 458; 462		5
H 694 (H 342-5 x UFV 2144-35)	326; 328	327; 331	325; 329; 330	7
H 696 (H 342-7 x UFV 2144-35)	472; 473; 475; 477	474; 476; 478		7
H 700 (H 348-2 x UFV 2144-36)	40; 43	37; 38; 42	39; 41	7
H 702 (H 348-3 x UFV 2144-36)		10; 12; 13; 14; 15	11	6
H 704 (H 348-4 x UFV 2144-36)	151; 155; 156; 157	154	152; 153	7
H 706 (H 348-7 x UFV 2144-36)			525	1
H 708 (H 348-9 x UFV 2144-36)	451; 452	449; 450; 453; 454		6
H 710 (H 415-1 x UFV 2143-193)	422	419; 421; 423; 424; 425		6
H 712 (H 415-2 x UFV 2143-193)			317; 320; 322; 323	4
H 714 (H 415-4 x UFV 2143-193)	396	392; 394; 395; 397; 398	393	7
H 736 (H 421-5 x UFV 2143-236)			74; 75; 76; 77; 78; 79	6
H 855 (H 337-2 x UFV 2144-32)	93; 167; 355; 356; 485	67; 80; 90; 166; 169; 251; 257; 292; 312; 351; 361		16

(*) R - Reação de imunidade, sem qualquer sinal de infecção (classe 1); R* - Reação de resistência, com sintomas de hipersensibilidade (classe 2); e S - Reação de suscetibilidade (classe 3).

Os resultados aqui obtidos são confirmados por dados de campo, ainda não publicados, colhidos no ano de 1997, na própria lavoura onde se encontram as plantas RC₁ aqui estudadas.

4.6. Estudo da diversidade genética e certificação da natureza híbrida dos híbridos mais produtivos na geração F₁

Os padrões de bandas (presença e ausência) foram utilizados para determinar o grau de dissimilaridade genética entre os genótipos estudados. Foram utilizados, neste trabalho, 86 diferentes primers, onde 46 deles, ou seja, 53,5%, apresentaram polimorfismo. Foram obtidas 108 bandas polimórficas (média de 2,35 bandas polimórficas/primer). Os polimorfismos são identificados como fragmentos de DNA amplificados a partir de um indivíduo e não amplificados a partir do outro, que resultam em presença e ausência de banda no gel, respectivamente. A Figura 11 representa o padrão obtido com o primer OPA-4 para 13 dos progenitores estudados.

Dentre os primers que apresentaram maior número de bandas polimórficas encontram-se o OPA-8, OPC-10, OPA-5 e OPA-10 com nove, seis, cinco e cinco bandas polimórficas, respectivamente.

A matriz de distâncias genéticas revelou a existência de distâncias reduzidas (até 0%), por exemplo, entre os genótipos de Catuaí UFV 2144-32 e UFV 2143-193, entre o Híbrido de Timor UFV 435-1 e a planta híbrida F₁ H332-1, entre as plantas híbridas H 332-3 e H 342-5, e entre H 342-7 e H 342-2. No entanto, grandes distâncias também foram observadas entre os genótipos de Catuaí, UFV 2143-235, UFV 2144-260, UFV 2145-79, UFV 2145-113 e UFV 2148-57, e várias plantas híbridas F₁, e entre a planta H 513-5 e várias outras.

Como pode ser visto no dendograma da Figura 12, considerando um valor de 74% de dissimilaridade, dois grupos de genótipos se distinguem, são eles: o grupo A com 15 genótipos (14 híbridos F₁ e 1 Híbrido de Timor) e o grupo B com os outros 36 genótipos restantes. Todos os 14 híbridos presentes no grupo A, são híbridos menos produtivos (capítulo 4.1).

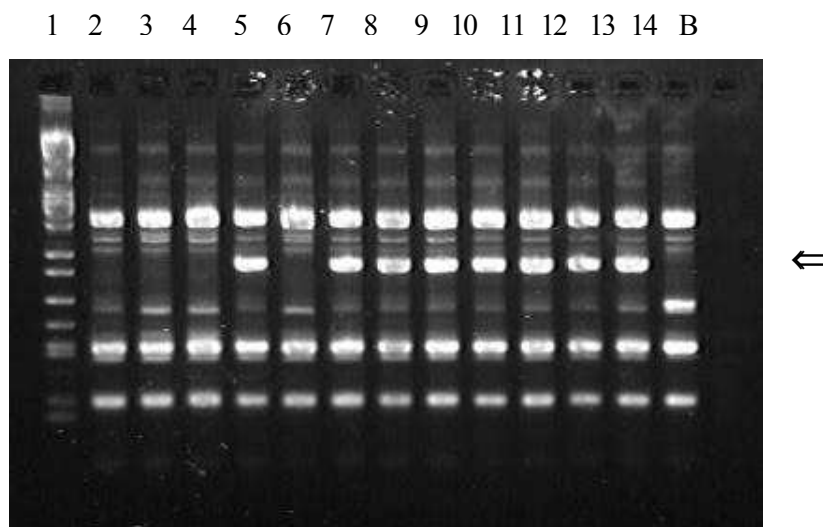


Figura 11 – Padrão de amplificação de fragmentos de DNA (RAPDs) obtido com o primer OPA-4 para os progenitores analisados (Híbrido de Timor e Catuaí). A seta indica o polimorfismo mais evidente. A seqüência de genótipos é a seguinte: (1) DNA marcador, (2) UFV 376-2, (3) UFV 439-2, (4) UFV 440-22, (5) UFV 427-15, (6) UFV 445-46, (7) UFV 2143-193, (8) UFV 2143-236, (9) UFV 2144-32, (10) UFV 2144-35, (11) UFV 2144-36, (12) UFV 2145-113, (13) UFV 2148-57, (14) UFV 529 (= CIFC 832/1) e (B) Branco.

Considerando o limite de 60% de dissimilaridade genética como nível de corte, um terceiro grupo é formado pela divisão do grupo B. Este novo grupo é formado apenas por um genótipo, a planta H 513-5, que se trata de uma das 12 plantas híbridas mais produtivas, segundo avaliações realizadas no primeiro capítulo.

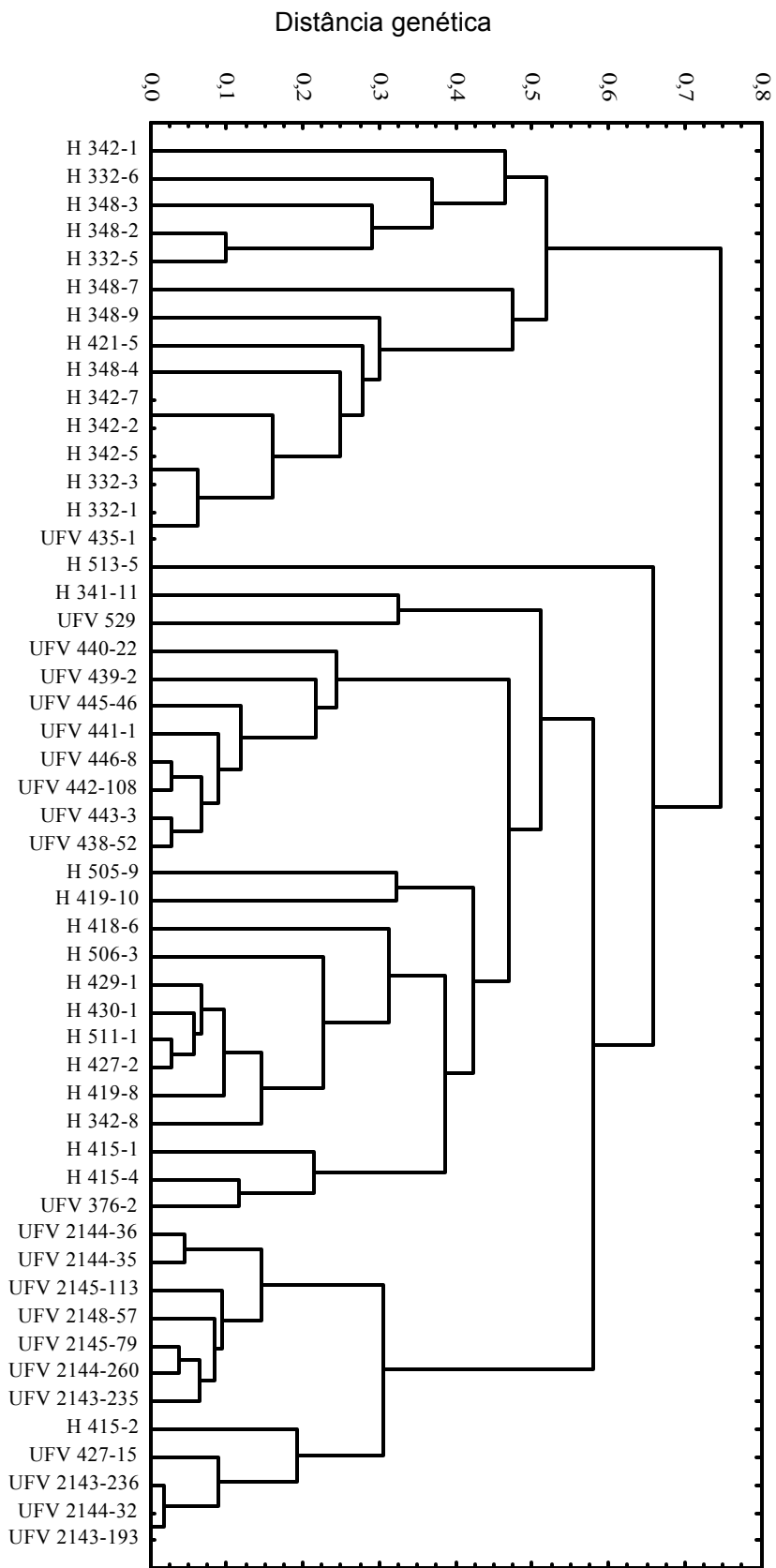


Figura 12 – Dendrograma obtido pelo método UPGMA, representando distâncias genéticas estimadas entre 51 genótipos de café baseados em 108 marcadores RAPD gerados por 46 primers.

