

**JOSÉ JAIME VASCONCELOS CAVALCANTI**

**CRUZAMENTO DIALÉLICO PARCIAL PARA AVALIAÇÃO**

**DE HÍBRIDOS INTERPOPULACIONAIS DE CAJUEIRO**

*(Anacardium occidentale L.)*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1997**

Assurance de la

07744  
47127196

**JOSÉ JAIME VASCONCELOS CAVALCANTI**

**CRUZAMENTO DIALÉLICO PARCIAL PARA AVALIAÇÃO  
DE HÍBRIDOS INTERPOPULACIONAIS DE CAJUEIRO**

*(Anacardium occidentale L.)*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador**

Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1997

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Cavalcanti, José Jaime Vasconcelos

Cruzamento dialélico parcial para avaliação de híbridos interpopulacionais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) / José Jaime Vasconcelos Cavalcanti. --  
Lavras : UFLA, 1997.

67 p. : il.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

I. Caju - Cruzamento dialélico. 2. Heterose. 3. Híbrido. 4. Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 634.57323

**JOSÉ JAIME VASCONCELOS CAVALCANTI**

**CRUZAMENTO DIALÉLICO PARCIAL PARA AVALIAÇÃO  
DE HÍBRIDOS INTERPOPULACIONAIS DE CAJUEIRO**

**(*Anacardium occidentale* L.)**

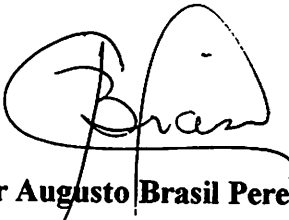
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 10 de julho de 1997.

  
Pesq. Dr. João Ribeiro Crisóstomo

  
Prof. Dr. Daniel Furtado Ferreira

Co-Orientador

  
Prof. Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto  
(Orientador)

Ao meu pai, Adelbar (in memorian). À minha mãe Diva e ao meu padrasto Ivaldo, que com muito amor e dedicação sempre estiveram me apoiando.

Aos meus tios Marcelo, Isaura e Irene.

Aos meus irmãos Luis, Inácio, Daniel, Denis e Denilson.

Aos meus sogros Leonardo (in memorian) e Áurea.

Aos meus filhos Leonardo e Natália.

À minha esposa Morgana, pelo apoio, paciência, compreensão, amor e dedicação.

Aos demais familiares e amigos.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por tudo que temos alcançado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical, pela oportunidade de realização deste estudo.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida.

Ao professor César Augusto Brasil, pela orientação, dedicação, disponibilidade, confiança e ensinamentos transmitidos durante a realização deste trabalho.

Ao Dr. João Pratil Pereira de Araújo e ao Dr. João Ribeiro Crisóstomo, pelo apoio à este estudo.

Ao professor Daniel Furtado Ferreira, pela co-orientação, apoio e disponibilidade.

Aos professores Magno Antonio Patto Ramalho, João Bosco dos Santos, Elaine Aparecida de Souza e Samuel Pereira de Carvalho, pelos ensinamentos transmitidos e atenção.

Ao professor Ruben Delly Veiga, pela amizade e colaboração na elaboração do programa para análise dos dados.

Ao professor Paulo César e à Diva, pela amizade e apoio.

Ao pesquisador João Rodrigues de Paiva, pela atenção e fornecimento dos dados experimentais.

Aos pesquisadores do CNPAT, Levi de Moura Barros, Maria Pinheiro Fernandes Corrêa, Ervino Bleicher, Antonio Calixto e Quélzia Maria Silva Melo, pela amizade e incentivo.

Aos funcionários do CNPAT.

Ao professor Luis David e à Luciene, pelo convívio e amizade.

Ao Núcleo de Estudos de Genética (GEN), pelo apoio.

Aos amigos do curso de Genética e Melhoramento de Plantas: Haroldo, Glauber, Cíntia, Flávia Teixeira, Everton, Luiz Gomes, Leonardo, Patrícia, João Cândido, Cláudia, Flávia Avelar, Ângela, Moacil, Wilton, Giovana, Gabriela, Jair, Oswaldo, Pedro Hélio, Cláudio, Cátia, Hélia, João Luis, André Barretto, Claudomiro, Juscélio, Aurélio, Sandro, Mívia, Bárbara, Raimundo, Edwin e demais colegas do curso de pós-graduação, pelo convívio e amizade.

Aos alunos de Iniciação Científica, Hércules, Pedro, Cícero e Vilacildo.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, em especial à Ester.

Aos funcionários da Biblioteca Central da UFLA, pelo apoio e colaboração.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o êxito deste trabalho.



## **BIOGRAFIA**

José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, filho de Adelbar Cavalcanti da Silva e Diva de Gusmão Vasconcelos, nasceu em Barreiros – PE, aos 22 de setembro de 1962.

Em dezembro de 1979, formou-se no curso Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Barreiros – PE.

Em janeiro de 1987, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Em julho de 1987, começou a trabalhar na Usina Matary S.A. e em abril de 1988, na Medeiros Neto Destilaria de Álcool S.A.

A partir de setembro de 1989 ingressou na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, no Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical- CNPAT.

Em março de 1995, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, na Universidade Federal de Lavras – UFLA, concluindo-o em julho de 1997.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 O cajueiro .....	3
2.2 Heterose .....	6
2.3 Cruzamento dialélico .....	9
2.4 Cruzamento dialélico parcial.....	12
2.5 Cruzamento dialélico incompleto.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1 Material .....	16
3.2 Caracterização do ambiente .....	17
3.3 Delineamento e condução do experimento.....	17
3.4 Caracteres avaliados .....	18
3.5 Análises estatístico-genéticas .....	18
3.5.1 Análise de variância por idade .....	18
3.5.2 Análise de variância conjunta .....	19
3.5.3 Coeficiente de variabilidade genética .....	20
3.5.4 Coeficiente de correlação .....	21
3.5.5 Análise dialélica .....	21

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1 Análise geral dos dados .....	27
4.2 Análise dialética .....	35
4.3 Estimativas dos parâmetros genéticos .....	42
4.3.1 Efeito de genitor e de diferença entre grupos .....	42
4.3.2 Efeito de heterose de genitor e heterose média .....	44
4.3.3 Efeito de heterose específica .....	45
4.4 Considerações finais .....	47
5 CONCLUSÕES .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
APÊNDICE .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Esquema da análise de variância segundo delineamento em blocos casualizados, com respectivas esperanças dos quadrados médios, ao nível de média por parcela	19
2	Esquema da análise conjunta de variância segundo delineamento de blocos casualizados, utilizando o esquema de parcela subdividida no tempo .....	20
3	Esquema representativo de dialelo parcial envolvendo os quatro genitores do grupo 1 (G1) e cinco do grupo 2 (G2), suas progênes e respectivos híbridos .....	22
4	Esquema da análise de variância dialélica de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984) .....	25
5	Esquema da análise de variância conjunta (parcela subdividida no tempo) de dialelos parciais, na média das idades .....	26
6	Resumo das análises de variância, em blocos casualizados, referentes aos caracteres altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC), nas três idades investigadas .....	28
7	Resumo das análises de variância, em blocos casualizados, referentes aos caracteres número de castanhas (NC) e produtividade (PROD), nas três idades investigadas .....	29
8	Resumo das análises de variância, em blocos casualizados, referentes aos caracteres peso de castanhas (PC), peso de amêndoa (PA) e porcentagem de amêndoa na castanha (RAC), nas duas idades analisadas .....	30
9	Resumo da análise de variância conjunta das idades, segundo delineamento de blocos casualizados, utilizando o esquema de parcela subdividida no tempo, referentes aos caracteres altura da planta (AP), diâmetro do copa (DC), número de castanhas (NC) e produtividade (PROD) .....	31

10	Resumo da análise de variância conjunta das idades, segundo delineamento de blocos casualizados, utilizando o esquema de parcela subdividida no tempo, referentes aos caracteres peso de castanhas (PC), peso de amêndoa (PA) e porcentagem de amêndoa na castanha (RAC) .....	32
11	Coefficientes de correlação classificatória de Spearman ( $r_s$ ) obtidos entre as médias dos tratamentos nas diferentes idades, duas a duas, para as características em estudo .....	32
12	Médias das progênies de polinização livre dos genitores e respectivos híbridos ( $Y_{ij}$ ), obtidas das diversas idades, para os caracteres avaliados .....	34
13	Resumo das análises dialélicas das três idades investigadas, de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984), para os caracteres altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC) .....	36
14	Resumo das análises dialélicas das três idades investigadas, de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984), para os caracteres número de castanhas (NC) e produtividade (PROD) .....	37
15	Resumo das análises dialélicas das duas idades analisadas, de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984), para os caracteres peso de castanha (PC), peso de amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC) .....	38
16	Resumo da análise dialélica conjunta (parcela subdividida no tempo) para os caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas (NC) e produtividade (PROD), na média das três idades analisadas .....	39
17	Resumo da análise dialélica conjunta (parcela subdividida no tempo) para os caracteres peso de castanha (PC), peso de amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC), na média das duas idades investigadas .....	40
18	Valores dos coeficientes de determinação $R^2(\%)$ referentes aos desdobramentos das somas de quadrados de tratamentos, obtidos das análises conjuntas, para os caracteres investigados .....	42
19	Estimativas dos efeitos de genitores ( $\hat{v}_i$ ou $\hat{v}_j$ ), da constante ( $\hat{u}$ ) e da diferença entre os grupos 1 e 2 ( $\hat{d}$ ), referentes aos caracteres investigados, na média das diferentes idades .....	43
20	Estimativas dos efeitos de heterose de genitores ( $\hat{h}_i$ ou $\hat{h}_j$ ) e da heterose média ( $\hat{h}$ ), referentes aos caracteres investigados, na média das diferentes idades .....	45
21	Estimativas dos efeitos de heterose específica ( $\hat{s}_{ij}$ ), referentes aos caracteres investigados, na média das diferentes idades .....	46

## RESUMO

CAVALCANTI, J.J.V. **Cruzamento dialélico parcial para avaliação de híbridos interpopulacionais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. Lavras: UFLA, 1997. 67p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).\*

O desenvolvimento de clones de cajueiro do tipo anão precoce trouxe novas perspectivas para a cultura, entretanto, a estreita base genética dos materiais usados no programa de melhoramento resultou em castanhas e amêndoas, de um modo geral, de baixa qualidade. Uma alternativa para esse problema consiste na obtenção de híbridos entre cajueiro anão precoce e cajueiro comum, com base genética significativamente mais ampla, possibilitando a seleção de genótipos superiores. O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial *per se* e heterótico de dois grupos distintos de genitores - anão precoce e comum -, e suas respectivas combinações híbridas. Objetivou-se, ainda, obter informações dos componentes de médias envolvidos na estrutura genética das populações, através de análise dialélica. Avaliaram-se progênies de polinização livre de quatro clones do grupo de cajueiro anão precoce, cinco de cajueiro comum e dezenove híbridos entre eles. Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições e cinco plantas por parcela. Constatou-se que: a) os efeitos de genitores e heterose são importantes componentes na estrutura genética das populações em estudo, para os caracteres altura da planta, diâmetro da copa, número de castanhas/planta, produtividade, peso de castanha, peso de amêndoa e relação amêndoa/castanha; b) para o diâmetro da copa, número de castanhas

---

\*Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto. Membros da Banca: João Ribeiro Crisóstomo e Daniel Furtado Ferreira.

e produtividade, os efeitos heteróticos mostraram-se mais importantes que os de genitores. Para os demais caracteres observou-se o contrário; c) dentre os componentes heteróticos, a heterose média apresentou-se como o mais expressivo, para todos os caracteres, indicando presença de considerável divergência genética entre os grupos de cajueiro anão precoce e comum; d) apenas os caracteres número de castanhas e produtividade revelaram a capacidade específica de combinação como um importante componente genético; e) os genitores BTON e CCP06 destacaram-se por seus efeitos genéticos negativos para os caracteres altura da planta e diâmetro da copa, contribuindo para redução do porte das plantas; f) os pais CP12 e CP77 destacaram-se para peso de castanha e amêndoa e os pais CCP1001, CCP76 e CP07, para o número de castanhas e produtividade, por revelarem potenciais *per se* e heteróticos expressivos; g) as combinações híbridas CCP76 x CP07, CCP09 x BTON e CCP09 x CP77 são as mais promissoras, sendo indicadas para obtenção de clones comercialmente superiores e formação de populações-base para o programa de melhoramento populacional do cajueiro.

## ABSTRACT

### PARTIAL DIALLEL CROSS TO EVALUATE INTERPOPULATIONAL CASHEW TREE (*Anacardium occidentale* L.) HYBRIDS.

The development of cashew tree clones of the type early dwarf has brought new prospects to the crop, however, the narrow genetic base of the materials used in breeding program resulted in cashew nuts and kernels of poor quality. One alternative for this problem consists of obtaining hybrids between early dwarf cashew tree and common cashew tree, with a significantly broader genetic base, enabling the selection of superior genotypes. The objective of this work was to verify the potential, both per se and heterotic, of two distinct groups of parents - early dwarf and common - and their respective hybrid combinations. It was further aimed to obtain information about the components of means involved in the genetic structure of populations, through diallel analysis. Open pollinated progenies from four clones of the early dwarf cashew tree, five from common cashew tree and nineteen hybrids between them were evaluated. A randomized complete block design was utilized, with three replications and five plants per plot. It was found that: a) parents effects and heterosis were important components in the genetic structure of the populations under study for the traits plant height, canopy diameter, number of cashew nuts/ plant, yield, weight of cashew nut, weight of kernel and kernel/ cashew nut ratio; b) for canopy diameter, number of cashew nuts and yield, heterotic effects proved more important than those of parents. For the other traits, the contrary was observed; c) among the heterotic components, average heterosis presented itself as the most important to all the traits, pointing out the presence of marked genetic divergence between the groups of early dwarf and common cashew tree; d) only the traits: nut number and yield revealed the specific combining ability as an important genetic



component; e) parents BTON and CCP06 stood for by their negative genetic effects for the traits plant height and canopy diameter, contributing to reduce these traits; f) parents CP12 and CP77 stood out for weight of nut and kernel and parents CCP1001, CCP76 and CP07 for nut number and yield, for showing expressive potentials both *per se* and heterotic; g) hybrid combinations CCP76 x CP07, CCP09 x BTON and CCP09 x CP77 are the most promising, enabling selection of superior commercially clones and establishment of a base-population for the population breeding program of cashew tree.

## 1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma espécie cultivada principalmente por suas amêndoas comestíveis. Existe uma alta demanda no mercado mundial por suas nozes, no entanto, há escassez na oferta deste produto. Isto tem estimulado muitos países na Ásia, África e América do Sul, a aumentar seus plantios e também o surgimento de novas indústrias em países como a Austrália (Wunnachit et al. 1992).

A cajucultura nacional apresenta-se como uma atividade de expressiva importância sócio-econômica, responsável pelo emprego da mão-de-obra disponível no período da entressafra das culturas anuais, principalmente na região Nordeste, onde está concentrada. Nos últimos anos, as exportações de seus produtos têm gerado divisas da ordem de 134 milhões de dólares anuais e têm apresentado uma expansão anual da área colhida de aproximadamente 11%, considerando o período de 1982/93 (Pimentel, Pessoa e Leite, 1995).

Apesar do grande incremento na área plantada, os plantios comerciais de cajueiro no Nordeste foram efetuados por sementes, não se conhecendo, na maioria dos casos, os genitores que as originaram. Este fato associado ao modo de reprodução da espécie, predominantemente de fecundação cruzada, ocasionou a formação de pomares heterogêneos, com alta frequência de plantas improdutivas (acima de 30%), baixa produtividade (menos de 250 Kg de castanha/ha) e elevada variabilidade nos caracteres de importância agro-econômica (Barros e Crisóstomo, 1995).

O desenvolvimento de clones de cajueiro do tipo anão precoce trouxe novas perspectivas para a cultura, com potencial de produtividade superior a 1.300 Kg/ha de castanha em regime de sequeiro (Cavalcanti et al. 1994) e solucionou o problema de porte da planta (Barros e Crisóstomo, 1995). Entretanto, a estreita base genética utilizada no programa de melhoramento, para obtenção dos clones resultou em castanhas e amêndoas, de um modo geral, de baixa qualidade (Barros, Crisóstomo e Cavalcanti, 1994).

Uma alternativa para esse problema consiste no desenvolvimento de genótipos superiores através da obtenção de híbridos, que podem ser multiplicados assexuadamente em qualquer etapa do programa, entre cajueiro anão precoce e cajueiro comum, com base genética significativamente mais ampla. Sendo possível obter plantios uniformes e de maior rendimento, pela exploração do vigor híbrido, prática bastante utilizada em diversas culturas. No entanto, pouco se conhece a respeito das propriedades genéticas das populações de cajueiro, bem como da escolha dos genitores para utilização no programa de melhoramento.

As técnicas envolvendo cruzamentos dialélicos têm sido bastante utilizadas no melhoramento de plantas. Estas metodologias têm por finalidade proporcionar estimativas de parâmetros úteis que contribuem na seleção de genitores para hibridação e para entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz e Regazzi, 1994).

Diversos estudos foram realizados para análise e interpretação dos dados de cruzamentos dialélicos, resultando em três processos básicos: Hayman (1954a e b), Griffing (1956a e b) e Gardner e Eberhart (1966). Tais metodologias referem-se ao esquema de dialélico completo, nas quais todos os cruzamentos possíveis são realizados em um determinado grupo de materiais. Entre esses métodos, aquele proposto por Gardner e Eberhart (1966) baseia-se em um modelo de componentes de médias cujos efeitos podem ser avaliados pela análise de variância, permitindo obter informações do potencial genético das populações *per se* e de seus respectivos cruzamentos, fornecendo ao mesmo tempo um estudo detalhado da heterose, através de seus componentes de heterose média, heterose de variedades e heterose específica.

O grande número de tratamentos e polinizações manuais decorrente da utilização dos cruzamentos dialélicos completos fizeram surgir uma série de alternativas para viabilizar o processo. Uma delas é o esquema de dialélico parcial, segundo denominação de Vencovsky (1978) e que representa todos os cruzamentos entre dois grupos distintos de variedades, em todas as combinações possíveis, reduzindo o número de cruzamentos e, conseqüentemente, o número de tratamentos a serem avaliados.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial *per se* e heterótico de dois grupos distintos de genitores - quatro clones de cajueiro anão precoce e cinco matrizes de cajueiro comum -, e suas respectivas combinações híbridas, e ainda, obter informações dos componentes de médias envolvidos na estrutura genética das populações avaliadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O Cajueiro

A única espécie de cajueiro cultivada, *Anacardium occidentale* L., é a de maior dispersão do gênero (Morton, 1961; Johnson, 1973; Ohler, 1979; Mitchell e Mori, 1987), sendo encontrada em quase todo mundo tropical, deste os Estados Unidos até a África do Sul (Barros e Crisóstomo, 1995). Toda discussão sobre sua origem fundamenta-se em provas circunstanciais, tais como, primeiras referências bibliográficas, distribuição geográfica, comportamento ecológico, padrões de variação da espécie, utilização humana e outras, que indicam o Brasil como centro de origem da espécie (Soares, 1986 e Barros et al. 1993), ou pelo menos todo o norte da América do Sul e parte da América Central (Barros e Crisóstomo, 1995).

Atualmente, o cajueiro é cultivado em 26 países, embora em termos de importância sua exploração restrinja-se à Índia, Brasil, Moçambique, Tanzânia e Kenya. Em conjunto, estes países são responsáveis por 98% da produção mundial (Pimentel, Pessoa e Leite, 1995).

No Brasil, a área ocupada corresponde a aproximadamente 700.000 ha (Pimentel, Pessoa e Leite, 1995), sendo encontrado em quase todos os estados, porém, a região Nordeste responde por 99% da área colhida e da produção nacional, onde as maiores concentrações localizam-se principalmente nas faixas litorâneas e transição do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, que juntos possuem cerca de 93% da área de cultivo do país (EMBRAPA, 1990; Parente, Paula e Nemekato, 1991).

A amêndoa da castanha do caju se constitui no principal produto de utilização do cajueiro, considerada uma das nozes mais preferidas no mercado. Entretanto, também são derivados de grande importância no aproveitamento do cajueiro, o líquido da casca da castanha (LCC), fonte de fenol utilizada para diversos fins industriais, e o pendúnculo, mais conhecido por

caju, consumido “in natura” ou industrializado sob a forma de sucos e doces, apresentando alto valor nutritivo, devido ao seu teor de vitamina C (EMBRAPA, 1991).

O cajueiro é uma planta perene (Barros, 1991) e andromonóica, ou seja, seu sistema reprodutivo constitui-se de flores masculinas e hermafroditas (Barros e Crisóstomo, 1995). A inflorescência é uma panícula onde são encontrados os dois tipos de flores em quantidades e proporções diferentes, variando tanto entre plantas como dentro de uma mesma planta (Barros, 1988a). Rao e Hassan (1957) destacaram que apenas 4% das flores formadas são hermafroditas. Northwood (1966) e Nambiar (1977) mencionam uma proporção de 75% a 90% de flores estaminadas, que varia com a época do ano, localização e genótipo da planta. Barros e Crisóstomo (1995) citam valores de 3,9% de flores hermafroditas no cajueiro anão e 7,9% no tipo comum.

Além destas variações, o cajueiro apresenta uma grande variabilidade fenotípica no que se refere ao hábito de crescimento, produção, entre outras características. Essa heterogeneidade é atribuída a multiplicação sexuada de materiais heterozigóticos resultantes da polinização predominantemente cruzada (Morton, 1961 e Northwood e Kayumbo, 1970). Barros et al. (1984) e Barros e Melo (1987) mencionam valores de 3 g a 30 g para o peso do fruto (castanha) e de 20 g a mais de 800 g para o peso do falso-fruto (pedúnculo). Araújo e Rodrigues (1988) destacaram uma alta frequência de plantas de baixa produtividade ou improdutivas nos pomares comerciais, com valores estimados da ordem de 30 a 50% e apresentando diversos tipos de plantas.

A classificação do cajueiro quanto ao sistema de acasalamento ainda encontra-se indefinido, porém, sabe-se que apresenta alogamia, podendo ocorrer inclusive a autofecundação, no entanto, com taxas desconhecidas. Segundo Faluyi (1983), não se constata existência de sistema de autoincompatibilidade. A autofecundação tem contribuído para o fenômeno de depressão por endogamia, sendo verificado em diversos caracteres da planta. Damodaran (1975) verificou que progênies autofecundadas apresentaram, em relação às de polinização livre, reduções no diâmetro da copa (16%), altura da planta (9%), crescimento do caule (10%) e produção de castanha (44%), no quarto ano de produção. Estudos citados pela EMBRAPA (1991), utilizando progênies autofecundadas e de polinização livre de clones de cajueiro anão precoce, constataram perda de vigor na porcentagem de germinação (14,3 a 30,8%), diâmetro do

caule (8,6 a 10,75%), altura da planta (4,9 a 22%) e número de folhas (8,0 a 31%). Posteriormente, utilizando o mesmo experimento, Araújo et al. (1993a) verificaram redução para peso da castanha (1,6 a 11,5%), peso da amêndoa (10 a 11,8%), produção (37,6 a 48%) e número de castanhas por planta (26,4 a 44,2%).

Estas características do cajueiro têm direcionado o programa de melhoramento da cultura para obtenção de clones, que é facilitada pela possibilidade de multiplicação assexuada dos melhores indivíduos em qualquer etapa, razão pela qual a prospecção em áreas de diversidade, seguida pela avaliação clonal, apresenta-se como metodologia mais simples e tem possibilitado expressivos ganhos de seleção. Contudo, o melhoramento populacional deve ser perseguido como alternativa para o aumento da frequência de alelos favoráveis, ampliando as possibilidades de sucesso na hibridação e seleção clonal (Barros e Crisóstomo, 1995).

Não existem variedades definidas de cajueiro e o agrupamento de determinadas características divide a espécie em dois grupos: o tipo comum e o tipo anão precoce (Barros, 1988b). O tipo comum é uma árvore de folhas perenes, coriáceas, simples, inteiras e alternas, com ramificações baixas e com a copa atingindo uma altura de 10 a 15 m (Johnson, 1974; Nambiar, 1977; Ohler, 1979 e Soares, 1986). Em geral, tem o caule com diâmetro superior a 20 cm, ereto, com copa simétrica em forma de umbela (Ohler, 1979). A planta, quando adulta, apresenta envergadura da copa entre 12 e 14 m (Barros e Melo, 1987).

O tipo anão precoce diferencia-se pelo porte baixo, que pode atingir a altura de 5,4 m quando em plantio por semente, mas, em geral não ultrapassa 4 m e possui diâmetro da copa entre 6,0 e 8,0 m (Barros et al. 1993). Apresenta precocidade etária e estacional, menor capacidade produtiva individual e menor variabilidade para o peso do fruto e falso-fruto (Barros et al. 1984), entre outros caracteres. Seu potencial para exploração dentro dos modernos sistemas de cultivo faz com que grande parte do esforço despendido no melhoramento concentre-se neste tipo. Entretanto, a maior variabilidade para os caracteres peso e qualidade do fruto e falso-fruto, associada com a maior capacidade produtiva individual, recomendam a utilização do cajueiro do tipo comum em programas de cruzamentos com o tipo anão, como também em seleção clonal, na busca de clones com produtividade competitiva e porte mais baixo que o padrão (Barros, 1991).

## 2.2 Heterose

O termo heterose foi originalmente proposto por Shull (1908), citado por Brewbaker (1969), para descrever o vigor de híbrido manifestado em gerações heterozigotas, derivadas do cruzamento entre indivíduos genotipicamente divergentes, ou seja, a expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação. Em geral, o efeito principal esperado está relacionado a um aumento substancial de produtividade. Porém, um grande número de outros caracteres agrônômicos economicamente importantes são, também, melhorados através da heterose (Allard, 1971).

O comportamento de gerações híbridas, ou seja, o efeito da heterose, pode ser avaliado em relação a vários pontos referenciais. O mais comum é a comparação com a média dos genitores, sendo essa medida chamada de “heterose”. A comparação frequentemente também é feita em relação ao pai superior, neste caso, essa medida tem sido denominada de “heterobeltiose”. Outra possibilidade é comparar a geração híbrida com um cultivar ou híbrido comercial tomado como padrão, sendo chamada de “heterose padrão” (Virmani e Edwards, 1983).