Se o limite de dissimilaridade genética for reduzido para 54%, o grupo B passa a apresentar 3 subgrupos. O primeiro formado pela planta H 513-5, o segundo formado por 23 genótipos (13 híbridos F₁ e 10 Híbridos de Timor) e o terceiro por 12 genótipos (10 Catuaí, 1 Híbrido de Timor e 1 híbrido F₁). Dos 13 híbridos F₁ presentes no segundo subgrupo, 11 deles são híbridos mais produtivos. LASHERMES et alii (1996), através da análise da diversidade genética pela técnica RAPD, evidenciaram uma base genética estreita entre cultivares comerciais (três Typica e três Bourbon) e larga entre outros acessos da Etiópia e Quênia. Os autores afirmam que a possibilidade de aplicação da técnica RAPD, baseado nas medidas da distância genética, para predizer a performance do híbrido pode ser considerada.

No terceiro subgrupo encontram-se todos os progenitores Catuaí estudados e também o Híbrido de Timor UFV 427-15. Segundo PEREIRA (1995), o Híbrido de Timor UFV 427-15 apresenta apenas um gene dominante segregante conferindo resistência à ferrugem. Segundo avaliações realizadas no campo, este genótipo já vem apresentando, há algum tempo, sintomas de suscetibilidade à ferrugem do cafeeiro. Além disso, foi também observado que o fenótipo do UFV 427-15 se assemelha muito ao fenótipo de *C. arabica*.

No dendograma, pode-se observar que a planta híbrida H 421-5, resultante do cruzamento do Catuaí UFV 2143-236 com o Híbrido de Timor UFV 427-15 permaneceu no subgrupo dos híbridos F₁ menos produtivos. A baixa produção desta foi observada na classificação da mesma no “ranking” de produção.

Se for considerado um limite de 44% de dissimilaridade genética, haverá uma subdivisão em 9 subgrupos; sendo 4 deles originados do grupo A e os outros 5 do grupo B. No grupo B, aparece o primeiro subgrupo formado pela planta H 513-5; o segundo subgrupo formado pela planta híbrida mais produtiva, a H 341-11, e o Híbrido de Timor UFV 529; o terceiro subgrupo formado por oito Híbridos de Timor; o quarto subgrupo formado

por 12 híbridos F₁ (10 deles tratam-se dos mais produtivos) e um Híbrido de Timor (UFV 376-2); e o quinto subgrupo formado pelos 10 Catuaí (todos), o Híbrido de Timor UFV 427-15 e a planta H 415-2. Observa-se que o grupo dos híbridos F₁ mais produtivos, que apresentaram também elevada heterose, situa-se numa posição intermediária aos dois grupos onde estão os seus progenitores (grupo dos Catuaí e grupo dos Híbrido de Timor).

O Híbrido de Timor UFV 529 no limite de 49% de dissimilaridade, já se situa fora do grupo formado pelos outros Híbrido de Timor. Este genótipo corresponde ao CIFC 832/1, um dos descendentes do Híbrido de Timor pertencente ao grupo fisiológico A, resistente a todas as raças conhecidas do fungo *H. vastatrix*.

O baixo polimorfismo molecular observado em *C. arabica* por outros autores (ANTHONY et alii, 1997; LASHERMES et alii, 1996; LASHERMES et alii, 1995) está provavelmente relacionado à origem desta espécie. A busca da diversidade genética dentro da coleção do germoplasma arábica observado neste estudo e a realização de hibridações entre este germoplasma e deste com outros afins, foi de vital importância na obtenção dos genótipos superiores aqui obtidos.

Em observações realizadas no campo, baseadas em dados fenotípicos, foi possível detectar uma maior diferenciação dos genótipos do que a que foi inferida por dados moleculares. Isso permitiu grandes avanços na seleção de plantas superiores (PEREIRA, 1985; PEREIRA, 1995). Tal diferença poderia ser explicada pelo fato de que diferenças detectadas por dados fenotípicos são ampliadas devido a interações genótipo X ambiente para caracteres quantitativos. Isso porque, nem toda variação fenotípica representa variação genética. Assim, no processo de seleção dos genótipos utilizados neste trabalho, as variações de caracteres observadas no campo podem não representar de maneira fidedigna a variação genética.

Foi realizado um ensaio de repetibilidade para observar o comportamento de alguns dos primers utilizados. Neste ensaio, utilizou-se 13 dos 22 progenitores estudados (7 linhagens do grupo do Catuaí e 6 descendentes do Híbrido de Timor). Foram repetidas reações com 51 primers; dentre esses, apenas 25 (50 %) apresentaram nitidez de bandas

que permitissem análise nas duas repetições, totalizando 44 bandas avaliadas.

Dos 25 primers estudados na análise de repetibilidade, 23 deles (92%) apresentaram igualdade de resultados nas duas reações realizadas; o que representou uma satisfatória repetibilidade dos primers estudados.

Ao realizar-se um estudo da dissimilaridade genética dos 13 progenitores, utilizando apenas as bandas polimórficas que apresentaram repetibilidade, um resultado similar àquele realizado com todos os genótipos e primers foi obtido quando se adotou um limite de 60% de dissimilaridade (Figura 13). Observa-se, neste caso, a formação de quatro subgrupos. O primeiro subgrupo é formado por todos os sete Catuaí estudados e pelo Híbrido de Timor UFV 427-15. O segundo subgrupo é formado pelo Híbrido de Timor UFV 376-2. O terceiro subgrupo é formado por três outros Híbrido de Timor. E o quarto subgrupo é formado pelo Híbrido de Timor UFV 529.

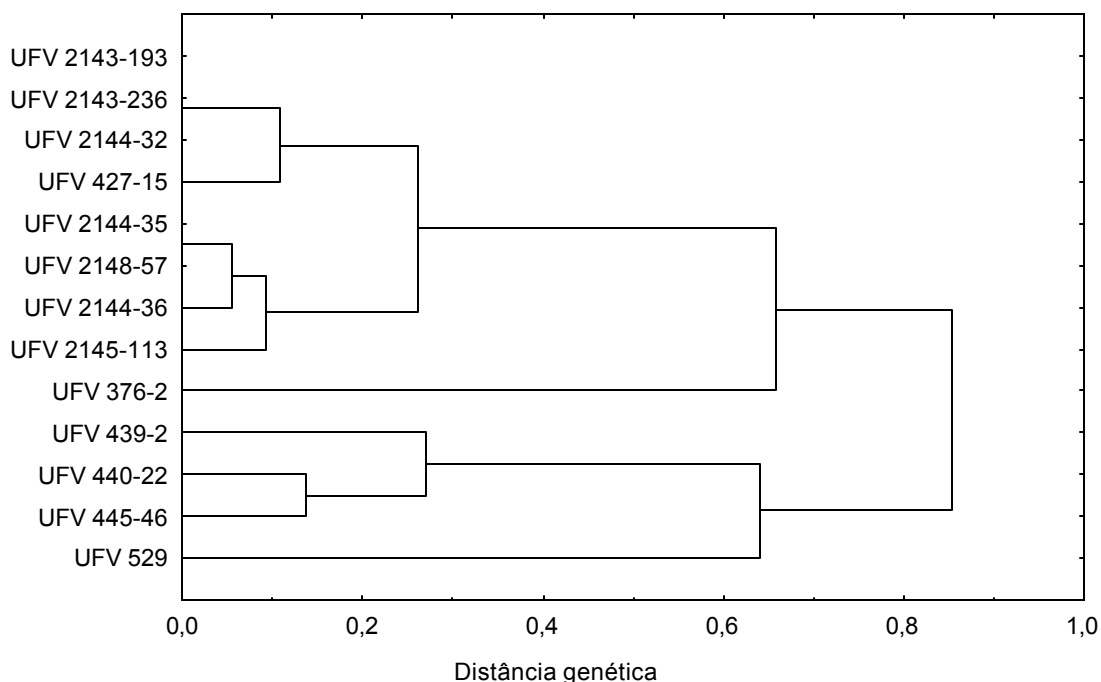


Figura 13 – Dendrograma obtido pelo método UPGMA, representando distâncias genéticas estimadas entre 13 progenitores, baseados em 32 marcadores RAPD gerados por 23 primers.

Foi realizado também um estudo para certificação da natureza híbrida dos genótipos F₁ mais produtivos. Utilizou-se um total de 15 marcadores RAPD gerados por 12 primers, cujo polimorfismo caracterizou-se pela presença de banda no progenitor masculino e ausência no feminino. Foram estudados os 12 híbridos mais produtivos. Observou-se que 11 deles apresentaram bandas presentes também no progenitor masculino (Híbrido de Timor), confirmando a ocorrência de cruzamento e, portanto, atestando a natureza híbrida dos materiais estudados. Apenas um dos híbridos não apresentou as bandas polimórficas presentes no progenitor masculino; pelo contrário, o mesmo apresentou padrão de bandas semelhante ao do progenitor feminino (Catuaí).

Dentre aqueles que confirmaram a natureza híbrida estão as plantas: H 341-11, H 342-8, H 418-6, H 419-8, H 419-10, H 427-2, H 429-1, H 430-1, H 505-9, H 506-3 e H 511-1. Estas plantas apresentaram elevada heterose, confirmando o seu vigor híbrido.