Este comportamento da heterose depende do modo de herança dos caracteres quantitativos (Popova e Mihailov, 1976) e apresenta nível de expressão altamente variável (Fehr, 1987). No entanto, as bases genéticas do fenômeno ainda hoje são discutidas e, segundo Hallauer e Miranda Filho (1981), duas teorias básicas foram propostas para explicar o fenômeno: Shull (1908) apresentou a primeira, designada como a hipótese da sobredominância. Esta teoria foi baseada na premissa que o heterozigoto por si só era a causa da heterose, ou seja, considerava a condição heterozigótica como desejável para conferir maior vigor do que qualquer das condições homozigóticas, sendo apoiada por East e Hayes (1912) e Shull (1912). A segunda, foi apresentada por Bruce (1910), denominada hipótese da dominância, na qual propôs que a heterose poderia ocorrer se os pais diferissem na frequência gênica e a dominância estivesse presente. Jones (1917, 1945, 1958) e outros apoiaram fortemente esta hipótese, comentando que a heterose manifesta-se pela acumulação dos alelos dominantes nos diferentes locos.

Paterniani (1974) considera que estas duas hipóteses não se excluem mutuamente, sendo possível que ambas contribuam, em maior ou menor grau, para o vigor híbrido. Alguns

experimentos foram conduzidos na tentativa de conseguir evidências de uma das duas hipóteses, mas, não houve definição neste sentido (Viégas e Miranda Filho, 1976).

De acordo com Sprague (1967), parece razoável assumir que os tipos de ação e interação gênicas envolvida na expressão dos caracteres heteróticos são, no mínimo, tão variáveis e complexos como aqueles que têm sido relatados para os caracteres quantitativos. Segundo Falconer (1981), a quantidade de heterose entre duas linhas ou populações é função dos efeitos de dominância direcional dos genes para o caráter em questão e da média dos quadrados das diferenças das frequências alélicas dos genitores. Ela se manifesta sempre que a interação alélica for não aditiva, ou seja, de dominância e/ou sobredominância, e ainda, depende do desempenho dos genótipos heterozigóticos em relação aos homozigóticos (Ramalho, Santos e Pinto, 1990).

O interesse dos melhoristas pela exploração do vigor híbrido ou heterose e a possibilidade de utilização desde potencial nas populações surgiram desde o século passado. Hallauer e Miranda Filho (1981) apresentaram um resumo dos resultados da manifestação deste fenômeno em 1.394 cruzamentos intervarietais de milho envolvendo 611 variedades paternas, obtidos por diversos autores, no período de 1893 a 1977. As heteroses médias para produção foram de 19,5% e 8,2% em relação à média dos pais e ao pai mais produtivo, respectivamente. Comparando ao pai mais produtivo, a heterose variou de -9,9% (Garber e North, 1931) a 43,0% (Troyer e Hallauer, 1968), mostrando que entre cruzamentos intervarietais pode existir um grande potencial para a exploração da heterose em relação à produção de grãos. Entretanto, deve ser ressaltado que os valores mais altos de heterose estão relacionados aos trabalhos que envolveram cruzamentos interracialis e que valores intermediários a baixos de heterose correspondem aos que envolveram cruzamentos intervarietais.

Richey (1922) comentou que os maiores resultados obtidos com a heterose foram manifestados nas variedades de tipos extremos. Krug, Viégas e Paoliéri (1943) relataram valores médios de 47,0% e 38,0%, em relação à média dos pais, em cruzamentos de variedades brasileiras de milho com variedades mexicanas e americanas, respectivamente. Nos cruzamentos entre variedades brasileiras e entre variedades americanas foram observados valores de 27,0% e 23,0%, respectivamente, indicando que o grau de heterose depende da divergência genética dos genitores envolvidos.



Moll, Salhuana e Robinson (1962) e Moll et al. (1965) estudaram cruzamentos produzidos entre variedades com diferentes níveis de divergência genética, derivadas de diferentes origens, e constataram que a heterose das variedades cruzadas concordaram com a classificação original de divergência genética para variedades paternas. Contudo, Moll et al. (1965) observaram que a heterose, manifestada em cruzamentos de variedades mais divergentes, apresentou-se menor que a verificada entre variedades consideradas menos divergentes, sugerindo assim, que o conceito de divergência genética para a máxima expressão da heterose, tem limites.

Miranda Filho (1974) considera que a presença de heterose é, sem dúvida, uma evidência de divergência genética, sendo indicativo do potencial de variabilidade genética que pode ser liberado e explorado convenientemente através de métodos de seleção. No entanto, a falta de heterose em um híbrido interpopulacional não significa, necessariamente, a ausência de divergência genética (Cress, 1966).

Além do milho, a lista de culturas nas quais a manifestação da heterose pode conduzir a ganhos econômicos é cada vez mais extensa, incluindo plantas alógamas e autógamias.

Freire Filho (1988) apresentou dados obtidos por diversos autores, no período de 1924 a 1985, com a cultura da soja, verificando uma amplitude de variação nas heteroses para produção por planta (-2,3 a 299,85%), altura de planta (8,70 a 29,8%), número de nós (24,5 a 24,8%), número de dias para florescimento (0,9 a 7,9%), ramos primários (3,7 a 57,1%), número de vagens (7,9 a 143,5%) e número de sementes (11,1 a 59,9%).

Virmani e Edwards (1983) citam que a heterose é um fenômeno de ocorrência normal em vários caracteres agrônômicos do arroz, como produção, peso de grãos, número de grãos por panícula, altura da planta, número de panícula por planta, número de dias para florescimento e vigor geral da planta.

Chan (1992) estudando 3 linhagens de mamão (L7, L19 e Eksotika) e seus respectivos híbridos verificou ocorrência de heterose para produção, com valores de 2 a 22% e 14 a 33% em relação ao melhor e pior pai, respectivamente.

No caso do cajueiro, Damodaran (1975) evidenciou presença de vigor híbrido, com incrementos de 152,6% e 114,2% na produção de castanha, em dois anos agrícolas estudados, em relação ao plantio de sementes de polinização livre.

Araújo et al. (1993b) constataram heterose para a altura de planta e número de ramos em híbridos de cajueiro anão precoce e de cajueiro anão precoce x comum, destacando-se: a) ocorrência de heterose positiva, para os dois caracteres, na média geral dos cruzamentos (anão x anão e anão x comum); b) o número de ramos por planta apresentou o maior vigor híbrido, com 32,9% e 34,2%, respectivamente, para os cruzamentos entre anão x anão e anão x comum; c) alguns cruzamentos exibiram estimativas elevadas da heterose, sobretudo para o número de ramos/planta, com valores de até 111,4% em relação à média dos pais.

Manoj e George (1993) citaram a ocorrência de heterose para 6 híbridos de cajueiro em relação ao melhor pai, para as características de produção de castanha por planta, peso de castanha e peso da amêndoa, e em relação a variedade padrão Madokkathara 1, para produção de castanha por planta, indicando eficiência da hibridação no melhoramento desta cultura.

### 2.3 Cruzamento Dialélico

O sucesso de um programa de melhoramento depende da escolha das populações potencialmente capazes de gerarem genótipos superiores. Existem diversos métodos propostos para a escolha de populações em espécies autógamas e alógamas (Hallauer e Miranda Filho, 1981; Fehr, 1987). Entre estes, as técnicas envolvendo cruzamentos dialélicos têm sido amplamente utilizadas, sobretudo, pelos geneticistas no intuito de obter melhores informações sobre a natureza da ação gênica para caracteres de importância na agricultura e evolução (Kempthorne, 1956) e pelos melhoristas para estimar a capacidade de combinação de linhagens em cruzamentos (Hayes e Johnson, 1939) e avaliação da variabilidade genética entre os pais, visando a avaliação para posterior seleção de materiais promissores (Gardner e Eberhart, 1966).

Um dos primeiros autores a discutir o conceito e as bases da metodologia de cruzamentos dialélicos foi Shimidt (1919), segundo Federer (1967), com um trabalho intitulado “Method of diallel crossing” e considerou o test crossing (cruzamento de um dado número de linhagens com testadores) como uma forma de cruzamentos dialélicos. O termo dialélico tem sido utilizado para representar um conjunto de  $p(p-1)/2$  combinações híbridas resultantes do cruzamento de  $p$  genitores (linhagens, variedades, clones, etc.), podendo incluir, além dos pais, os

híbridos recíprocos e/ou outras gerações relacionadas, tais como  $F_2$ 's, retrocruzamentos, etc. (Cruz e Regazzi, 1994).

Kempthorne e Curnow (1961) citam que o uso moderno dos esquemas dialélicos iniciou-se depois que Sprague e Tatum (1942) definiram os conceitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). De acordo com esses autores, a CGC expressa o comportamento médio de uma linhagem em combinações híbridas e a CEC expressa o comportamento de combinações híbridas específicas, independente do que se poderia esperar com base na CGC das linhagens envolvidas. Os tipos de capacidade de combinação são diferenciadas de acordo com o modo de ação gênica envolvida. A CGC está associada a genes de efeitos principalmente aditivos, além da parte dos efeitos dominantes e epistáticos, enquanto que a CEC depende basicamente de genes com efeitos dominantes e vários tipos de interações (Sprague e Tatum, 1942 e Griffing, 1956b).

Baixa estimativa do efeito da CGC, positiva ou negativa, indica que o valor do genitor, obtido com base em suas combinações híbridas com os demais genitores, não difere muito da média geral da população dialélica. Porém, quando o valor estimado é alto, positivo ou negativo, há indício de que o genitor em questão é muito superior ou inferior aos demais com relação à performance média dos cruzamentos (Cruz e Regazzi, 1994).

Quando o caráter sob análise é determinado principalmente por efeitos gênicos aditivos, o processo de seleção torna-se relativamente mais fácil, inclusive nas primeiras gerações segregantes. Por outro lado, a presença de dominância pode dificultar a seleção de genótipos e/ou famílias superiores, em gerações segregantes, principalmente quando há dominância bidirecional. Nesse caso, o processo de seleção deve ter por objetivo aumentar a frequência de alelos favoráveis em uma mesma linhagem, requerendo testes de progênie, ou seja, avaliação de famílias, e, se possível, seleção recorrente. Havendo evidência de dominância unidirecional e se a produção de híbridos é possível, a análise dialélica deve permitir a identificação de combinações híbridas superiores (Viana, 1995).

Após as definições dos conceitos de CGC e CEC, o método dos cruzamentos dialélicos passou a ser amplamente estudado e aplicado, resultando em três processos básicos atualmente utilizados, que constituem a base dos estudos em qualquer esquema dialélico, a seguir apresentados:

1. Hayman (1954 a e b) introduziu um método que permite detectar a variância genética aditiva e os desvios de dominância, porém estabelecendo algumas restrições para sua aplicação: segregação diplóide, ausência de efeito materno e epistasia, distribuição independente dos genes, ausência de alelismo múltiplo e genitores homocigotos. Com isso, sua utilização ficou praticamente restrita a plantas autógamas.

2. Griffing (1956 a e b) apresentou uma metodologia para quatro situações do sistema de cruzamento dialélico, uma completa (incluindo os genitores, seus híbridos e recíprocos) e outros três incompletos em relação à primeira, fornecendo os procedimentos para a estimação das capacidades geral e específica de combinação segundo os modelos fixo e aleatório.

3. Gardner e Eberhart (1966) apresentaram uma metodologia de análise de cruzamentos dialélicos aplicado às variedades de polinização livre, onde inclui os  $p$  genitores e os  $p(p-1)/2$  híbridos  $F_1$ . Este método baseia-se em componentes de médias cujos efeitos podem ser avaliados pela análise de variância, possibilitando obter informações do valor genético das populações *per se* e de seus respectivos cruzamentos, fornecendo indicação do potencial heterótico, avaliado através de seus componentes de heterose média, heterose de variedades e heterose específica.

Gardner (1967), de acordo com o modelo apresentado anteriormente, forneceu expressões para estimar os parâmetros genéticos e para obter as somas de quadrados da análise de variância. Vencovsky (1969) forneceu alguns dados adicionais na análise proposta por Gardner e Eberhart (1966) determinando as variâncias das estimativas dos parâmetros genéticos do modelo, bem como, as expressões para a estimação das médias e variâncias das populações.

Vencovsky (1970) salientou que uma das vantagens imediata do modelo de Gardner e Eberhart (1966) é a flexibilidade, pois dispendo-se de um número básico de variedades e seus cruzamentos, qualquer número e tipo de populações delas derivadas (retrocruzamentos, gerações  $F_2$  ou outras) podem ser incluídos nas análises, sem complicações. O autor derivou equações e desenvolveu expressões simplificadas para estimar a média de compostos de variedades. Em adição apresentou um amplo estudo sobre o modelo, mostrando a sua utilização, análise e interpretação de resultados, destacando-se os seguintes comentários:

1. A determinação do modelo genético mais adequado é função da estrutura genética das populações envolvidas e não do controle genético do caráter estudado.

2. A heterose média, manifestada por um conjunto de cruzamentos  $F_1$ , é função linear da dominância e das variâncias das frequências alélicas entre as variedades, em cada loco. Contribuirão mais os locos que apresentarem os maiores graus de dominância e para os quais as variedades difiram mais nas frequências alélicas.

3. O quadrado médio da heterose de variedades se manifestará quando pelo menos algumas variedades diferirem suficientemente entre si, quanto às frequências alélicas médias ou quanto ao grau de dispersão destas frequências. Porém, a sua não significância não indica, necessariamente, que as variedades sejam todas semelhantes entre si.

4. A significância do quadrado médio da heterose específica se expressará se houver diferenças significativamente grande em pelo menos parte das variedades e/ou diferenças entre o grau de complementação das frequências alélicas médias. Porém, a sua não significância não implica, necessariamente, que as variedades sejam todas semelhantes entre si.

A heterose específica será maior para as variedades mais divergentes nas frequências alélicas, para os locos que expressam dominância, com valor máximo esperado igual à metade da heterose total, considerando um dialelo com número de genitores suficientemente grande (Hallauer e Miranda Filho, 1981).