A natureza híbrida da planta H 513-5 não foi confirmada pelos marcadores utilizados, não podendo, entretanto, concluir-se que esta planta tenha se originado por autofecundação do UFV 2148-57 (progenitor feminino – Catuaí), uma vez que a mesma, apesar de não apresentar as bandas polimórficas presentes nos outros híbridos e possuir padrão de banda similar ao progenitor feminino, permaneceu isolada dos grupos onde se encontram os progenitores Catuaí, no estudo da diversidade genética (Figura 12). Logo, se a referida planta fosse originada de autofecundação, encontrar-se-ia, no dendograma, próximo ao Catuaí UFV 2148-57. Outro importante fato, que também deve ser levado em consideração, diz respeito ao progenitor masculino do híbrido em questão. O Híbrido de Timor UFV 529, por se tratar de um híbrido, provavelmente apresenta locos em heterozigose e, assim sendo, seus descendentes (no caso, a planta H 513-5) pode ter herdado um alelo que não se identificou com os primers utilizados neste estudo e, conseqüentemente, não houve formação da banda que foi visualizada nas amostras dos outros híbridos estudados. Outros marcadores devem ser analisados para confirmação.

A Figura 14 mostra uma das bandas polimórficas, obtida com o primer OPC-9, que atesta a natureza híbrida de onze dos doze híbridos estudados (número 1 ao 11), pela presença de banda no híbrido F₁, ausência no progenitor feminino e presença no progenitor masculino. Apenas a planta híbrida H 513-5 (número 12) não seguiu o padrão dos outros híbridos (presença de banda no progenitor masculino e ausência no híbrido F₁ e progenitor feminino).

Segundo TEDESCO et alii (1999), o primer OPC-09 encontra-se ligado ao gene de resistência à ferrugem, portando-se como um bom marcador deste gene. Isso pode ser de vital importância na seleção final dos híbridos estudados.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 B

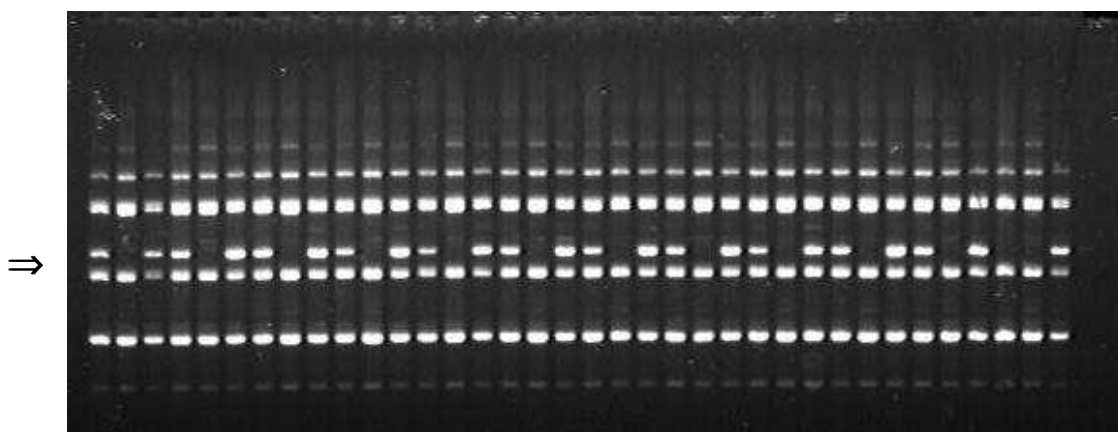


Figura 14 – Padrão de amplificação de fragmentos de DNA (RAPDs) obtido com o primer OPC-9 para os doze melhores híbridos F₁ e seus respectivos progenitores (progenitor feminino Catuaí e progenitor masculino Híbrido de Timor). A seta indica o polimorfismo mais evidente. A seqüência de genótipos partindo da esquerda é a seguinte: (1) H 341-11, (2) UFV 2144-35, (3) UFV 435-1, (4) H 342-8, (5) UFV 2144-35, (6) UFV 445-46, (7) H 418-6, (8) UFV 2143-235, (9) UFV 443-3, (10) H 419-8, (11) UFV 2143-235, (12) UFV 445-46, (13) H 419-10, (14) UFV 2143-235, (15) UFV 445-46, (16) H 427-2, (17) UFV 2144-260, (18) UFV 439-2, (19) H 429-1, (20) UFV 2145-113, (21) UFV 441-1, (22) H 430-1, (23) UFV 2145-113, (24) UFV 442-108, (25) H 505-9, (26) UFV 2145-79, (27) UFV 438-52, (28) H 506-3, (29) UFV 2145-79, (30) UFV 446-8, (31) H 511-1, (32) UFV 2148-57, (33) UFV 443-3, (34) H

513-5, (35) UFV 2148-57, (36) UFV 529 (= CIFIC 832/1) e (B) Branco.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que:

1) Através da seleção baseada nas produções dos híbridos em geração F_1 , observou-se a superioridade das plantas: H 341-11, H 429-1, H 427-2, H 418-6, H 506-3, H 505-9, H 513-5, H 419-8, H 419-10, H 511-1, H 342-8 e H 430-1;

2) Os progenitores Catuaí Vermelho, UFV 2144-35 e UFV 2145-113, e Híbrido de Timor, UFV 378-33 e UFV 445-46, foram os melhores quanto à capacidade geral de combinação em relação à produção ;

3) Para a capacidade específica de combinação, os cruzamentos UFV 2144-36 x UFV 439-2, UFV 2144-141 x UFV 440-10, UFV 2144-35 x UFV 445-46 e UFV 2148-57 x UFV 439-2 foram os melhores;

4) O híbrido H 429 e as plantas híbridas H 287-3, H 430-1, H 429-1 e H 506-3 apresentaram os melhores valores de heterose;

5) Os valores de heterobeltiose confirmaram a superioridade de produção de grande parte dos híbridos obtidos nos cruzamentos realizados;

6) Na avaliação da reação dos genótipos à ferrugem -do-cafeeiro, os progenitores Catuaí apresentaram reação de suscetibilidade, enquanto os progenitores Híbrido de Timor, com exceção do UFV 427-15, os híbridos F_1 , com exceção do H 415-2, e 81 híbridos RC_1 , dos 107 estudados, foram resistentes, constituindo-se num grande potencial para o melhoramento genético do cafeeiro buscando resistência à ferrugem;

7) No estudo da diversidade genética, os primers que apresentaram maior número de bandas polimórficas foram: OPA-8, OPC-10, OPA-5 e OPA-10;

8) Com um limite de dissimilaridade genética de 54%, o Híbrido de Timor UFV 427-15 permaneceu no grupo das cultivares Catuaí;

9) Onze dos doze genótipos mais produtivos na geração F_1 , tiveram sua natureza híbrida confirmada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, R. S.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ, C. D.; VALE, F. X. R. Do. Correlação entre variáveis climáticas e o progresso da ferrugem do cafeeiro. Fitopatologia Brasileira, **20**:368-368, 1995.
- ACUÑA, R. S., ZAMBOLIM, L.; VENEGAS, V. H. A., VALE, F. X. R. Controle da ferrugem do cafeeiro com aplicação da mistura Triadimenol + Dissulfoton em solo submetido a três níveis de umidade. Fitopatologia Brasileira, **22**:148-53, 1997.
- ALLARD, R. W. **Princípios do Melhoramento Genético das Plantas**. Trad. Almiro Blumenschein, Ernesto Paterniani, José T. do Amaral Gurgel e Roland Vencovsky. Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional-USAID e Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1971. 381p.
- ALVARADO, G. A. & GUERRERO, H. C. Comportamiento Agronómico de Progenies de Híbridos Triploides de *C. arabica* var. Caturra X (Caturra X *C. canephora*). CENICAFÉ, **48**(2):73-91, 1997.
- ALVARENGA, A. P. Produção e Outras Características de Progênes de Café Icatu (*Coffea* ssp), em Viçosa-MG. Viçosa, UFV, 1991. 75p. (Tese M.S.)
- AMARAL JÚNIOR, A. T. do; CASALI, V. W. D.; SCAPIM, C. A.; SILVA, D. J. H. da; CRUZ, C. D. Análise dialéctica da capacidade combinatória de cultivares de tomateiro. Bragantia, **55**(1):67-73, 1996.
- AMEHA, M. Heterosis in crosses of indigenous coffee selected for yield and resistance to coffee berry disease – first bearing stage (*Coffea arabica*). Acta Horticulturae (140):155-61, 1983.

- AMEHA, M. & BELLACHEW, B. Heterosis for yield in crosses of indigenous coffee selected for yield and resistance to coffee berry disease II at first three years. In: African Symposium on Horticultural Crops, 10^o, Addis Ababa, 1984. Acta Horticulturae (158):347-52, 1985.
- ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; LASHERMES, P.; CHARRIER, A. La biologie moléculaire en appui à l'amélioration génétique du caféier Arabica. Plantations, recherche développement, 4(6):369-77, 1997.
- ARAUJO NETTO, K. de & PEREIRA, J. B. D. Vigor híbrido em cruzamentos de *Coffea arabica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, Campos do Jordão, 1980. **Resumos...**, Campos do Jordão, IBC, 1980. p.14-6.
- ARAUJO NETTO, K. de; PAULINO, A. J.; PEREIRA, J. B. D. Estudo de híbridos de *Coffea arabica* – Catimor versus Catuaí, Catindu versus Catuaí e outros. In: COLÓQUIO DA ASSOCIATION SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE DU CAFÉ, 10^o, Salvador, 1982. **Resumos...**, Salvador, ASIC, 1982. p.73.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; RENA, A. B. Physiology of growth and production of the coffee tree a review. Journal of Coffee Research, 27(1):1-54, 1999.
- BEGAZO, J. C. E. O. **Algumas considerações sobre o melhoramento do cafeeiro**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1979. 12p.
- BELLACHEW, B. Arabica coffee breeding in Ethiopia: a review. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 17^o, Nairobi, 1997. **Resumos...**, Paris, Association Scientifique Internationale du Café (ASIC), 1997. p.415-23. (CAB Abstracts)
- BELLACHEW, B.; AMEHA, M.; MEKONNEN, D. Heterosis and combining ability in coffee (*Coffea arabica* L.). In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFE, 15^o, Montpellier, 1993 **Resumos...**, Paris, Association Scientifique Internationale du café (ASIC), 1993. p.A9.
- BERED, F.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. de. Marcadores moleculares e sua aplicação no melhoramento genético de plantas. Ciência Rural, 27 (3):513-20, 1997.
- BERTRAND, B.; AGUILAR, G.; SANTACREO, R.; ANTHONY, F.; ETIENNE, H.; ESKES, A. B.; CHARRIER, A. Comportement d'hybrides F₁ de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique Centrale. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 17^o, Nairobi, 1997. **Trabalhos publicados...**, Paris, Association Scientifique Internationale du Café (ASIC), 1997. p.415-23.

- BETTENCOURT, A. J. **Melhoramento Genético do Cafeeiro: transferência de factores de resistência à *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L.** Imprensa Portuguesa, Lisboa, 1981. 93p.
- BLANDÓN, S. C. Capacidade Combinatória em Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Fatores que Afetam Sua Estimativa, Sua Avaliação Mediante Testadores e Sua Aplicação na Identificação de Progenitores. Viçosa, UFV, 1991. 97p. (Tese M.S.)
- BRAZ, L. T. Avaliação de Caracteres Agronômicos e Quantitativos de Três Cultivares de Pimentão (*Capsicum annum* L.) e de Heterose em Seus Híbridos F₁. Viçosa, UFV, 1982. 75p. (Tese M.S.)
- CARBONERA, R. Heterose e Divergência Genética em Genótipos de Arroz de Sequeiro (*Oriza sativa* L.). Piracicaba, CENAUSP, 1990. 104p. (Tese M.S.)
- CARVALHO, A. Pesquisas sobre o melhoramento do café. *Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"*, **43**(2):793-809, 1986.
- CARVALHO, A. Principles and Practice of Coffe Plant Breeding for Productivity and Quality Factors: *Coffe arabica*. In: CLARKE, R. J. & MACRAE, R. (Eds). **Coffe**, V.4: Agronomy. London, Elsevier, 1988. p.129-65.
- CARVALHO, A. & FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C. & VIÉGAS, G. P. (Eds). **O Melhoramento de Plantas no Instituto Agrônomo**. V.1. IAC Campinas, 1993. p.29-76.
- CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. da. Melhoramento do cafeeiro: XLI. Produtividade do Híbrido de Timor, de seus derivados e de outras fontes de resistência a *Hemileia vastatrix*. *Bragantia*, **48**(1):73-86, 1989.
- CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do cafeeiro: XXXIX. Produtividade e características de progênies S₂ e S₃ de Mundo Novo e Bourbon Amarelo e de híbridos entre esses cultivares. *Bragantia*, **37**(15):129-38, 1978.
- CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do cafeeiro: XL. Estudos de progênies e híbridos de café Catuaí. *Bragantia*, **38**(22):203-16, 1979.
- CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C.; RIBEIRO, I. J. A. Transferência de fatores genéticos de resistência a *Hemileia vastatrix* para o cultivar Mundo Novo. *Bragantia*, **36**(6):93-102, 1977.

- CARVALHO, A.; COSTA, W. M. da; FAZUOLI, L. C. Hibridação no melhoramento de cafeeiros (*Coffea arabica*) de porte reduzido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, Campos do Jordão, 1980. **Resumos...**, Campos do Jordão, IBC, 1980. p.231-34.
- CARVALHO, C. H. S.; RENA, A. B.; PEREIRA, A. A.; CORDEIRO, A. T. Relação entre a produção, teores de N, P, K, Ca, Mg e amido e a seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). Pesq. agropec. Brás. **28(6)**:665-73, 1993.
- CARVALHO, L. P. de; MORAES, C. F. de; CRUZ, C. D. Capacidade de combinação e heterose em algodoeiro herbáceo. Revista Ceres, **41(237)**:514-27, 1994.
- CARVALHO, S. P. de. Metodologias de Avaliação do Desempenho de Progênies do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras, ESAL, 1989. 68p. (Tese M. S.)
- CASTELLANOS, C. H. & MUÑOZ, D. Vigor híbrido y habilidad combinatoria en variedades comerciales y líneas de arroz (*Oriza sativa* L.) de Colombia. Acta Agronomica, **36(3)**:7-21, 1986.
- CHAVES, G. M. O Catimor. Informe Agropecuário, **4(38)**:24-7, 1978.
- CHAVES, G. M.; CRUZ FILHO, J.; CARVALHO, M. G.; MATSUOKA, K.; COELHO, D. J.; SHIMOYA, C. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. Viçosa, Seiva, 1970. 75p. Edição Especial.
- CILAS, C.; BOUHARMONT, P.; BOCCARA, M.; ESKES, A. B.; BARADAT, Ph. Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. Euphytica, **104(1)**:49-59, 1998.
- COFFEE STATISTIC YEARBOOK. **Anuário estatístico do café**. Coffee Business, Ano VI, 2000. 161p.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1997. 442p.
- CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1994. 390p.
- CRUZ, C. D. & VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. Rev. Brasil. Genet., **12(2)**:425-38, 1989.
- DWIVEDI, D. K.; PANDEY, M. P.; PANDEY, S. K.; RONGBAI, LI. Heterosis in inter and intrasubspecific crosses over three-environments in rice. Euphytica, **99(3)**:155-65, 1998.

- FALCONER, D. S. **Introdução à Genética Quantitativa** Trad. Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1987. 297p.
- FAZUOLI, L. C. & CARVALHO, A. Capacidade de combinação de híbridos de *Coffea canephora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, Campinas, 1987. **Resumos...**, Campinas, IBC, 1987. p.93-5.
- FAZUOLI, L. C. & CARVALHO, A. Estudo de avaliação precoce de progênies de café do cultivar Mundo Novo. Ciência e Cultura, **31(7):575-6**, 1979. (Suplemento).
- FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, A.; COSTA, W. M. da. Hibridação dialélicas no cultivar Mundo Novo de *Coffea arabica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8, Campos do Jordão, 1980. **Resumos...**, Campos do Jordão, IBC, 1980. p.42-3.
- FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York, Macmillan. V.1, 1987. 536p.
- FERRÃO, R. G.; SILVA, J. C.; CRUZ, C. D. Avaliação da capacidade combinatória de oito linhagens de milho em um sistema dialélico desbalanceado. Revista Ceres **32(182):283-92**, 1985.
- FERREIRA, M. E. & GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 2ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1996. 220p. (EMBRAPA-CENARGEN Documento 20).
- FIGUEIREDO, P.; MARIOTTO, P. R.; OLIVEIRA, D. A.; BONINI, R. Ferrugem do cafeeiro: avaliação do controle tradicional e uso de fungicidas sistêmicos, intercalado e associado com fungicida cúprico, e seus efeitos na produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, Campinas, 1987. **Trabalhos apresentados...**, Campinas, MIC/IBC, 1987. p.4-5.
- GALVÊAS, P. A. O. Características Agronômicas de Sete Cultivares de Pimentão (*Capsicum annum* L.) e Heterose dos Seus Híbridos F₁. Viçosa, UFV, 1988. 83p. (Tese M.S.)
- GAMA, E. E. G. e; GUIMARÃES, P. E. O.; MAGNAVACA, R.; PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P. Avaliação das capacidades geral e específica de combinação em sete populações de milho da América Latina. Pesq. agropec. Bras., **27(8):1167-72**, 1992.
- GARCIA, A. A. Q. & VALLEJO, F. A. C. Habilidad combinatoria para el caracter producción por planta y sus componentes primarios en un cruzamiento dialélico de siete líneas de tomate "Chonto" *Lycopersicon esculentum*, Mill. Acta Agronomica, **40(1-2):32-41**, 1990.

- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Austr. J. Biol. Sci., **9**(4):462-93, 1956.
- HAZRA, P.; DAS, P. K.; SOM, M. G. Analysis of heterosis for pod yield and its components in relation to genetic divergence of the parents and specific combining ability of the crosses in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Indian J. Genet., **53**(4):418-23, 1993.
- JOSÉ, J. F. Estimativas da Heterose e Correlações Entre Alguns Caracteres de Importância Agrônômica em Híbridos de Sorgo Granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Viçosa, UFV, 1992. 45p. (Tese M. S.)
- KRUG, C. A. & CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro V. Melhoramento por hibridação. Bragantia, **12**(4-6):141-52, 1952.
- KUSHALAPPA, A. C. & ESKES A. B.. Advances in coffee rust research. Annual Review Phytopathology, **27**:50-31, 1989.
- LASHERMES, P.; COMBES, M. C.; CROS, J.; TROUSLOT, P.; ANTHONY, F.; CHARRIER, A.. Origin and genetic diversity of *Coffea arabica* L. Based on DNA molecular markers. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 16^o, Kioto, 1995. **Resumos...**, Paris, Association Scientifique Internationale du Café (ASIC), 1995. p. 528-36.
- LASHERMES, P.; CROS, J.; MARMEY, P.; CHARRIER, A.. Use of random amplified DNA markers to analyze genetic variability and relationships of *Coffea* species. Genetics Resources and Crop Evolution, **40**:91-9. 1993.
- LASHERMES, P.; TROUSLOT, P.; ANTHONY, F.; COMBES, M. C.; CHARRIER, A.. Genetic diversity for RAPD markers between cultivated and wild accessions of *Coffea arabica*. Euphytica, **87**:59-64. 1996.
- MARANI, A. Heterosis and combining Ability in intraspecific and interspecific crosses of cotton. Crop Science, **7**(5):519-22, 1967.
- MARTINEZ, B. A. P.; SANINT, R. P. VALLEJO, F. A. C. Analisis de la heterosis y la habilidad combinatoria entre diferentes cultivares de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., a partir de un cruzamiento dialélico. Acta Agronomica, **39**(1/2):24-33, 1989.
- MARTINEZ, O.; TORREGROZA, M.; RONCALLO, E. J. Heterosis en cruzamientos varietales de maiz de amplia diversidad genética y geográfica. Agronomía Colombiana, **5**(1/2):48-52, 1988.
- MATIELLO, J. B. **O Café: do cultivo ao consumo**. São Paulo, Editora Globo, 1991. 320p. (Coleção do Agricultor. Grãos)