#### 2.4 Cruzamento dialélico parcial

O emprego dos cruzamentos dialélicos limita-se na prática a um pequeno número de pais, pois além do grande número de polinizações manuais exigido quando muitos são envolvidos, existem ainda as dificuldades das operações sob condições de campo com nível desejável de precisão. Essas limitações fizeram surgir uma série de alternativas para viabilizar o processo. Uma delas é a utilização de cruzamentos dialélicos parciais. Vencovsky (1978) denominou de cruzamentos dialélicos parciais aos cruzamentos entre dois grupos distintos de variedades, em todas as combinações possíveis, como por exemplo, entre materiais de grãos dentados e duros em milho.

Vários trabalhos envolvendo métodos de cruzamentos dialélicos parciais foram desenvolvidos: Kempthorne e Curnow (1961), Lonquist (1961), Fyfe e Gilbert (1963), Federer (1967), entre outros. Na estimação dos parâmetros genéticos utilizam-se modelos adaptados de

Griffing (1956 a e b) ou de Gardner e Eberhart (1966), dependendo das gerações a serem avaliadas e da informação desejada.

Dhillon (1975) discutiu bem esses métodos, fazendo uma ampla revisão sobre os cruzamentos dialélicos parciais e apontou as vantagens estatísticas, genéticas e econômicas desse delineamento. Singh, Dhillon e Joshi (1984) fizeram um estudo para avaliar a eficiência dos métodos dialélicos parciais, apresentados por Kempthorne e Curnow (1961), Federer (1967) e Fyfe e Gilbert (1963), e concluíram que o esquema apresentado por Kempthorne e Curnow (1961) é de qualidade inferior em relação aos outros dois métodos, sendo o de Fyfe e Gilbert (1963) o que apresenta os melhores resultados, embora o esquema apresentado por Federer (1967) seja mais flexível quanto ao número de pais utilizados nos cruzamentos.

Com o grande interesse, em milho, pelos cruzamentos entre dois grupos distintos de variedades, Vencovsky (1978) sugeriu a avaliação das capacidades geral e específica de dois conjuntos de variedades segundo um modelo análogo ao método 4 de Griffing (1956b), onde são avaliados somente os híbridos intervarietais. Seguindo um esquema fatorial, o autor discute a análise de variância, bem como apresenta fórmulas para estimação das capacidades geral e específica de combinação.

Posteriormente, Miranda Filho e Geraldi (1984) propuseram um modelo para análise de dialélico parcial, que representa uma adaptação do modelo proposto por Gardner e Eberhart (1966). A metodologia baseia-se na decomposição da soma de quadrados de tratamentos em somas de quadrados associadas aos efeitos de grupos (G1 e G2), do contraste entre os grupos (G1 vs. G2) e da heterose. Adicionalmente, é realizado um estudo detalhado da heterose manifestada nos híbridos, desdobrando sua soma de quadrados em heterose média, heterose atribuída aos vários genótipos dentro de cada grupo e heterose específica. Este modelo é especialmente útil na avaliação de materiais onde o interesse principal é a obtenção de híbridos intervarietais.

Geraldi e Miranda Filho (1988) apresentaram uma metodologia para análise de cruzamentos dialélicos parciais entre dois grupos distintos de materiais, segundo uma adaptação do Método 2 de Griffing (1956b), na qual são avaliadas as médias das variedades e dos híbridos intergrupos. Os autores desenvolveram expressões para estimação dos parâmetros (componentes de médias) e para o cálculo das somas de quadrados, tecendo comparações entre a metodologia

proposta e aquelas apresentadas por Griffing (1956b), Gardner e Eberhart (1966) e Miranda Filho e Geraldi (1984).

## 2.5 Cruzamento dialélico incompleto

Nos esquemas dialélicos, um problema que ocorre constantemente é a não obtenção do número desejado de combinações híbridas, por algum motivo imprevisto, como insuficiência de sementes, perda de parcelas, épocas diferentes de florescimento, etc., ficando o sistema dialélico “desbalanceado”, podendo ser denominado de dialélico incompleto. O cálculo dos efeitos médios é complicado, mas pode ser analisado, utilizando o método dos quadrados mínimos para o cálculo dos parâmetros genéticos (Gilbert, 1967; Vencovsky e Barriga, 1992). Garretsen e Keuls (1973), citados por Keuls e Garretsen (1977), desenvolveram um método baseado nos quadrados mínimos para análise de dialélicos incompletos, em que as linhagens genitoras não eram incluídas. England (1974) desenvolveu um método semelhante com a inclusão das linhagens genitoras.

Keuls e Garretsen (1977) e Garretsen e Keuls (1978) apresentaram fórmulas que podem ser usadas em todos os tipos de cruzamentos dialélicos, completos e incompletos, balanceados e desbalanceados. A metodologia é semelhante àquela proposta por Griffing (1956b), na qual utiliza um sistema de equações normais obtidas pelo método dos quadrados mínimos e que podem ser empregadas em modelos aleatórios (Keuls e Garretsen, 1977) ou fixos (Garretsen e Keuls, 1978).

Na literatura, poucos trabalhos são encontrados envolvendo esquema dialélico incompleto. Carvalho, Miranda Filho e Godoi (1979) avaliaram o potencial genético de várias populações de milho e seus cruzamentos, baseado no método de Gardner e Eberhart (1966), obtendo a análise de variância e as estimativas dos parâmetros pelo método dos quadrados mínimos. Ferrão, Silva e Cruz (1985) analisaram 24 híbridos simples de oito linhagens homozigóticas de milho, utilizando a metodologia de Keuls e Garretsen (1977). Machado (1986) avaliou 24 variedades de milho dentado e duro, onde adotou uma metodologia adaptada do método 4 de Griffing (1956a e b), com utilização de um sistema de equações normais, através do método dos quadrados mínimos. O autor verificou eficácia da metodologia na obtenção das

estimativas dos efeitos de capacidade geral e específica de combinação e na soma dos quadrados da análise de variância.

Para o cajueiro, há poucos trabalhos na literatura envolvendo cruzamentos dialélicos. Wunnachit et al. (1992) utilizaram o esquema dialélico completo, baseado no método 3 do modelo de Griffing (1956a e b), onde são incluídos os híbridos e recíprocos. Os autores verificaram importância apenas da capacidade específica de combinação, em relação ao caráter crescimento do tubo polínico. Observaram, ainda, para a formação final de frutos, diferenças significativas para a capacidade geral de combinação em três experimentos, enquanto que a capacidade específica de combinação demonstrou significância somente em um deles. Os efeitos recíprocos não foram significativos para nenhum dos casos.



## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Material**

Foram utilizados dois grupos distintos de genitores, o grupo 1 (G1) constituído de quatro clones de cajueiro anão precoce e o grupo 2 (G2) formado por cinco matrizes de cajueiro comum, a seguir apresentados:

#### **Grupo 1:**

1. CCP06
2. CCP76
3. CCP09
4. CCP1001

#### **Grupo 2:**

5. CP07
6. CP12
7. CP77
8. CP96
9. BTON

Utilizou-se 19 híbridos de cruzamentos controlados entre os dois grupos e oito progênies de polinização livre de cada genitor, totalizando 27 tratamentos. A progênie BTON e o cruzamento CP 06 x CP 12 não foram incluídos, devido a falta de sementes.

### 3.2 Caracterização do ambiente

O estudo foi conduzido no Campo Experimental de Pacajus (CEP), pertencente à EMBRAPA-CNPAT, localizado no município de Pacajus, litoral leste do Estado do Ceará, km 5 da rodovia Pacajus - Itaipaba, a partir da BR-116, distante 55 km de Fortaleza. As coordenadas geográficas do local são 4°10' S e 38°27' W, com altitude de 60 m acima do nível do mar.

O clima na região onde se situa a área experimental é predominantemente do tipo seco/subúmido (C2), segundo a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), com índices efetivos de umidade ( $I_m$ ) variando de -33 a zero. A precipitação pluvial média é 1.100 mm/ano, com regime caracterizado por chuvas de verão/outono, apresentando duas estações definidas: uma chuvosa, entre janeiro e junho, onde ocorre 90% das precipitações e outra seca, entre julho e dezembro, coincidindo com a época de frutificação do cajueiro (EMBRAPA, 1990).

O solo da área experimental é Podzólico Vermelho Amarelo Tb Eutrófico A fraco, com textura arenosa/média (PE). Apresenta baixo teor de matéria orgânica, de 0,3 a 1,1% nos horizontes superficiais, pequena capacidade de troca de cátions ( $< 2,5$  meq/100 g de solo), baixo nível de fósforo disponível (3 a 5 ppm) e potássio trocável (26 a 45 ppm) e a concentração de cálcio + magnésio trocáveis situam-se entre 2,0 meq/100 g de solo. Os teores de alumínio livres não constituem problema, pois são inferiores a 0,3 meq/100 g de solo e o pH varia entre 5,0 a 6,0 (EMBRAPA, 1990).

### 3.3 Delineamento e condução do experimento

Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados, com 27 tratamentos e três repetições, sendo a unidade experimental constituída por uma fileira de cinco plantas, no espaçamento de 7 x 7 m.

O plantio definitivo foi realizado em junho de 1991 e conduzido sob regime de sequeiro, com tratos culturais convencionais da cultura.

### 3.4 Caracteres avaliados

- 1) AP : altura da planta, em metros;
- 2) DC : diâmetro da copa, medido no sentido norte-sul, em metros;
- 3) PROD : produtividade, em Kg/ha;
- 4) NC : número de castanhas por planta;
- 5) PC : peso médio de 10 castanhas, em gramas por planta;
- 6) PA : peso médio de 10 amêndoas, em gramas por planta;
- 7) RAC : relação peso de amêndoa/peso de castanha =  $(PA / PC) \times 100$ .

Estes caracteres foram avaliados nas seguintes idades das plantas: AP e DC no 2º, 4º e 5º ano; PROD e NC no 3º, 4º e 5º ano; PC, PA e RAC apenas no 4º e 5º ano.

### 3.5 Análises estatístico-genéticas

#### 3.5.1 Análise de variância por idade

O esquema da análise de variância por idade para cada um dos caracteres avaliados encontra-se na Tabela 1, realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico, citado por Banzatto e Kronka (1989):

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$ : observação do  $i$ -ésimo genótipo do  $j$ -ésimo bloco;

$m$ : média geral do caráter;

$t_i$ : efeito do  $i$ -ésimo genótipo (tratamento),  $i = 1, 2, \dots, 27$ ;

$b_j$ : efeito do  $j$ -ésimo bloco,  $j = 1, 2, 3$ ;

$e_{ij}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ij} \therefore e_{ij} \cap N(0, \sigma^2)$ .

TABELA 1. Esquema da análise de variância segundo delineamento em blocos casualizados, com respectivas esperanças dos quadrados médios, ao nível de média por parcela.

Fonte de variação <sup>1/</sup>	G.L.	Q.M.	F	E (Q.M.)
Blocos	r - 1	Q1	Q1/Q3	
Tratamentos	t - 1	Q2	Q2/Q3	$\sigma_e^2 + r \sum_i g_i^2 / t-1$
Erro	(r - 1) (t - 1)	Q3		$\sigma_e^2$

onde:

$\sum_i g_i^2 / t-1 = \phi g_i$  : variabilidade genética;

$\sigma_e^2$  : variância do erro experimental;

<sup>1/</sup> : O efeito devido a repetição foi considerado aleatório e o efeito de tratamento, fixo.

### 3.5.2 Análise de variância conjunta

Utilizou-se o modelo estatístico de análise de variância conjunta, de acordo com o delineamento de blocos casualizados, no esquema de parcela subdividida no tempo (Steel e Torrie, 1980), expresso da seguinte maneira:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + (bt)_{ij} + a_k + (ba)_{jk} + (ta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$  : observação do carácter Y do i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco da k-ésima idade;

m : média geral do carácter;

$t_i$  : efeito do i-ésimo tratamento,  $i = 1, 2, 3, \dots, 27$ ;

$b_j$  : efeito do j-ésimo bloco,  $j = 1, 2, 3$ ;

$a_k$  : efeito da k-ésima idade,  $k = 1, 2, \dots, a$  (número de idades de avaliação do carácter);

$ta_{ik}$  : efeito da interação do i-ésimo tratamento com a k-ésima idade;

$bt_{ij}$  : efeito da interação do j-ésimo bloco com o i-ésimo tratamento, correspondente ao erro a;

$ba_{jk}$  : efeito da interação do j-ésimo bloco com a k-ésima idade, correspondente ao erro b;

$\varepsilon_{ijk}$  : erro experimental, correspondente ao erro c  $\therefore \varepsilon_{ijk} \cap N(0, \sigma^2)$ .

O esquema da análise de variância para este modelo é apresentada na Tabela 2. O efeito devido a repetição foi considerado aleatório e os efeitos de tratamento e idade, fixos.

TABELA 2. Esquema da análise conjunta de variância segundo delineamento de blocos casualizados, utilizando o esquema de parcela subdividida no tempo.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F
Blocos	r - 1		
Tratamentos (T)	t - 1	Q <sub>6</sub>	Q <sub>6</sub> /Q <sub>5</sub>
Erro a	(r - 1)(t - 1)	Q <sub>5</sub>	
Idades (I)	a - 1	Q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> /Q <sub>3</sub>
Erro b	(r - 1)(a - 1)	Q <sub>3</sub>	
T x I	(t - 1)(a - 1)	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> /Q <sub>1</sub>
Erro c	(r - 1)(t - 1)(a - 1)	Q <sub>1</sub>	

Para comparação das médias dos tratamentos foi aplicado o teste proposto por Scott e Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade.