- MATIELLO, J. B. & ALMEIDA, S. R. **Variedades de café: como escolher, como plantar**. MAA/SDR/PROCAFÉ, Rio de Janeiro, 1997. 64p.
- MELO, P. C. T. de. Heterose e Capacidade Combinatória em um Cruzamento Dialélico Parcial Entre Seis Cultivares de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Piracicaba, ESALQ, 1987. 108p. (Tese D. S.)
- MILLER, P. A. & MARANI, A. Heterosis and combining ability in diallel crosses of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. Crop Science **3**(5):441-4, 1963.
- MIRANDA, J. E. C. & COSTA, C. P. da. Heterose em híbridos de pimentão. Pesq. Agropec. bras., **23**(11):1269-77, 1988.
- MIRANDA, J. E. C.; CRUZ, C. D.; COSTA, C. P. Predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annum* L.) pela divergência genética dos progenitores. Revista Brasileira de Genética, **11**(4):929-37, 1988.
- MONTAGNON, C.; LEROY, T.; ESKES, A. B. Amélioration variétale de *Coffea canephora*. II. Les programmes de sélection et leurs résultats. Plantations-Recherche, Développement, **5**(2):89-98, 1998.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A.; MIRANDA, G. V.; CRUZ, C. D. Capacidade combinatória de cultivares de feijão avaliada em sistemas dialélicos desbalanceados de meia-tabela e circulante. Revista Ceres, **44**(252):215-29, 1997.
- OPENSHAW, S. J.; JARBOE, S. G.; BEAVIS, W. D.. Marker-assisted selection in backcross breeding. In: ASHS/CSSA JOINT PLANT BREEDING SYMPOSIUM ON ANALYSIS OF MOLECULAR MARKER, Corvallis, 1994. **Trabalhos apresentados**. Corvallis, ASHS/CSSA, 1994. P.41-3.
- OROZCOC, F. J. Utilización del híbrido triploide de *Coffea arabica* por *C. canephora* en cruzamientos interespecíficos. CENICAFÉ, **27**(4):143-57, 1976.
- OROZCO-CASTILLO, C.; CHALMERS, K. J.; WAUGH, R.; POWELL, W.. Detection of genetic diversity and selective gene introgression in coffee using RAPD markers. Theoretical and Applied Genetics, **87**:934-40. 1994.
- PARAN, I. & MICHELMORE, R. W.. Development of reliable PCR-based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. Theoretical and Applied Genetics, **85**:985-93. 1993.
- PATERNIANI, E. **Estudos recentes sobre heterose - Projeto Nacional de Feijão**. Fundação Cargill, 1975. 36p. (Boletim Técnico)

- PATERSON, A. H.; DEVERNA, J. W.; LANINI, B.; TANKSLEY, S. D.. Fine mapping of quantitative trait loci using selected overlapping recombinant chromosomes in an interspecies cross of tomato. Genetics, **124**:735-42. 1990.
- PENCHEL, R. M.; BERTOLUCCI, F. L. G.; IKEMORI, Y. K. Biotechnological strategies for clonal improvement with eucalypts at Aracruz Celulose S. A. In: Encontro Brasileiro de Biotecnologia Vegetal, 1^o, Brasília, 1993. **Trabalhos apresentados...**, Brasília, REDBIO/FAO, 1993.
- PENNER, G. A.; BUSH, A.; WISE, R.; KIM, W.; DOMIER, L.; KASHA, K.; LAROCHE, A.; SCOLES, G.; MOLNAR, S. J.; FEDAK, G. Reproducibility of Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) analysis among laboratories. Research, v.2, p.341-5, 1993.
- PEREIRA, A. A. Herança da Resistência a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. em Cafeeiros Derivados do Híbrido de Timor. Viçosa, UFV, 1995. 66p. (Tese D.S.)
- PEREIRA, A. A.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M.; SAKIYAMA, N. S. Cultivar de café resistente à Ferrugem: Oeiras - MG 6851. Revista CERES, 47(269):121-24, 2000.
- PEREIRA, J. B. D. Avaliação de Genótipos de Café Resistentes à Ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). Viçosa, UFV, 1985. 60p. (Tese M.S.)
- PRASAD, S. K. & SINGH, T.P. Heterosis in relation to genetic divergence in maize (*Zea mays* L.). Euphytica, **35**:919-24, 1986.
- RENA, A. B.; CALDAS, L.S.; JOHNSON, C. E.; PEREIRA, A. A. Fotossíntese e o depauperamento de algumas progênies de café resistentes à ferrugem. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** IBC, Rio de Janeiro, 1983. p.171-2.
- RENA, A. B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: **Potafos**, 1986. p.13-85.
- SALAZAR, M. V. & VALLEJO, F. A. C. Produccion y evaluacion de hibridos de pimenton, *Capsicum annuum* L., através de la habilidad combinatoria. Acta Agronomica, **40**(3-4):7-16, 1990.
- SARAWAT, P.; STODDARD, F. L.; MARSHAL, D. R.; ALI, S. M. Heterosis for yield and related characters in pea. Euphytica, **80**:39-48, 1994.

- SASSON, A. Future prospects of biotechnology in tropical and subtropical horticultural species – Coffee. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY OF TROPICAL AND SUBTROPICAL SPECIES. Acta Horticulturae, (460): 60-2. 1997.
- SEKHAR, M. R.; REDDY, K. R.; REDDY, C. R. Heterosis for yield and yield components in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. Indian J. Genet., **54**(1):1-5, 1994.
- SILVA, D. G. da. Levantamento de raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* e resistência de clones de *coffea canephora* var. Conillon à ferrugem. Viçosa, UFV, 2000. 67p. Tese (D.S.)
- SILVA, F. P. da; OLIVEIRA, J. F. de; ALVES, J. F.; CRISÓSTOMO, J. R. Heterosis, combining ability and gene action in cotton. Rev. Brasil. Genet., **8**(2):303-18, 1985.
- SILVA, M. B.; ZAMBOLIM, L.; COSTA, H. Translocação de fungicidas Triazóis visando o controle da ferrugem do cafeeiro. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**. 1997. p.234-8
- SILVA, M. B., ZAMBOLIM, L.; COSTA, H. Translocação de fungicidas sistêmicos na parte aérea visando o controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, XXI, Botucatu, 1998. **Anais...**, Botucatu, 1998. p.87.
- SILVA, M. B.; ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; VALE, F. X. R. Resistência à ferrugem do cafeeiro de progênies de híbridos de Catuaí e Mundo Novo com o Híbrido de Timor. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, I, Poços de Caldas, 2000. **Resumos...**, Brasília, EMBRAPA CAFÉ, 2000. Vol. 1 . p599.
- SINGH, K. N. & CHATRATH, R. Combining ability studies in breadwheat (*Triticum aestivum* L. EM THELL) under salt stress environments. Indian J. Genetic., **57**(2):127-32, 1997.
- SKROCK, P. & NIENHUIS, J. Impact of scoring error reproducibility of data on RAPD based estimates of genetic distance. Theor. Appl. Genet., v91, p1086-91, 1995.
- SONDAHL, M. R. & LOH, W. H. –T. Coffee Biotechnology. In: CLARKE, R. J. & MACRAE, R. (Eds). **Coffe**, V.4: Agronomy. London, Elsevier, 1988. p.235-62.
- SRINIVASAN, C. S. Coffee Breeding in India. Coffee Conference. The Planters' Chronicle, 1995. p 541-43.

- SRINIVASAN, C. S. & VISHVESHWARA, S. Heterosis and stability for yield in Arabica coffee. Indian Journal of Genetics & Plant Breeding, **38**(3):416-20, 1978.
- STARMER, K. P.; BROWN, J.; DAVIS, J. B. Heterosis in spring canola hybrids grown in Northern Idaho. Crop Science, **38**:376-80, 1998.
- TANKSLEY, S.D.; MEDINA-FILHO, H.; RICK, C. M.. The effect of isoenzyme selection on metric characters in an interspecific backcross of tomato - basis of an early screening procedure. Theoretical and Applied Genetics, **60**:291-96. 1981.
- TANKSLEY, S.D.; MEDINA-FILHO, H.; RICK, C. M. Use of naturally-occurring enzyme variation to detect and map genes controlling quantitative traits in an interspecific backcross of tomato. Heredity, **49**(1):11-25. 1982.
- TANKSLEY, S.D. & RICK, C. M.. Isozymic gene linkage map of the tomato: applications in genetics and breeding. Theoretical and Applied Genetics, **57**:161-70. 1980.
- TEDESCO, N. S.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; FONTES, J. R. M.; TEIXEIRA, T. A.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, C. C. H. Mapeamento de gene de resistência a ferrugem-do-cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) com marcador RAPD. Genetics and Molecular Biology, **22**(3):280. 1999.
- TEIXEIRA, A. A. **Classificação de Café: noções gerais**. IBC/GERDA-DAC, 1970. 36p.
- TEIXEIRA, A. T.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, C. C. H. Characterization of *Coffea* species by RAPD markers. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, III, Londrina, 1999. **Resumos...**, Londrina, UFPR/IAPAR/IRD, 1999. p. 82.
- TEIXEIRA, A. T.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; SILVA, D. G. da. Fingerprinting of coffee tree differential hosts of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, III, Londrina, 1999. **Resumos...**, Londrina, UFPR/IAPAR/IRD, 1999. p. 75.
- VAN DER VOSSEN, H. A. M. Coffee Selection and Breeding. In: M. N. Clifford & K. C. Wilson (Eds). **Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage**. Croom Helm, London & Sydney, 1985. p48-96.

- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: Patemiani, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.135-214.
- WELSH, J.; HONEYCUTT, R. J.; McCLELLAND, M.; SOBRAL, B. W. S.. Parentage determination in maize hybrids using the arbitrarily primed polymerase chain reaction (AP-PCR). Theoretical and Applied Genetics, **82**:473-76. 1991.
- WILLIAMS, J. G. K.; KUBELIK, A. R.; LIVAK, K. J.; RAFALSKI, J. A.; TINGEY, S. V.. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Research, **22**(18):6531-35. 1990.
- ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Manejo das doenças do cafeeiro em cultivo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, Londrina, 1995. **Resumos...**, Londrina, 1995. p.18-19.
- ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; BARROS, U. V. Resistência genética e componentes de resistência de linhagens de Catimor em gerações F₆ e F₇ à raças de *Hemileia vastatrix* Berk. Et Br. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, I, Poços de Caldas, 2000. **Resumos...**, Brasília, EMBRAPA CAFÉ, 2000. Vol. 1 . p507.

ANEXOS

Anexo 1 - Produção média por biênio, em g de café cereja/planta, de híbridos F₁ (média das plantas F₁), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

Híbrido	N ^o Plantas	1 ^o Biênio	2 ^o Biênio	3 ^o Biênio	4 ^o Biênio	5 ^o Biênio
273	9	3375	9975	-	-	-
285	5	1062	5502	-	-	-
287	7	1709	9103	-	-	-
288	4	2110	5295	-	-	-
296	8	2518	6169	9827	-	-
301	7	2469	9201	-	-	-
306	5	3986	8062	-	-	-
308	3	980	2260	-	-	-
316	14	1794	6859	8338	9218	-
322	10	3002	9073	12476	6540	-
323	3	3277	8357	-	-	-
331	8	4190	7378	12629	5660	-
332	7	2410	6040	-	-	-
333	10	2267	5786	7388	-	-
334	12	2934	8065	10034	-	-
335	7	2144	9396	-	-	-
336	11	1784	6565	8000	3095	-
337	13	4054	8656	-	-	-
338	4	2343	11215	-	-	-
341	13	4144	8513	10291	8993	-
342	9	5126	10906	10755	-	-
347	9	3242	7587	-	-	-
348	9	4133	11993	11230	-	-
415	6	3008	7555	12532	8280	-
416	10	4110	8194	8503	7843	5225
417	9	2439	3871	7873	7028	4085
418	7	3433	8739	11533	9297	5827
419	10	2943	7917	9005	10156	6597
420	7	3206	6843	8896	6833	4115
421	9	1969	4387	9937	8474	3877
422	4	1163	7633	8163	5345	-
423	10	3852	6831	11002	10260	7398
424	10	2850	6260	6574	7874	-
425	9	3356	5549	4839	3680	-
426	5	1486	6202	11276	9950	6470
427	3	2747	10867	15433	10233	-
428	8	3788	5961	9884	8916	-
429	5	4314	8382	13490	11766	8985
430	8	4285	5993	13068	11581	4098
431	4	2335	6733	10648	10588	-
432	7	2966	6829	6825	4806	-

Anexo 1, Cont.

Híbrido	Nº Plantas	1º Biênio	2º Biênio	3º Biênio	4º Biênio	5º Biênio
433	5	3174	3940	11818	10188	-
434	3	2540	4803	9687	8183	3925
438	9	3423	5680	9747	9683	-
439	6	3840	4077	6813	7116	-
487	3	4850	8553	9183	-	-
489	5	2682	7366	4933	-	-
490	3	4660	8500	7767	-	-
491	7	2307	6250	4199	-	-
492	9	2548	6272	5433	7067	-
493	8	3051	7588	6719	-	-
494	4	1643	6663	2933	-	-
496	7	2860	5481	6225	-	-
498	17	2007	7166	9617	10220	6617
499	7	4786	9601	9050	-	-
500	7	2004	6986	5536	-	-
503	3	4153	7667	8150	-	-
504	9	3033	8982	7783	-	-
505	9	3463	9408	8345	16250	7335
506	18	1654	8792	9324	10925	5178
507	6	4420	6717	5077	-	-
508	6	2680	4767	4912	-	-
510	11	3085	6380	8360	12670	3265
511	8	2773	10328	11400	10700	-
513	10	1711	7369	7854	11917	5220
514	16	1957	7841	8964	9425	4205
516	16	2264	9688	9481	8329	6175
517	12	2039	5982	7977	7408	-
518	10	2317	11008	10042	-	-
528	3	5300	6700	4387	-	-
529	6	2848	7175	4830	-	-
Média	-	2860	7532	8840	8815	5510
Testemunhas						
2145	28	3204	5793	10758	6274	-
2144	21	4267	9349	8353	-	-
2154	13	1249	7384	6504	5313	-
Média	-	3154	7331	9061	5713	-

Anexo 2 - Produção média acumulada e produção média anual, em g de café cereja/planta, de híbridos F₁ (média das plantas F₁), provenientes de cruzamentos entre Catuaí e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa

Híbrido	4 anos	Média Anual	6 anos	Média anual	8 anos	Média anual	10 anos	Média Anual
273	13349	3337	-	-	-	-	-	-
285	6564	1641	-	-	-	-	-	-
287	10811	2703	-	-	-	-	-	-
288	7405	1851	-	-	-	-	-	-
296	8686	2172	18437	3073	-	-	-	-
301	11670	2918	-	-	-	-	-	-
306	12048	3012	-	-	-	-	-	-
308	3240	810	-	-	-	-	-	-
316	8654	2163	17416	2903	28053	3507	-	-
322	12075	3019	25803	4301	32343	4043	-	-
323	11633	2908	-	-	-	-	-	-
331	11568	2892	24196	4033	30398	3800	-	-
332	8450	2113	-	-	-	-	-	-
333	8053	2013	15847	2641	-	-	-	-
334	10999	2750	20960	3493	-	-	-	-
335	11540	2885	-	-	-	-	-	-
336	8349	2087	16835	2806	18510	2314	-	-
337	12710	3178	-	-	-	-	-	-
338	13558	3389	-	-	-	-	-	-
341	12657	3164	25404	4234	41620	5203	-	-
342	16031	4008	28455	4743	-	-	-	-
347	10829	2707	-	-	-	-	-	-
348	16127	4032	27387	4565	-	-	-	-
415	10563	2641	23095	3849	32616	4077	-	-
416	12304	3076	20807	3468	28650	3581	30235	3024
417	6310	1578	14183	2364	21211	2651	23845	2385
418	12171	3043	23704	3951	31585	3948	37717	3772
419	10860	2715	19865	3311	31610	3951	48457	4846
420	10049	2512	18944	3157	24448	3056	30985	3099
421	6356	1589	16292	2715	24767	3096	28563	2856
422	8795	2199	16958	2826	22303	2788	-	-
423	10683	2671	21685	3614	31945	3993	41840	4184
424	9110	2278	15684	2614	24415	3052	-	-
425	8905	2226	13744	2291	16000	2000	-	-
426	7688	1922	18964	3161	28914	3614	43225	4323
427	13613	3403	29047	4841	39280	4910	-	-
428	9749	2437	19633	3272	28549	3569	-	-
429	12696	3174	26186	4364	37952	4744	49385	4939
430	10278	2569	23345	3891	34926	4366	40463	4046

Anexo 2, Cont.

Híbrido	4 anos	Média Anual	6 anos	Média anual	8 anos	Média anual	10 anos	Média Anual
431	9068	2267	19715	3286	30303	3788	-	-
432	9794	2449	16923	2821	22752	2844	-	-
433	7114	1779	18932	3155	28898	3612	-	-
434	7343	1836	17030	2838	25213	3152	29230	2923
438	9103	2276	18850	3142	28533	3567	-	-
439	7917	1979	14730	2455	23546	2943	-	-
487	13403	3351	22587	3764	-	-	-	-
489	10048	2512	18047	3008	-	-	-	-
490	13160	3290	20927	3488	-	-	-	-
491	8557	2139	12756	2126	-	-	-	-
492	8820	2205	14253	2376	22437	2805	-	-
493	10639	2660	17358	2893	-	-	-	-
494	8305	2076	10857	1809	-	-	-	-
496	8341	2085	15130	2522	-	-	-	-
498	9173	2293	18790	3132	30011	3751	38097	3810
499	14387	3597	24997	4166	-	-	-	-
500	8990	2248	15046	2508	-	-	-	-
503	11820	2955	19970	3328	-	-	-	-
504	12016	3004	20094	3349	-	-	-	-
505	12871	3218	22469	3745	32890	4111	40225	4023
506	10446	2612	19625	3271	30963	3870	38665	3867
507	11137	2784	16231	2702	-	-	-	-
508	7447	1862	13446	2241	-	-	-	-
510	9247	2312	17921	2987	31476	3935	33625	3363
511	13100	3275	24986	4164	38300	4788	-	-
513	9080	2270	17239	2873	26320	3290	30585	3059
514	9798	2449	18762	3127	27635	3454	29445	2945
516	11952	2988	21433	3572	29479	3685	33990	3399
517	7742	1935	15552	2592	22838	2855	-	-
518	13325	3331	23739	3956	-	-	-	-
528	12000	3000	16387	2731	-	-	-	-
529	10023	2506	16100	2683	-	-	-	-
Média	10392	2598	19262	3210	28572	3571	36781	3678
Test.								
2145	8998	2249	19505	4876	26912	3364	-	-
2144	13616	3404	21627	5407	-	-	-	-
2154	8633	2158	14475	3619	18707	2338	-	-
Média	10485	2621	19154	4788	22126	2766	-	-

Anexo 3 - Produção média por biênio, em g de café cereja/planta, dos progenitores Catuai e Híbrido de Timor, no período de dez anos, no Campo Experimental de Café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa.