### 3.5.3 Coeficiente de variabilidade genética

Para cada idade foram estimados os coeficientes de variabilidade genética, de acordo com Vencovsky (1978), da seguinte forma:

$$CV_g(\%) = \frac{\sqrt{\phi g_i}}{m}$$

onde:

CV<sub>g</sub> (%) : Coeficiente de variabilidade genética, em porcentagem;

$\phi g_i$  : variabilidade genética;

m : média geral do caráter.

### 3.5.4 Coeficiente de correlação

Foram utilizados os coeficientes de correlação classificatória de Spearman, citado por Steel e Torrie (1980), para determinação do grau de coincidência dos tratamentos entre as diferentes idades (2x2), quanto as suas classificações, como segue:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{(n-1) n (n+1)}$$

em que:

$r_s$  : coeficiente de correlação de Spearman;

$d_i$  : diferença do  $i$ -ésimo tratamento entre duas idades;

$n$  : número de  $d_i$ 's.

Utilizou-se o teste t para hipótese  $H_0: r_s = 0$ , obtido através da seguinte expressão:

$$t = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}}$$

### 3.5.5 Análise dialélica

A metodologia utilizada para as análises dos dados, representados na Tabela 3, foi a de cruzamentos dialélicos parciais proposta por Miranda Filho e Geraldi (1984), adaptada do modelo completo de Gardner e Eberhart (1966) para o estudo da heterose, que envolvem dois grupos de genitores e suas respectivas combinações híbridas, na qual a análise de variância é feita adotando-se o seguinte modelo estatístico-genético:

$$Y_{ij} = u + \alpha d + \frac{1}{2} (v_i + v_j) + \theta (\bar{h} + h_i + h_j + S_{ij}) + \bar{e}_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$  : média do tratamento resultante do cruzamento entre o  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo genitores ou de uma progênie (quando  $i = j$ );

$u$  : constante inerente ao modelo;

$d$  : efeito da diferença entre as médias dos dois grupos;

$v_i$  : efeito do  $i$ -ésimo genitor;

$v_j$  : efeito do  $j$ -ésimo genitor;

$\theta$  : coeficiente condicional; se  $i = j$  (progênie), então  $\theta = 0$  e se  $i \neq j$  (híbrido), então  $\theta = 1$ ;

$\alpha = 1, \alpha = -1$  e  $\alpha = 0$  se o tratamento refere-se às progênie dos genitores do grupo 1, do grupo 2 e ao híbrido, respectivamente.

$\bar{h}$  : efeito da heterose média;

$h_i$  : efeito da heterose atribuído ao  $i$ -ésimo genitor;

$h_j$  : efeito da heterose atribuído ao  $j$ -ésimo genitor;

$S_{ij}$  : efeito da heterose específica resultante do cruzamento entre os genitores  $i$  e  $j$ .

$\bar{e}_{ij}$  : erro experimental médio;

TABELA 3. Esquema representativo de dialelo parcial envolvendo os quatro genitores do grupo 1 (G1) e cinco do grupo 2 (G2), suas progênie e respectivos híbridos.

		Grupo 2					Progênie ( $Y_{ii}$ )
$i \setminus j$		5	6	7	8	9	
Grupo 1	1	$Y_{15}$	-	$Y_{17}$	$Y_{18}$	$Y_{19}$	$Y_{11}$
	2	$Y_{25}$	$Y_{26}$	$Y_{27}$	$Y_{28}$	$Y_{29}$	$Y_{22}$
	3	$Y_{35}$	$Y_{36}$	$Y_{37}$	$Y_{38}$	$Y_{39}$	$Y_{33}$
	4	$Y_{45}$	$Y_{46}$	$Y_{47}$	$Y_{48}$	$Y_{49}$	$Y_{44}$
Progênie ( $Y_{jj}$ )		$Y_{55}$	$Y_{66}$	$Y_{77}$	$Y_{88}$	-	

onde:

$i$  : genitores do grupo 1,  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$j$  : genitores do grupo 2,  $j = 5, 6, \dots, 9$ ;

$Y_{ij}$  : média do híbrido entre o genitor  $i$  e  $j$ ;

$Y_{ii}$  e  $Y_{jj}$  : média das progênie de polinização livre dos genitores  $i$  e  $j$ , respectivamente;

Devido à falta de alguns tratamentos, o que torna o esquema dialélico incompleto, a estimação dos efeitos e respectivas somas de quadrados foram obtidas utilizando-se o método dos quadrados mínimos, através do modelo linear:

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

em que:

$Y$  : vetor das observações;

$X$  : matriz do modelo;

$\beta$  : vetor dos parâmetros do modelo;

$\varepsilon$  : erro experimental médio

Para execução das análises foi desenvolvido um programa no software S.A.S. (Statistical Analysis System), através do módulo de matrizes IML (1993), por Veiga e Cavalcanti (1997).

A solução do sistema de equações normais  $X'X \hat{\beta} = X'Y$ , derivadas do modelo anterior, através da estimativa do vetor  $\hat{\beta}$ , fornece as estimativas dos efeitos da constante ( $\hat{u}$ ), da medida da diferença entre as médias dos dois grupos ( $\hat{d}$ ), do  $i$ -ésimo genitor ( $\hat{v}_i$ ), do  $j$ -ésimo genitor ( $\hat{v}_j$ ), da heterose média ( $\hat{h}$ ), da heterose do  $i$ -ésimo genitor ( $\hat{h}_i$ ), da heterose do  $j$ -ésimo genitor ( $\hat{h}_j$ ) e da heterose específica do  $ij$ -ésimo cruzamento ( $\hat{S}_{ij}$ ).

Deve-se salientar que, devido a ausência do genitor 9 no esquema dialélico, a estimativa do seu efeito *per se* foi inflacionada pelo efeito de heterose ( $\hat{v}_9 = \hat{v}_9 + \hat{h}_9$ ), impossibilitando de serem isolados.

A disponibilidade de apenas 27 tratamentos e a necessidade de estimação de 39 parâmetros resulta na indeterminação do sistema de equações normais  $X'X \hat{\beta} = X'Y$ , pois a matriz  $X'X$  torna-se singular. Pelo interesse no teste de significância dos parâmetros, não estimáveis no sistema irrestrito, e conveniência da obtenção de estimadores únicos com interpretações genéticas fundamentais, utilizou-se restrições ponderadas nos parâmetros, de acordo com Searle (1971), de forma que:

$$\sum_i n_i v_i = \sum_j n_j v_j = 0;$$

$$\sum_i c_i h_i = \sum_j c_j h_j = 0;$$

$$\sum_i S_{ij} = 0, \text{ para cada } j;$$

$$\sum_j S_{ij} = 0, \text{ para cada } i.$$



onde:

$c_i$  ou  $c_j$  : corresponde ao número de cruzamentos com que o  $i$ -ésimo ou  $j$ -ésimo genitor, respectivamente, participou do esquema dialélico.

$n_i$  ou  $n_j$  : corresponde à contribuição do  $i$ -ésimo ou  $j$ -ésimo genitor no esquema dialélico, onde:

$$n_i = c_i \cdot 0,5 + 1$$

Pelo método de estimação dos mínimos quadrados o escalar  $\hat{\beta}'X'Y$  mede a soma de quadrados dos parâmetros considerados no modelo. Assim, as somas de quadrados associadas aos efeitos foram obtidas através da diferença entre modelos mais e menos parametrizados, de acordo com o seguinte esquema:

Modelo 1(completo):

$$\hat{\beta}'X'Y_{(1)} = R(\hat{u}, \hat{d}, \hat{v}_i, \hat{v}_j, \hat{h}, \hat{h}_i, \hat{h}_j, \hat{S}_{ij})$$

Modelo 2:

$$\hat{\beta}'X'Y_{(2)} = R(\hat{u}, \hat{d}, \hat{v}_i, \hat{v}_j, \hat{h}, \hat{h}_i, \hat{h}_j)$$

Modelo 3:

$$\hat{\beta}'X'Y_{(3)} = R(\hat{u}, \hat{d}, \hat{v}_i, \hat{v}_j, \hat{h}, \hat{h}_i)$$

Modelo 4:

$$\hat{\beta}'X'Y_{(4)} = R(\hat{u}, \hat{d}, \hat{v}_i, \hat{v}_j, \hat{h})$$

Modelo 5:

$$\hat{\beta}'X'Y_{(5)} = R(\hat{u}, \hat{d}, \hat{v}_i, \hat{v}_j)$$

Modelo 6:

$$\hat{\beta}'X'Y_{(6)} = R(\hat{u}, \hat{d}, \hat{v}_i)$$

Modelo 7:

$$\hat{\beta}'X'Y_{(7)} = R(\hat{u}, \hat{d})$$

Modelo 8:

$$\hat{\beta}'X'Y_{(8)} = R(\hat{u}) = C$$

em que, R: redução para os parâmetros do modelo em questão.

Desta forma, as somas de quadrados foram determinadas pelas seguintes expressões:

$$SQ_1 = \text{SQ Tratamentos} = Y'Y - C$$

$$SQ_2 = \text{SQ Grupo 1} = \hat{\beta}'X'Y_{(6)} - \hat{\beta}'X'Y_{(7)}$$

$$SQ_3 = \text{SQ Grupo 2} = \hat{\beta}'X'Y_{(5)} - \hat{\beta}'X'Y_{(6)}$$

$$SQ_4 = \text{SQ G1 vs G2} = \hat{\beta}'X'Y_{(7)} - \hat{\beta}'X'Y_{(8)}$$

$$SQ_5 = \text{SQ Heterose} = \hat{\beta}'X'Y_{(1)} - \hat{\beta}'X'Y_{(5)}$$

$$SQ_6 = \text{SQ Heterose média} = \hat{\beta}'X'Y_{(4)} - \hat{\beta}'X'Y_{(5)}$$

$$SQ_7 = \text{SQ Heterose G1} = \hat{\beta}'X'Y_{(3)} - \hat{\beta}'X'Y_{(4)}$$

$$SQ_8 = \text{SQ Heterose G2} = \hat{\beta}'X'Y_{(2)} - \hat{\beta}'X'Y_{(3)}$$

$$SQ_9 = \text{SQ Heterose específica} = \hat{\beta}'X'Y_{(1)} - \hat{\beta}'X'Y_{(2)}$$

Os esquemas de análise dialéctica para os caracteres em estudo encontram-se representados na Tabela 4 (análise por idade) e Tabela 5 (análise conjunta).

TABELA 4. Esquema da análise de variância dialéctica de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984).

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.
Tratamentos	t - 1	SQ <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub>
Grupo 1 (G1)	i - 1	SQ <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub>
Grupo 2 (G2)	j - 1	SQ <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub>
G1 vs. G2 (d)	1	SQ <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub>
Heterose (H)	ij - 2	SQ <sub>5</sub>	Q <sub>5</sub>
H. Média ( $\bar{h}$ )	1	SQ <sub>6</sub>	Q <sub>6</sub>
H. Grupo 1 (h1)	i - 1	SQ <sub>7</sub>	Q <sub>7</sub>
H. Grupo 2 (h2)	j - 2	SQ <sub>8</sub>	Q <sub>8</sub>
H. Específica (S <sub>ij</sub> )	(i - 1)(j - 1) - 1	SQ <sub>9</sub>	Q <sub>9</sub>
Erro	n	SQ <sub>e</sub>	M <sub>e</sub>

n: graus de liberdade do resíduo da análise de variância apresentada na Tabela 1.

SQ<sub>e</sub> e M<sub>e</sub>: Soma de quadrados e quadrado médio do erro da análise de variância apresentada na Tabela 1, dividido pelo número de repetições.

TABELA 5. Esquema da análise de variância conjunta (parcela subdividida no tempo) de dialetos parciais, na média das idades.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos (T)	t - 1	SQ <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> / M <sub>e1</sub>
Grupo 1 (G1)	i - 1	SQ <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> / M <sub>e1</sub>
Grupo 2 (G2)	j - 1	SQ <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub> / M <sub>e1</sub>
G1 vs. G2 (d)	1	SQ <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> / M <sub>e1</sub>
Heterose (H)	ij - 2	SQ <sub>5</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>5</sub> / M <sub>e1</sub>
H. Média ( $\bar{h}$ )	1	SQ <sub>6</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>6</sub> / M <sub>e1</sub>
H. Grupo 1 (h1)	i - 1	SQ <sub>7</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>7</sub> / M <sub>e1</sub>
H. Grupo 2 (h2)	j - 2	SQ <sub>8</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>8</sub> / M <sub>e1</sub>
H. Específica (S <sub>ij</sub> )	(i - 1)(j - 1)-1	SQ <sub>9</sub>	Q <sub>9</sub>	Q <sub>9</sub> / M <sub>e1</sub>
Erro a <sup>1/</sup>	n <sub>1</sub>	SQ <sub>e1</sub>	M <sub>e1</sub>	
Idade (I)	a - 1	SQ <sub>10</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>10</sub> / M <sub>e2</sub>
Erro b	n <sub>2</sub>	SQ <sub>e2</sub>	M <sub>e2</sub>	
T x I	(t - 1)(a - 1)	SQ <sub>11</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>11</sub> / M <sub>e3</sub>
G1 x I	(i - 1)(a - 1)	SQ <sub>12</sub>	Q <sub>12</sub>	Q <sub>12</sub> / M <sub>e3</sub>
G2 x I	(j - 1)(a - 1)	SQ <sub>13</sub>	Q <sub>13</sub>	Q <sub>13</sub> / M <sub>e3</sub>
d x I	a - 1	SQ <sub>14</sub>	Q <sub>14</sub>	Q <sub>14</sub> / M <sub>e3</sub>
H x I	(ij - 2)(a - 1)	SQ <sub>15</sub>	Q <sub>15</sub>	Q <sub>15</sub> / M <sub>e3</sub>
$\bar{h}$ x I	a - 1	SQ <sub>16</sub>	Q <sub>16</sub>	Q <sub>16</sub> / M <sub>e3</sub>
h1 x I	(i - 1)(a - 1)	SQ <sub>17</sub>	Q <sub>17</sub>	Q <sub>17</sub> / M <sub>e3</sub>
h2 x I	(j - 2)(a - 1)	SQ <sub>18</sub>	Q <sub>18</sub>	Q <sub>18</sub> / M <sub>e3</sub>
S <sub>ij</sub> x I	[(i - 1)(j - 1)-1](a - 1)	SQ <sub>19</sub>	Q <sub>19</sub>	Q <sub>19</sub> / M <sub>e3</sub>
Erro c	n <sub>3</sub>	SQ <sub>e3</sub>	M <sub>e3</sub>	

<sup>1/</sup>: os erros (a, b e c) possuem os graus de liberdade da análise de variância apresentada na Tabela 2 e suas respectivas somas de quadrados e quadrados médios, divididos pelo número de repetições.

As somas de quadrados das interações efeitos x idades foram obtidas pela seguinte expressão:

$$SQ(\text{interação efeito x idade}) = \sum_k SQ_{\text{efeito } k} - a SQ_{\text{efeito } \bar{A}}$$

onde :

a : número de idades;

k : k-ésima idade;

SQ efeito  $\bar{A}$ : soma de quadrados do efeito obtida na média das idades, que multiplicado pelo número de idades corresponde a soma de quadrados do efeito na análise conjunta (SQ efeito).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise geral dos dados

Os resultados das análises de variância por idade, encontram-se nas Tabelas 6,7 e 8, para as características: altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas por planta (NC), produtividade (PROD), peso médio de castanha (PC), peso médio de amêndoa (PA) e relação peso de amêndoa/peso de castanha (RAC).

Verifica-se que os coeficientes de variação ambiental apresentaram uma amplitude de 5,36 a 13,38%, portanto, podem ser classificados como de baixos a médios, sendo considerado um ótimo grau de precisão das análises (Gomes, 1987), para todas as características, exceto para número de castanhas por planta (NC) e para produtividade (PROD), as quais apresentaram valores de 32,55 a 39,26%. Isto deve-se, principalmente, a um pequeno número de plantas nas parcelas associado a alta variabilidade genotípica presente nestes caracteres, tornando-se necessário a utilização de parcelas maiores em trabalhos futuros.

Observa-se que os quadrados médios de tratamentos para todas as características e idades apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ), evidenciando variabilidade genética entre os materiais avaliados.

Vencovsky (1978) comenta que a relação  $CV_g/CV_e$  representa uma informação a mais para o melhorista. Neste estudo, foram verificados valores superiores a unidade, com exceção da RAC (0,84 a 0,95), entretanto, são considerados moderadamente altos e, de acordo com o autor, confere uma situação favorável para a seleção.

TABELA 6. Resumo das análises de variância, em blocos casualizados, referentes aos caracteres altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC), nas três idades investigadas.

Quadrados Médios		Fontes de variação					
Altura da planta (m)			Diâmetro da copa (m)			G.L.	
2º ano	4º ano	5º ano	2º ano	4º ano	5º ano		
Blocos	2	0,2883	1,4499	1,5725	0,0840	1,7093	1,9722
Tratamentos	26	0,2320**	0,8765**	1,6732**	0,5431**	1,7706**	3,8011**
Erro	52	0,0331	0,0906	0,1101	0,0954	0,3489	0,4178
Média	1,84	2,99	3,55	2,31	4,58	5,31	1,13
$\phi_g$	0,07	0,26	0,52	0,15	0,47	1,13	12,18
CVE (%)	9,86	10,05	9,35	13,38	12,91	14,97	20,00
CVg (%)	14,38	17,05	20,33	16,76	14,97	1,16	1,64
CVg/CVe	1,46	1,70	2,17	1,25	1,16	1,64	

$\phi_g$ : variabilidade genética.

CVE (%): Coeficiente de variação ambiental, em porcentagem.

CVg (%): Coeficiente de variabilidade genética, em porcentagem.

\*\*, \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 7. Resumo das análises de variância, em blocos casualizados, referentes aos caracteres número de castanhas (NC) e produtividade (PROD), nas três idades investigadas.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados Médios					
		Número de castanhas			Produtividade (Kg/ha)		
		3º ano	4º ano	5º ano	3º ano	4º ano	5º ano
Blocos	2	2280,0242	58281,9666	15209,7087	2295,4798	138574,0184	53867,5249
Tratamentos	26	10320,7630**	27646,5197**	29587,2322**	29348,7599**	61306,5017**	78558,4109**
Erro	52	1899,1910	6695,0369	5716,3532	4946,8705	13141,6140	12230,8999
Média		127,35	236,78	192,57	200,40	352,20	308,98
$\phi_{gi}$		2807,19	6983,83	7956,96	8133,96	16054,96	22109,17
CVe (%)		34,22	34,56	39,26	35,10	32,55	35,79
CVg (%)		41,60	35,29	46,32	45,00	35,98	48,12
CVg /CVe		1,22	1,02	1,18	1,28	1,11	1,34

$\phi_{gi}$  : variabilidade genética.

CVe (%) : Coeficiente de variação ambiental, em porcentagem.

CVg (%) : Coeficiente de variabilidade genética, em porcentagem.

\*\*, \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 8. Resumo das análises de variância, em blocos casualizados, referentes aos caracteres peso de castanhas (PC), peso de amêndoa (PA) e porcentagem de amêndoa na castanha (RAC), nas duas idades analisadas.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados Médios					
		PC(g)		PA(g)		RAC(%)	
		4º ano	5º ano	4º ano	5º ano	4º ano	5º ano
Blocos	2	1,3970	0,5186	0,0486	0,1005	1,8223	1,3927
Tratamentos	26	9,7646**	8,9775**	0,6358**	0,6350**	6,9770**	9,4172**
Erro	52	1,1440	1,1051	0,0874	0,0735	2,2389	2,5310
Média		9,15	8,87	2,53	2,52	27,91	28,79
$\phi_{gi}$		2,87	2,62	0,18	0,19	1,58	2,30
CVe(%)		11,69	11,85	11,69	10,75	5,36	5,53
CVg(%)		18,53	18,26	16,77	17,29	4,50	5,26
CVg /CVe		1,58	1,54	1,43	1,61	0,84	0,95

$\phi_{gi}$  : variabilidade genética.

CVe(%) : Coeficiente de variação ambiental, em porcentagem.

CVg(%) : Coeficiente de variabilidade genética, em porcentagem.

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A relação entre o maior e o menor quadrado médio residual das diferentes idades foram inferiores a 4, desta forma os experimentos foram reunidos, conforme recomendado por Gomes (1987), para análise conjunta (esquema de parcela subdividida no tempo).

Os resultados das análises conjuntas são apresentados nas Tabelas 9 e 10. Pode-se verificar significância ( $P < 0,01$ ) para os quadrados médios de tratamentos de todas as características investigadas, confirmando os resultados detectados nas análises individuais. Constata-se ainda, diferenças significativas entre idades para AP, DC ( $P < 0,01$ ), NC e PROD ( $P < 0,05$ ), o que era esperado, devido ao desenvolvimento das plantas. Para PC, PA e RAC não houve significância ( $P > 0,05$ ), demonstrando que suas médias não sofreram influência da idade.

TABELA 9. Resumo da análise de variância conjunta das idades, segundo delimitamento de blocos casualizados, utilizando o esquema de parcela subdividida no tempo, referentes aos caracteres altura da planta (AP), diâmetro do copa (DC), número de castanhas (NC) e produtividade (PROD).

Quadrados Médios				Fontes de variação	
	AP(m)	DC(m)	NC	PROD(Kg/ha)	
Blocos	2,9199	2,7511	55052,7747	131963,8618	2
Tratamentos (T)	2,3145**	4,4792**	58461,7823**	149788,4314**	26
Erro a	0,1701	0,5954	8924,2076	19666,3162	52
Idades (I)	61,1009**	198,0274**	245456,7525*	495433,2265*	2
Erro b	0,1949	0,5062	10359,4624	31386,5807	4
T x I	0,2337**	0,8190*	4546,3663*	9712,6205**	52
Erro c	0,0316	0,1339	2693,1868	5326,5341	104
Media	2,79	4,06	185,56	287,19	
CVa (%)	14,78	19,00	50,91	48,83	
CVb (%)	15,82	17,52	54,85	61,69	
CVc (%)	6,36	9,00	27,97	25,42	

\*\* , \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Os quadrados médios das interações tratamentos x idades demonstraram significância para AP, PROD, RAC, DC e NC, evidenciando comportamentos diferenciados dos genótipos nas diferentes idades. Não foram detectadas diferenças significativas para PC e PA, revelando comportamento coincidente dos genótipos, indicando que estas características são menos influenciadas pelas variações ambientais.

Para verificar o comportamento dos tratamentos nas diferentes idades, foram estimados os coeficientes de correlação classificatória de Spearman, citado por Steel e Torrie (1980), entre as médias dos tratamentos (Tabela 11). Percebe-se que ocorreu alta correlação, com amplitude de 0,71\*\* a 0,97\*\*, indicando que a ordem de classificação dos tratamentos foi significativamente coincidente. Apenas o caráter DC, entre o 2º e 5º ano de idade apresentou valor inferior ( $r_s = 0,48^*$ ), porém, significativo. Estes resultados indicam a possibilidade de se praticar seleção precoce, isto é, a partir do 3º ano de idade os materiais superiores tendem a manter este comportamento nos anos seguintes.



TABELA 10. Resumo da análise de variância conjunta das idades, segundo delineamento de blocos casualizados, utilizando o esquema de parcela subdividida no tempo, referentes aos caracteres peso de castanhas (PC), peso de amêndoa (PA) e porcentagem de amêndoa na castanha (RAC).

Fontes de variação	G.L.	Quadrados Médios		
		PC(g)	PA(g)	RAC(%)
Blocos	2	1,6648	0,1409	0,6616
Tratamentos (T)	26	18,4963**	1,2512**	14,1712**
Erro a	52	2,0031	0,1400	3,7924
Idades (I)	1	3,0267	0,0016	31,1141
Erro b	2	0,2507	0,0081	2,5533
T x I	26	0,2458	0,0195	2,2231**
Erro c	52	0,2459	0,0209	0,9775
Média		9,01	2,53	28,35
CVa (%)		15,71	14,79	6,87
CVb (%)		5,56	3,56	5,54
CVc (%)		5,50	5,73	3,49

\*\* : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 11. Coeficientes de correlação classificatória de Spearman ( $r_s$ ) obtidos entre as médias dos tratamentos nas diferentes idades, duas a duas, para as características em estudo.

Características	Coeficientes de correlação ( $r_s$ )				
	2° - 4°	3° - 4°	2° - 5°	3° - 5°	4° - 5°
Altura da planta (AP)	0,91**	-	0,78**	-	0,92**
Diâmetro da copa (DC)	0,78**	-	0,48*	-	0,86**
Número de castanhas (NC)	-	0,71**	-	0,73**	0,81**
Produtividade (PROD)	-	0,85**	-	0,79**	0,90**
Peso de castanha (PC)	-	-	-	-	0,97**
Peso de amêndoa (PA)	-	-	-	-	0,96**
Rel.amêndoa/castanha (RAC)	-	-	-	-	0,75**

\*\* ,\* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de t.

Na Tabela 12 encontram-se os valores médios observados das progênies de polinização livre dos genitores e de seus respectivos híbridos, na média das diferentes idades, para todos os caracteres em estudo. Pode-se verificar que as progênies do grupo 1 (cajueiro anão precoce) apresentaram as menores alturas (média de 2,07 m ou - 32,1%) e diâmetro da copa (3,03 m ou - 21%) . Dentro deste grupo, a progênie 1 (CCP06) foi a que alcançou o menor valor para altura (média=1,89m) e diâmetro da copa (2,66 m). A progênie 8 (CP96) comportou-se como a de maior valor indesejável para a altura (3,18 m) e para o diâmetro da copa (4,30 m).

Para o número de castanhas por planta e produtividade, foram verificados valores superiores para o G1 (205% e 93%, respectivamente). A progênie 4 (CCP1001) apresentou a maior média no número de castanhas (171,86), seguida da CCP09 (171,20). As progênies 2 (CCP76) e 4 (CCP1001) foram as que acusaram as maiores produtividades (179,53 e 179,19 Kg/ha, respectivamente). O pior material foi o 6 (CP12), para o número de castanhas (26,72 castanhas) e produtividade (56,31 Kg/ha).

Quanto às características da castanha, os resultados mostraram que o grupo 2 (cajueiro comum) apresentou maior média para peso de castanha (10,02g ou 58% superior) e para amêndoa (2,71g ou 51%), enquanto que o G1 acusou uma ligeira superioridade para porcentagem de amêndoa na castanha (2,6%). A progênie 6 (CP12) apresentou a maior média (11,47g) para PC e a pior foi a 1 (CCP06), com média de 5,96g. Para o peso de amêndoa os valores variaram entre a progênie 4 (CCP1001), com média de 1,63g, e a 7 (CP77), média de 2,96g. Para a porcentagem de amêndoa na castanha a progênie 3 (CCP09) alcançou a média mais expressiva (30,11%), enquanto que a 4 (CCP1001) conferiu a menor (26,93%).