Progenitor	1º Biênio	2º Biênio	3º Biênio	4º Biênio	5º Biênio
2143-193	9530	13100	13780	7850	7700
2143-195	5130	14000	10700	9810	10600
2143-235	6550	16100	13130	14360	17250
2143-236	9220	14180	15650	18360	15450
2148-57	8050	10000	16700	14070	15450
2154-74	5450	15500	24920	17070	14950
2154-75	6330	12770	13880	13440	10100
2154-344	7960	13700	9600	17000	13700
2154-345	10260	10060	12800	13170	9600
2156-252	7350	9770	11850	10950	7550
2246-134	2050	3020	5650	15500	45700
2246-139	680	4500	6650	10100	5480
2246-483	4955	15290	10570	20070	12730
2246-484	2270	12650	15470	13410	10950
2246-485	3240	13200	17720	16250	12590
2246-486	3730	11390	12680	9600	9350
2246-715	3945	8870	9360	12620	8620
2246-716	1050	8460	7160	15470	8030
2144-31	6470	21150	17210	24290	24750
2144-32	4560	17370	13010	17250	12700
2144-33	4980	19220	15500	19730	11250
2144-34	7490	16080	15260	5000	9480
2144-35	4450	20130	23410	23590	15480
2144-36	9100	23850	21350	22200	16700
2144-71	2700	6370	17220	18650	22100
2144-139	780	6950	13420	15220	14570
2144-141	2050	5990	12830	17900	12140
2144-260	900	9450	12250	16600	11010
2145-79	2400	9700	12750	13860	16290
2145-113	1850	7700	7150	13050	13740
2145-275	550	5220	11720	12490	10800
2145-307	1080	7240	15010	17100	12880
2147-295	1760	7650	14450	17700	9470
2194-341	1800	9480	9910	12100	9250
Média	4431	11768	13551	15171	13483
376-2	1650	2200	9490	6500	19160
376-79	2560	1350	8900	2300	13800
378-29	1720	940	5885	3900	8400
378-33	2250	4650	2550	5000	6400
382-39	1500	900	3570	3200	11050
427-15	400	11760	7695	17950	18500
428-8	3660	9315	17175	14650	9870
428-12	2600	11050	5320	3990	12640

Anexo 3, Cont.

Progenitor	1 ^o Biênio	2 ^o Biênio	3 ^o Biênio	4 ^o Biênio	5 ^o Biênio
430-19	2450	8330	13050	4740	23220
432-41	3730	9600	13220	16550	16120
433-11	1550	3100	11320	5700	8350
435-1	2750	9300	9780	15000	15350
435-8	1800	10900	15900	13870	16800
437-9	2750	2700	3820	5200	11350
438-1	1825	8270	12450	12250	13875
438-52	2720	9180	8100	9510	9360
439-1	1240	11550	14900	5270	17730
439-2	4650	8100	11100	4650	17200
440-10	1850	9850	15400	5910	10960
440-22	2780	13020	4000	11880	17790
441-1	1490	11640	15400	7900	13170
442-34	2470	8460	13180	7900	7700
442-42	3350	5220	8400	5270	7770
442-47	4130	10850	11700	12640	11510
442-108	2500	4910	4850	6500	12920
443-1	4000	14500	10050	11930	8590
443-3	690	7160	12650	9800	5100
445-46	1170	17390	16450	10600	14500
445-70	1510	8400	4500	10830	15050
446-8	1870	4550	12840	6950	11950
446-50	3910	15670	8900	14900	17000
447-67	2100	6044	12230	6300	17740
449-45	4640	9180	13900	13590	9150
449-62	2450	2200	6080	8100	7700
450-61	4450	14690	23160	21000	26360
450-63	2800	13450	23930	24990	18970
451-28	4420	16900	15850	16850	22480
451-41	2700	12640	11700	15650	16750
529	1500				
530	2450				
Média	2526	8682	11037	9993	13746

Anexo 4 – Matriz de distâncias genéticas expressas em porcentagem de desacordo e obtidas para 51 genótipos de café baseadas em 108 marcadores RAPD, gerados por 46 primers

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
UFV 2143-193	0.00												
UFV 2143-235	0.14	0.00											
UFV 2143-236	0.02	0.14	0.00										
UFV 2144-32	0.00	0.14	0.02	0.00									
UFV 2144-35	0.26	0.15	0.27	0.26	0.00								
UFV 2144-36	0.23	0.18	0.24	0.22	0.05	0.00							
UFV 2144-260	0.22	0.07	0.21	0.21	0.11	0.22	0.00						
UFV 2145-79	0.14	0.06	0.14	0.14	0.09	0.18	0.04	0.00					
UFV 2145-113	0.25	0.12	0.26	0.24	0.11	0.13	0.11	0.06	0.00				
UFV 2148-57	0.33	0.12	0.34	0.33	0.12	0.18	0.07	0.06	0.09	0.00			
UFV 376-2	0.43	0.58	0.45	0.44	0.57	0.54	0.65	0.58	0.60	0.66	0.00		
UFV 427-15	0.10	0.21	0.08	0.09	0.31	0.28	0.25	0.21	0.31	0.39	0.44	0.00	
UFV 435-1	0.84	0.92	0.84	0.84	0.86	0.83	0.90	0.89	0.89	0.89	0.79	0.87	0.00
UFV 438-52	0.74	0.65	0.74	0.74	0.67	0.79	0.67	0.65	0.68	0.65	0.54	0.76	0.65
UFV 439-2	0.64	0.71	0.63	0.64	0.71	0.74	0.71	0.71	0.73	0.76	0.43	0.61	0.74
UFV 440-22	0.67	0.74	0.66	0.67	0.66	0.63	0.78	0.74	0.71	0.74	0.45	0.66	0.64
UFV 441-1	0.71	0.63	0.71	0.71	0.62	0.73	0.61	0.63	0.65	0.63	0.50	0.73	0.65
UFV 442-108	0.68	0.63	0.68	0.68	0.63	0.73	0.62	0.63	0.65	0.63	0.47	0.70	0.67
UFV 443-3	0.71	0.63	0.72	0.72	0.65	0.76	0.64	0.63	0.66	0.63	0.56	0.74	0.66
UFV 445-46	0.71	0.65	0.70	0.71	0.60	0.66	0.64	0.63	0.68	0.65	0.49	0.70	0.65
UFV 446-8	0.68	0.63	0.69	0.69	0.66	0.76	0.65	0.64	0.67	0.64	0.51	0.71	0.68
UFV 529	0.77	0.66	0.76	0.76	0.67	0.71	0.69	0.66	0.73	0.72	0.65	0.75	0.62
H 332-1	0.80	1.00	0.73	0.80	0.77	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.73	0.00
H 332-3	0.87	1.00	0.80	0.87	0.85	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89	0.80	0.00
H 332-5	0.43	1.00	0.36	0.43	0.33	0.38	1.00	1.00	1.00	1.00	0.56	0.36	0.00
H 332-6	0.65	1.00	0.59	0.65	0.60	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	0.71	0.59	0.50
H 341-11	0.47	0.43	0.47	0.47	0.42	0.47	0.44	0.43	0.47	0.47	0.59	0.44	0.66
H 342-1	0.57	1.00	0.50	0.57	0.62	0.64	1.00	1.00	1.00	1.00	0.59	0.50	0.00
H 342-2	0.79	1.00	0.71	0.79	0.75	0.77	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83	0.71	0.00
H 342-5	0.88	1.00	0.81	0.88	0.86	0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.81	0.00
H 342-7	0.82	1.00	0.73	0.82	0.78	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86	0.73	0.00
H 342-8	0.54	0.48	0.53	0.53	0.44	0.54	0.42	0.44	0.48	0.48	0.47	0.50	0.71
H 348-2	0.50	1.00	0.43	0.50	0.42	0.46	1.00	1.00	1.00	1.00	0.53	0.43	0.00
H 348-3	0.59	1.00	0.53	0.59	0.53	0.56	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.53	0.00
H 348-4	0.69	0.67	0.62	0.69	0.77	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	0.76	0.62	0.00
H 348-7	0.75	1.00	0.67	0.75	0.73	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	0.67	0.00
H 348-9	0.81	1.00	0.75	0.81	0.79	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.75	0.00
H 415-1	0.44	0.60	0.38	0.44	0.47	0.40	0.80	0.80	0.86	0.86	0.29	0.38	0.00
H 415-2	0.23	0.33	0.15	0.23	0.38	0.31	0.67	0.67	0.83	0.83	0.25	0.15	0.00
H 415-4	0.35	0.60	0.35	0.35	0.47	0.41	0.80	0.80	0.86	0.86	0.12	0.35	0.00
H 418-6	0.44	0.36	0.43	0.43	0.42	0.47	0.31	0.36	0.36	0.40	0.55	0.44	0.76
H 419-8	0.41	0.40	0.39	0.39	0.39	0.43	0.39	0.36	0.40	0.40	0.43	0.45	0.74
H 419-10	0.72	0.74	0.70	0.70	0.74	0.71	0.72	0.74	0.74	0.71	0.65	0.72	0.67
H 421-5	0.85	1.00	0.77	0.85	0.82	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88	0.77	0.00
H 427-2	0.47	0.42	0.47	0.47	0.44	0.51	0.41	0.42	0.45	0.45	0.44	0.49	0.74
H 429-1	0.55	0.51	0.54	0.54	0.53	0.58	0.49	0.51	0.55	0.55	0.50	0.55	0.69
H 430-1	0.53	0.45	0.51	0.51	0.48	0.56	0.44	0.45	0.49	0.49	0.47	0.53	0.73
H 505-9	0.57	0.62	0.55	0.55	0.61	0.59	0.62	0.62	0.62	0.62	0.56	0.54	0.68
H 506-3	0.54	0.49	0.53	0.53	0.48	0.53	0.49	0.49	0.52	0.52	0.53	0.54	0.80
H 511-1	0.51	0.45	0.50	0.50	0.45	0.51	0.44	0.45	0.49	0.49	0.43	0.51	0.74
H 513-5	0.70	0.76	0.69	0.69	0.72	0.67	0.72	0.76	0.73	0.76	0.67	0.71	0.52

Anexo 4, Cont.