TABELA 12. Médias das progênes de polinização livre dos genitores e respectivos híbridos ( $Y_{ij}$ ), obtidas das diversas idades, para os caracteres avaliados.

Progênie ou Híbrido	Caracteres						
	AP(m)	DC(m)	NC	PROD(Kg/ha)	PC(g)	PA(g)	RAC(%)
<b>Grupo 1 (G1):</b>							
1. CCP06	1,89 a*	2,66 a	130,16 a	133,29 a	5,96 a	1,68 a	28,29 a
2. CCP76	2,10 a	3,33 a	150,67 b	179,53 b	6,93 a	1,90 a	27,44 a
3. CCP09	1,99 a	3,30 a	171,20 b	175,21 b	6,54 a	1,93 a	30,11 b
4. CCP1001	2,31 b	2,84 a	171,87 b	179,19 b	6,03 a	1,63 a	26,93 a
<b>Grupo 2 (G2):</b>							
5. CP07	2,93 c	3,43 b	65,91 a	100,22 a	9,52 b	2,50 c	26,58 a
6. CP12	3,09 c	3,48 b	26,72 a	56,31 a	11,47 c	2,94 d	25,83 a
7. CP77	3,01 c	4,14 c	60,99 a	108,56 a	10,98 c	2,96 d	27,58 a
8. CP96	3,18 d	4,31 c	50,66 a	80,68 a	8,12 a	2,42 b	29,92 b
9. BTON	-	-	-	-	-	-	-
Y <sub>15</sub>	2,77 c	3,83 b	271,20 c	333,65 c	7,29 a	1,99 a	27,59 a
Y <sub>17</sub>	2,40 b	3,89 b	171,11 b	232,80 b	7,70 a	2,16 b	28,16 a
Y <sub>18</sub>	3,12 c	5,11 c	247,32 c	329,18 c	7,47 a	2,30 b	30,92 b
Y <sub>19</sub>	1,87 a	3,10 a	159,44 b	248,16 b	8,75 b	2,38 b	27,29 a
Y <sub>25</sub>	3,20 d	4,16 c	351,71 c	541,27 d	8,76 b	2,56 c	29,30 b
Y <sub>26</sub>	3,24 d	4,61 c	163,53 b	339,33 c	10,33 c	2,86 d	28,05 a
Y <sub>27</sub>	3,01 c	5,20 c	178,35 b	367,46 c	12,06 c	3,15 d	26,36 a
Y <sub>28</sub>	3,19 d	4,93 c	188,53 b	300,15 c	8,69 b	2,64 c	30,45 b
Y <sub>29</sub>	2,51 b	3,96 b	250,14 c	405,53 d	9,71 b	2,51 c	26,25 a
Y <sub>35</sub>	2,45 b	3,86 b	180,51 b	255,29 b	8,97 b	2,65 c	29,71 b
Y <sub>36</sub>	3,06 c	4,58 c	168,11 b	334,50 c	11,78 c	3,34 d	28,86 b
Y <sub>37</sub>	2,80 c	4,62 c	197,32 b	384,85 c	10,95 c	3,17 d	29,59 b
Y <sub>38</sub>	3,01 c	4,85 c	157,82 b	289,81 c	9,70 b	3,01 d	31,19 b
Y <sub>39</sub>	2,18 a	3,84 b	216,80 b	351,84 c	9,63 b	2,65 c	27,66 a
Y <sub>45</sub>	3,27 d	3,97 b	312,24 c	438,44 d	8,13 a	2,28 b	28,34 a
Y <sub>46</sub>	3,58 d	4,45 c	214,70 b	383,91 c	10,40 c	2,90 d	28,22 a
Y <sub>47</sub>	3,28 d	4,88 c	263,51 c	487,67 d	11,01 c	2,92 d	26,55 a
Y <sub>48</sub>	3,58 d	4,89 c	329,62 c	443,84 d	7,36 a	2,24 b	30,58 b
Y <sub>49</sub>	2,41 b	3,51 b	160,09 b	273,54 c	9,05 b	2,51 c	27,78 a
Média G1	2,07	3,03	155,97	166,80	6,36	1,79	28,19
Média G2	3,05	3,84	51,07	86,44	10,02	2,71	27,48
Média Y <sub>ij</sub> 's	3,21	4,43	241,98	397,24	9,45	2,64	28,28
Média geral	2,79	4,06	185,56	287,19	9,01	2,53	28,35

\* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ao nível de significância de 5%.

## 4.2 Análise dialéctica

Utilizando-se a metodologia de Miranda Filho e Geraldi (1984), foram realizadas as análises dialécticas com base nas médias dos genitores em cada idade e conjunta (parcela subdividida no tempo), para os caracteres em estudo (Tabelas 13 a 17).

Percebe-se que a maioria dos resultados apresenta níveis de significância concordantes nas análises por idade e conjunta, para cada carácter, considerando os efeitos de tratamentos e respectivos desdobramentos. Isto revela uma ótima consistência no comportamento dos genótipos, demonstrando a importância destes efeitos na estrutura genética das populações em estudo, e justifica-se pela alta correlação detectada entre as idades. Pelo exposto, os comentários que seguem são baseados nos resultados médios das diferentes idades.

Os caracteres AP, PC e PA apresentaram diferenças significativas para grupos 1 e 2 - cajueiro anão precoce e cajueiro comum, respectivamente - e entre os mesmos (G1 vs. G2), indicando existência de variabilidade genética dentro e entre os grupos (Tabelas 16 e 17). Observa-se ainda significância para heterose e, entre seus componentes, apenas a heterose média e heterose de genitores do grupo 1 revelaram significância, indicando existência de divergência genética entre os grupos e variabilidade das respostas heteróticas apenas entre os pais do G1, mostrando que entre estes materiais deve existir uma considerável dispersão dos alelos favoráveis nos locos que exibem dominância. Constata-se, ainda, que não houve efeito adicional resultante de cruzamentos específicos, como pode ser observado pela não significância da heterose específica.

Resultados semelhantes foram verificados para DC, em relação às significâncias dos quadrados médios, exceto nos componentes da heterose, onde detectou-se diferenças significativas apenas para a heterose média (Tabela 16). Pode-se deduzir que os grupos são heterogêneos, há presença apreciável de divergência genética e ocorrência de efeitos heteróticos nos híbridos, porém, todos mais ou menos da mesma magnitude, com desvios não significativos em torno da heterose média. Tal situação, segundo Vencovsky (1970), ocorre quando os materiais dentro de cada grupo não diferem nas suas respectivas frequências alélicas médias, nos locos com dominância, e/ou apresentam a mesma dispersão das frequências alélicas. Desta forma, as diferenças na capacidade geral de combinação dos genitores independem da heterose e, portanto, podem ser avaliados pelas médias de suas progênies.

TABELA 13. Resumo das análises dialelticas das três idades investigadas, de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984), para os caracteres altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC).

Fontes de variação		Quadrados Médios					
G.L.		2º ano	4º ano	5º ano	2º ano	4º ano	5º ano
Altura da planta (m)							
Tratamentos	26	0,077**	0,292**	0,558**	0,181**	0,590**	1,267**
Grupo 1 (G1)	3	0,118**	0,432**	0,747**	0,302**	0,427*	0,632**
Grupo 2 (G2)	4	0,117**	0,454**	0,979**	0,161**	0,821**	2,573**
G1 vs. G2 (d)	1	0,157**	2,027**	5,426**	0,133*	0,804*	8,357**
Heterose (H)	18	0,057**	0,137**	0,162**	0,168**	0,554**	0,689**
H. Média (h)	1	0,716**	1,576**	1,621**	2,131**	8,127**	8,571**
H. Grupo 1 (h1)	3	0,034*	0,142**	0,108**	0,002	0,030	0,159
H. Grupo 2 (h2)	3	0,012	0,048	0,065	0,105*	0,182	0,338
H. Especifica (S <sub>ij</sub> )	11	0,016	0,028	0,071	0,052	0,110	0,213
Erro	52	0,011	0,030	0,037	0,032	0,116	0,139

\*\*, \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 14. Resumo das análises dialéticas das três idades investigadas, de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984), para os caracteres número de castanhas (NC) e produtividade (PROD).

Fontes de variação		Número de castanha					Produtividade (Kg/ha)	
G.L.		3º ano	4º ano	5º ano	3º ano	4º ano	5º ano	
26	Tratamentos	3440,3**	9215,9**	9862,7**	9783,3**	20436,6**	26186,8**	
3	Grupo 1 (G1)	1474,7	3468,4	5358,0*	8752,0**	15300,0*	16188,0*	
4	Grupo 2 (G2)	4085,0**	7404,4*	5719,9*	778,4**	7785,1	5304,7	
1	G1 vs G2 (d)	16869,0**	38853,0**	13938,0**	13536,0**	14694,0	10690,0	
18	Heterose (H)	2878,5**	8929,3**	11307,3**	10191,7**	24421,6**	33353,1**	
1	H. Média ( $\bar{h}$ )	28131,0**	89474,0**	126187,0**	126527,0**	330942,0**	442096,0**	
3	H. Grupo 1 (h1)	322,4	4062,3	3220,3	2077,4	7411,8	8493,1	
3	H. Grupo 2 (h2)	1602,3	4838,3	4267,3	622,4	3084,7	1253,3	
11	H. Específica (S <sub>ij</sub> )	1628,0*	4050,1	4989,2**	4438,5**	7014,4	11730,0**	
52	Erro	633,1	2231,7	1905,4	1649,0	4380,5	4077,0	

\*\*, \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadrados Médios

TABELA 15. Resumo das análises dialéticas das duas idades analisadas, de acordo com o método de Miranda Filho e Geraldi (1984), para os caracteres peso de castanha (PC), peso de amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC).

Quadrados Médios		Peso de castanha (g)		Peso de amêndoa (g)		Relação amêndoa/castanha (%)	
Fontes de variação	G.L.	4º ano	5º ano	4º ano	5º ano	4º ano	5º ano
Tratamentos	26	3,255**	2,993**	0,212**	0,212**	2,326**	3,139**
Grupo 1 (G1)	3	3,979**	3,418**	0,370**	0,333**	3,831**	3,591**
Grupo 2 (G2)	4	5,929**	5,206**	0,218**	0,219**	6,124**	10,671**
G1 vs G2 (d)	1	26,879**	26,615**	1,545**	1,861**	2,637	0,162
Heterose (H)	18	1,227**	1,117**	0,110**	0,098**	1,213	1,555*
H. Média ( $\bar{h}$ )	1	8,641**	6,163**	1,106**	0,820**	5,680**	5,541*
H. Grupo 1 (h1)	3	1,567*	1,176*	0,142**	0,103**	0,280	0,384
H. Grupo 2 (h2)	3	0,743	0,905	0,046	0,027	0,243	3,869**
H. Específica ( $S_{ij}$ )	11	0,593	0,701	0,028	0,050*	1,326	0,881
Erro	52	0,381	0,368	0,029	0,024	0,746	0,844

\*\* , \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 16. Resumo da análise dialética conjunta (parcela subdividida no tempo) para os caracteres altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC), número de castanhas (NC) e produtividade (PROD), na média das três idades analisadas.

Quadrados Médios					
Fontes de variação	G.L.	ALT (m)	DC (m)	NC	PROD (Kg/ha)
Tratamentos (T)	26	0,773**	1,492**	19488,1**	49932,1**
Grupo 1 (G1)	3	1,137**	1,140**	9167,7*	36204,0**
Grupo 2 (G2)	4	1,257**	2,535**	12419,4**	12391,8
G1 vs G2 (d)	1	5,760**	3,900**	66024,0**	38751,0*
Heterose (H)	18	0,324**	1,185**	20192,4**	61179,9**
H. Média (h)	1	3,792**	17,490**	225267,0**	848949,0**
H. Grupo 1 (h1)	3	0,261**	0,114	6119,1	15153,0
H. Grupo 2 (h2)	3	0,111	0,345	7995,9	2201,4
H. Específica (S <sub>ij</sub> )	11	0,087	0,228	8713,8**	18202,2**
Erro a <sup>1/</sup>	52	0,057	0,198	2974,7	6555,4
Idades (I)	2	20,367**	66,009**	81818,9**	165144,4*
Erro b	4	0,065	0,169	3453,1	10462,2
T x I	52	0,077**	0,273**	1515,4*	3237,3**
G1 x I	6	0,080**	0,111*	566,7	2018,0
G2 x I	8	0,147**	0,510**	2394,9*	4238,2*
d x I	2	0,925**	2,697**	1818,0	84,5
H x I	36	0,016*	0,113**	1461,3*	3393,3**
h x I	2	0,061**	0,670**	9262,5**	25308,0**
h1 x I	6	0,012	0,039	742,9	1414,7
h2 x I	6	0,007	0,140**	1356,0	1379,5
S <sub>ij</sub> x I	22	0,014	0,074*	976,7	2490,4
Erro c	104	0,011	0,045	897,7	1775,5

<sup>1/</sup> : os erros (a, b e c) possuem os graus de liberdade da análise de variância apresentada na Tabela 9 e suas respectivas somas de quadrados e quadrados médios, divididos pelo número de repetições.

\*\*, \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.



TABELA 17. Resumo da análise dialélica conjunta (parcela subdividida no tempo) para os caracteres peso de castanha (PC), peso de amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC), na média das duas idades investigadas.