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
UFV 2143-193													
UFV 2143-235													
UFV 2143-236													
UFV 2144-32													
UFV 2144-35													
UFV 2144-36													
UFV 2144-260													
UFV 2145-79													
UFV 2145-113													
UFV 2148-57													
UFV 376-2													
UFV 427-15													
UFV 435-1													
UFV 438-52	0.00												
UFV 439-2	0.24	0.00											
UFV 440-22	0.31	0.22	0.00										
UFV 441-1	0.11	0.24	0.26	0.00									
UFV 442-108	0.08	0.19	0.25	0.06	0.00								
UFV 443-3	0.03	0.21	0.28	0.08	0.06	0.00							
UFV 445-46	0.15	0.25	0.16	0.11	0.10	0.13	0.00						
UFV 446-8	0.08	0.17	0.23	0.11	0.03	0.05	0.10	0.00					
UFV 529	0.49	0.56	0.54	0.45	0.48	0.50	0.44	0.48	0.00				
H 332-1	0.67	0.76	0.78	0.75	0.75	0.67	0.76	0.67	0.88	0.00			
H 332-3	0.67	0.82	0.83	0.75	0.75	0.67	0.82	0.67	0.87	0.13	0.00		
H 332-5	0.67	0.50	0.53	0.75	0.75	0.67	0.50	0.67	0.50	0.67	0.64	0.00	
H 332-6	0.33	0.61	0.63	0.50	0.50	0.33	0.61	0.33	0.71	0.62	0.58	0.38	0.00
H 341-11	0.51	0.54	0.64	0.44	0.47	0.49	0.49	0.50	0.33	0.67	0.67	0.67	0.75
H 342-1	0.75	0.63	0.72	0.80	0.80	0.75	0.71	0.75	0.81	0.50	0.57	0.50	0.45
H 342-2	0.67	0.75	0.76	0.75	0.75	0.67	0.75	0.67	0.80	0.13	0.13	0.55	0.50
H 342-5	0.67	0.82	0.83	0.75	0.75	0.67	0.82	0.67	0.87	0.13	0.00	0.67	0.62
H 342-7	0.67	0.75	0.77	0.75	0.75	0.67	0.75	0.67	0.80	0.40	0.25	0.43	0.43
H 342-8	0.40	0.45	0.47	0.33	0.35	0.37	0.36	0.39	0.51	0.80	0.75	0.80	0.60
H 348-2	0.67	0.47	0.50	0.75	0.75	0.67	0.47	0.67	0.46	0.67	0.63	0.10	0.36
H 348-3	0.75	0.63	0.65	0.80	0.80	0.75	0.63	0.75	0.65	0.62	0.55	0.31	0.36
H 348-4	0.67	0.73	0.69	0.75	0.75	0.67	0.75	0.50	0.80	0.40	0.33	0.55	0.45
H 348-7	0.50	0.69	0.73	0.67	0.67	0.50	0.71	0.50	0.86	0.44	0.56	0.60	0.75
H 348-9	0.67	0.78	0.79	0.75	0.75	0.67	0.78	0.67	0.88	0.22	0.33	0.69	0.50
H 415-1	0.67	0.50	0.35	0.50	0.50	0.67	0.41	0.50	0.59	0.76	0.73	0.36	0.53
H 415-2	0.80	0.38	0.31	0.60	0.60	0.80	0.38	0.67	0.53	0.71	0.79	0.38	0.63
H 415-4	0.67	0.39	0.33	0.50	0.50	0.67	0.39	0.50	0.50	0.83	0.81	0.44	0.63
H 418-6	0.52	0.55	0.62	0.49	0.49	0.50	0.50	0.48	0.52	0.67	0.50	0.67	0.75
H 419-8	0.41	0.51	0.50	0.38	0.38	0.39	0.40	0.40	0.57	0.80	0.75	0.80	0.60
H 419-10	0.62	0.72	0.61	0.62	0.62	0.63	0.65	0.64	0.78	0.80	0.75	0.80	0.60
H 421-5	0.67	0.79	0.80	0.75	0.75	0.67	0.79	0.67	0.83	0.38	0.29	0.56	0.50
H 427-2	0.35	0.46	0.49	0.31	0.31	0.33	0.37	0.34	0.54	0.80	0.75	0.80	0.60
H 429-1	0.39	0.53	0.54	0.39	0.40	0.40	0.44	0.42	0.53	0.80	0.75	0.80	0.60
H 430-1	0.35	0.50	0.54	0.35	0.37	0.37	0.41	0.38	0.53	0.80	0.75	0.80	0.60
H 505-9	0.55	0.61	0.59	0.58	0.51	0.56	0.58	0.53	0.68	0.80	0.75	0.80	0.60
H 506-3	0.44	0.48	0.49	0.41	0.40	0.42	0.43	0.43	0.54	0.80	0.75	0.80	0.60
H 511-1	0.37	0.49	0.51	0.35	0.36	0.39	0.40	0.40	0.52	0.80	0.75	0.80	0.60
H 513-5	0.71	0.75	0.69	0.68	0.69	0.72	0.71	0.72	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00

Anexo 4, Cont.

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
UFV 2143-193													
UFV 2143-235													
UFV 2143-236													
UFV 2144-32													
UFV 2144-35													
UFV 2144-36													
UFV 2144-260													
UFV 2145-79													
UFV 2145-113													
UFV 2148-57													
UFV 376-2													
UFV 427-15													
UFV 435-1													
UFV 438-52													
UFV 439-2													
UFV 440-22													
UFV 441-1													
UFV 442-108													
UFV 443-3													
UFV 445-46													
UFV 446-8													
UFV 529													
H 332-1													
H 332-3													
H 332-5													
H 332-6													
H 341-11	0.00												
H 342-1	0.75	0.00											
H 342-2	0.67	0.43	0.00										
H 342-5	0.67	0.67	0.13	0.00									
H 342-7	0.67	0.50	0.00	0.25	0.00								
H 342-8	0.35	0.60	0.80	0.80	0.80	0.00							
H 348-2	0.67	0.54	0.50	0.67	0.43	0.80	0.00						
H 348-3	0.75	0.36	0.50	0.62	0.43	0.60	0.27	0.00					
H 348-4	0.75	0.50	0.22	0.33	0.20	0.80	0.56	0.50	0.00				
H 348-7	0.67	0.50	0.56	0.56	0.50	0.75	0.56	0.67	0.60	0.00			
H 348-9	0.67	0.50	0.33	0.33	0.40	0.80	0.70	0.54	0.40	0.44	0.00		
H 415-1	0.67	0.53	0.69	0.76	0.67	0.33	0.43	0.44	0.60	0.73	0.76	0.00	
H 415-2	0.50	0.54	0.69	0.80	0.70	0.67	0.46	0.56	0.58	0.64	0.73	0.29	0.00
H 415-4	0.67	0.56	0.76	0.83	0.75	0.33	0.40	0.50	0.67	0.80	0.84	0.13	0.27
H 418-6	0.34	0.33	0.67	0.67	0.67	0.31	0.67	0.33	0.75	0.67	0.67	0.40	0.50
H 419-8	0.36	0.60	0.80	0.80	0.80	0.13	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 419-10	0.68	0.60	0.80	0.80	0.80	0.50	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 421-5	0.67	0.63	0.38	0.29	0.25	0.80	0.57	0.64	0.38	0.63	0.38	0.71	0.75
H 427-2	0.33	0.60	0.80	0.80	0.80	0.11	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 429-1	0.34	0.60	0.80	0.80	0.80	0.17	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 430-1	0.34	0.60	0.80	0.80	0.80	0.17	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 505-9	0.51	0.60	0.80	0.80	0.80	0.38	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 506-3	0.40	0.60	0.80	0.80	0.80	0.23	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 511-1	0.34	0.60	0.80	0.80	0.80	0.15	0.80	0.60	0.80	0.75	0.80	0.33	0.67
H 513-5	0.61	0.75	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	0.40	0.80

Anexo 4, Cont.

	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
UFV 2143-193												
UFV 2143-235												
UFV 2143-236												
UFV 2144-32												
UFV 2144-35												
UFV 2144-36												
UFV 2144-260												
UFV 2145-79												
UFV 2145-113												
UFV 2148-57												
UFV 376-2												
UFV 427-15												
UFV 435-1												
UFV 438-52												
UFV 439-2												
UFV 440-22												
UFV 441-1												
UFV 442-108												
UFV 443-3												
UFV 445-46												
UFV 446-8												
UFV 529												
H 332-1												
H 332-3												
H 332-5												
H 332-6												
H 341-11												
H 342-1												
H 342-2												
H 342-5												
H 342-7												
H 342-8												
H 348-2												
H 348-3												
H 348-4												
H 348-7												
H 348-9												
H 415-1												
H 415-2												
H 415-4	0.00											
H 418-6	0.40	0.00										
H 419-8	0.33	0.31	0.00									
H 419-10	0.33	0.63	0.48	0.00								
H 421-5	0.79	0.67	0.80	0.80	0.00							
H 427-2	0.33	0.26	0.05	0.45	0.80	0.00						
H 429-1	0.33	0.32	0.13	0.40	0.80	0.08	0.00					
H 430-1	0.33	0.32	0.13	0.44	0.80	0.06	0.06	0.00				
H 505-9	0.33	0.48	0.36	0.32	0.80	0.33	0.27	0.32	0.00			
H 506-3	0.33	0.38	0.21	0.59	0.80	0.22	0.26	0.23	0.40	0.00		
H 511-1	0.33	0.30	0.08	0.43	0.80	0.03	0.06	0.06	0.31	0.22	0.00	
H 513-5	0.40	0.64	0.61	0.47	1.00	0.61	0.58	0.62	0.50	0.67	0.58	0.00