Fontes de variação	G.L.	Quadrados Médios		
		PC(g)	PA(g)	RAC(%)
Tratamentos (T)	26	6,166**	0,418**	4,724**
Grupo 1 (G1)	3	7,376**	0,698**	7,030**
Grupo 2 (G2)	4	11,026**	0,422**	16,314**
G1 vs G2 (d)	1	53,492**	3,398**	2,052
Heterose (H)	18	2,254**	0,203**	1,912
H. Média ( $\bar{h}$ )	1	14,698**	1,916**	11,220**
H. Grupo 1 (h1)	3	2,670*	0,240**	0,292
H. Grupo 2 (h2)	3	1,508	0,072	2,986
H. Específica (S <sub>ij</sub> )	11	1,214	0,074	1,216
Erro a <sup>1/</sup>	52	0,668	0,047	1,264
Idades (I)	1	1,009	0,001	10,371
Erro b	2	0,084	0,003	0,851
T x I	26	0,082	0,006	0,742**
G1 x I	3	0,021	0,005	0,392
G2 x I	4	0,109	0,015*	0,481
d x I	1	0,002	0,008	0,747
H x I	18	0,106	0,005	0,856**
$\bar{h}$ x I	1	0,106	0,010	0,000
h1 x I	3	0,073	0,005	0,372
h2 x I	3	0,140	0,001	1,126**
S <sub>ij</sub> x I	11	0,080	0,004	0,991**
Erro c	52	0,082	0,007	0,326

<sup>1/</sup> : os erros (a, b e c) possuem os graus de liberdade da análise de variância apresentada na Tabela 10 e suas respectivas somas de quadrados e quadrados médios, divididos pelo número de repetições.

\*\*, \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Em relação à RAC, os grupos 1 e 2 apresentaram variabilidade genética entre suas progênies, contudo, não houve diferença entre os dois (Tabela 17). A heterose não foi significativa, apesar da heterose média ter revelado significância, demonstrando presença de divergência genética entre os grupos, porém, em menor magnitude que as observadas para os demais caracteres. E aqui, os materiais podem também ser avaliados pelas médias de suas progênies.

Verifica-se para o caráter NC, que houve diferenças significativas dos grupos 1 e 2 e entre os grupos. Quanto a heterose, seus componentes heterose de genitor do grupo 1 e do grupo 2, não diferiram estatisticamente, entretanto, constatou-se significância para a heterose média e específica (Tabela 16). Isto permite deduzir que há divergência genética entre os grupos e indicativo de diferenças significativamente grandes entre as frequências alélicas, em pelo menos parte dos genitores, nos locos que expressam dominância; ou ainda, diferenças nos graus de complementação dos genitores de cada cruzamento, ocasionando efeitos adicionais específicos. Resultados similares foram verificados para PROD, em relação às significâncias dos quadrados médios, exceto para o G2, o qual não detectou diferenças significativas, apresentando-se como um grupo homogêneo.

Constata-se que houve contribuições significativas dos efeitos heteróticos para todos os caracteres, em relação às progênies de polinização livre dos genitores. A importância da heterose pode ser avaliada pela sua participação na variância total de tratamentos ( $R^2$ ), apresentados na Tabela 18. Os efeitos da heterose para a AP, PC, PA e RAC, variaram de 25,31 a 33,74% e os efeitos de genitores oscilaram de 66,23 a 74,69%. Entre os componentes da heterose, pode-se observar uma variação para a heterose média de 9,14 a 18%, heterose do G1 de 0,71 a 6,62%, heterose G2 de 1,67 a 7,29% e uma amplitude de 4,70 a 10,88% para heterose específica. Para DC, a variação devida aos efeitos heteróticos foram de 55,02%. Os caracteres NC e PROD apresentaram heterose da ordem de 71,73 e 84,83%, respectivamente. Entre os componentes heteróticos, a variação devida aos efeitos da heterose média foi de 44,46% a 65,40% e valores inferiores a 5% foram observados para as heteroses do grupo 1 e do grupo 2. Para a heterose específica verificaram-se valores de 6,43% (DC), 18,92% (NC) e 15,42% (PROD).

Note que houve maior contribuição da heterose para os caracteres NC e PROD em relação aos outros e, embora não tenha sido possível isolar os efeitos aditivos e dominantes, é provável que ocorra um maior efeito de dominância e/ou presença de maior número de locos que exibem dominância, influenciando na expressão destes caracteres. Assim, a exploração dos efeitos gênicos não aditivos em programas de melhoramento interpopulacional é uma estratégia viável.

TABELA 18. Valores dos coeficientes de determinação  $R^2(\%)$  referentes aos desdobramentos das somas de quadrados de tratamentos, obtidos das análises conjuntas, para os caracteres investigados.

Fontes de variação	Coeficientes de determinação $R^2(\%)$						
	Caracteres						
	AP	DC	NC	PROD	PC	PA	RAC
Tratamentos	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Grupo 1	16,99	8,81	5,43	8,37	13,80	19,33	17,17
Grupo 2	25,09	26,11	9,80	3,82	27,51	15,58	53,13
G1 vs. G2	28,71	10,05	13,03	2,99	33,37	31,34	1,67
Heterose	29,19	55,02	71,73	84,83	25,31	33,77	28,02
H. Média	18,90	45,05	44,46	65,40	9,17	17,67	9,14
H. Grupo 1	3,92	0,87	3,62	3,50	5,00	6,62	0,71
H. Grupo 2	1,67	2,67	4,73	0,51	2,82	2,01	7,29
H. Específica	4,70	6,43	18,92	15,42	8,32	7,47	10,88

Os resultados das interações tratamentos x idades e respectivos desdobramentos (Tabelas 16 e 17) demonstraram significância para: grupo 1 (AP e DC), grupo 2 (NC, PROD e PA), heterose média (AP, DC, NC e PROD), heterose do grupo 2 e heterose específica (DC e RAC). Portanto, constata-se comportamentos diferenciados destes efeitos, nas diferentes idades. Os caracteres PC e PA, não apresentaram interações heterose x idade significativas, revelando comportamentos coincidentes dos seus componentes. Observa-se que, apenas DC e RAC revelaram interação heterose específica x idade significativa, indicando que seus efeitos de capacidade específica de combinação apresentam instabilidade entre as idades.

### 4.3 Estimativas dos parâmetros genéticos

#### 4.3.1 Efeito de genitor e de diferença entre grupos

Os resultados das estimativas dos efeitos de genitores dos G1 e G2 ( $\hat{v}_i$  e  $\hat{v}_j$ ) e da diferença entre as médias dos dois grupos ( $\hat{d}$ ), na média das diferentes idades, encontram-se na Tabela 19.

TABELA 19. Estimativas dos efeitos de genitores ( $\hat{v}_i$  ou  $\hat{v}_j$ ), da constante ( $\hat{u}$ ) e da diferença entre os grupos 1 e 2 ( $\hat{d}$ ), referentes aos caracteres investigados, na média das diferentes idades.

$\hat{v}_i$ ou $\hat{v}_j$	Caracteres						
	AP(m)	DC(m)	NC	PROD (Kg/ha)	PC(g)	PA(g)	RAC(%)
Grupo 1:							
$\hat{v}_1$ (CCP06)	-0,19	-0,39	-26,77	-34,76	-0,42	-0,11	0,10
$\hat{v}_2$ (CCP76)	0,02	0,29	-6,26	11,48	0,55	0,11	-0,75
$\hat{v}_3$ (CCP09)	-0,09	0,25	14,27	7,17	0,16	0,14	1,92 *
$\hat{v}_4$ (CCP1001)	0,23	-0,21	14,94	11,14	-0,35	-0,16	-1,26
Grupo 2:							
$\hat{v}_5$ (CP07)	0,11	-0,16	22,22	24,14	-0,43	-0,15	-0,48
$\hat{v}_6$ (CP12)	0,28 *	-0,11	-16,97	-19,77	1,52 *	0,29 *	-1,23
$\hat{v}_7$ (CP77)	0,20	0,55 *	17,30	32,48	1,02 *	0,31 *	0,53
$\hat{v}_8$ (CP96)	0,37 *	0,72 *	6,97	4,61	-1,83 *	-0,23	2,86 *
$\hat{v}_9$ (BTON)	-1,37 *	-1,52 *	-48,51	-67,14	-0,03	-0,25	-2,82 *
$\hat{u}$	2,45 *	3,32 *	100,31*	122,06 *	8,17 *	2,22 *	27,62 *
$\hat{d}$	-0,37 *	-0,27 *	56,62*	45,99 *	-1,79 *	-0,43 *	0,57

$$\hat{v}_9' = \hat{v}_9 + \hat{h}_9$$

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

As estimativas do efeito da diferença entre os grupos mostraram que as progênies do G1, de um modo geral, não contribuíram para aumentar a expressão da AP e DC, enquanto que para NC e PROD foram mais efetivas. Para os caracteres relacionados às qualidades da castanha, o grupo 2 demonstrou superioridade para PC e PA. A RAC não revelou diferenças significativas.

Pode-se observar que para os caracteres AP e DC, em média, os pais BTON e CCP06 apresentaram os maiores efeitos negativos de  $\hat{v}$ , apesar deste último não diferir estatisticamente de zero, revelando presença de menor número de alelos favoráveis para aumentar o porte das plantas. Note que, mesmo estando inflacionado pelo efeito de heterose ( $\hat{v}_9' = \hat{v}_9 + \hat{h}_9$ ), a estimativa para o BTON foi expressivamente negativa. Por outro lado, o pior material foi CP96, o qual contribuiu mais para o aumento da expressão da altura e do diâmetro da copa.

Para NC e PROD, os pais CP07, CP77 e CCP1001 apresentaram os efeitos de  $\hat{v}$  mais positivos, sendo, portanto, considerados os genitores de maiores capacidades produtiva e é indicativo de que possuem maiores frequências de alelos favoráveis para produção. As piores performances foram alcançadas pelo BTON e CCP06.

Quanto aos caracteres relacionados às qualidades da castanha, constata-se que os genitores CP12 e CP77 apresentaram os maiores potenciais *per se* ( $\hat{v}$ ) para aumentar o peso de castanha e da amêndoa, enquanto que o pior pai foi o CP96. Em relação à RAC, o genitor CCP09 foi o que mais se destacou. Perceba que o CP96 revelou o maior efeito de  $\hat{v}$ , entretanto, o aumento na expressão da porcentagem de amêndoa na castanha decorreu de efeitos negativos para PC e PA, com maior magnitude do primeiro, como observado anteriormente, o que é uma situação indesejável. Os piores materiais foram CCP1001 e BTON.

#### 4.3.2 Efeito de heterose de genitor e heterose média

Na Tabela 20 são apresentadas as estimativas dos efeitos de heterose de genitores do grupo 1 ( $\hat{h}_i$ ), do grupo 2 ( $\hat{h}_j$ ) e da heterose média ( $\hat{h}$ ), na média das diferentes idades, para todos os caracteres em estudo.

As estimativas dos efeitos de heterose média demonstraram valores significativos para todos os caracteres, sobretudo para NC e PROD, com valores de 120,77 e 192,25%, respectivamente, em relação a  $\hat{u}$ . Isto expressa uma considerável presença de divergência genética entre os dois grupos, para todos os caracteres, que pode ser explorada em programas de melhoramento interpopulacional. Valores expressivos de heterose também foram detectados na cultura do cajueiro por Damodaran (1975), Manoj e George (1993).

Verifica-se que os genitores CCP06 e CCP09 apresentaram os maiores efeitos heteróticos negativos para o caráter AP. O pai CCP1001 revelou o maior efeito heterótico, contribuindo de forma significativa para o aumento da expressão do caráter e deve possuir frequências alélicas contrastantes em relação às frequências alélicas médias dos demais pais, nos locos com dominância. Para o DC, o genitor de maior efeito negativo foi o CP07, apresentando-se favorável para redução da expressão do caráter. O CP96 acusou a maior estimativa, porém não significativamente diferente de zero.

Pode-se constatar para NC, que os genitores CCP1001 e CP07 revelaram efeitos heteróticos mais expressivos, com contribuições de 30,7 e 46,8%, respectivamente; o pai menos efetivo foi CCP09 (- 40,7%). Para a PROD os genitores CCP1001 e CCP76 foram os que mais se destacaram (38,1 e 25,8%), enquanto que o pior material foi CCP06 (- 41,3%).

TABELA 20. Estimativas dos efeitos de heterose de genitores ( $\hat{h}_i$  ou  $\hat{h}_j$ ) e da heterose média ( $\hat{h}$ ), referentes aos caracteres investigados, na média das diferentes idades.

$\hat{h}_i$ ou $\hat{h}_j$	Caracteres						
	AP(m)	DC(m)	NC	PROD(Kg/ha)	PC(g)	PA(g)	RAC(%)
Grupo 1:							
$\hat{h}_1$ (CCP06)	-0,19 *	-0,13	-2,16	-55,28	-1,13 *	-0,33 *	-0,18
$\hat{h}_2$ (CCP76)	0,11	0,10	11,79	31,55	0,23	0,03	-0,10
$\hat{h}_3$ (CCP09)	-0,16 *	-0,11	-40,82 *	-33,78	0,72 *	0,24 *	-0,12
$\hat{h}_4$ (CCP1001)	0,20 *	0,11	30,77	46,45	-0,05	-0,01	0,36
Grupo 2:							
$\hat{h}_5$ (CP07)	-0,06	-0,33 *	46,93 *	26,75	-0,80 *	-0,19 *	0,32
$\hat{h}_6$ (CP12)	0,14	0,13	-35,26	-13,96	0,35	0,14	0,30
$\hat{h}_7$ (CP77)	-0,15	0,01	-26,95	-1,38	0,62	0,06	-1,25 *
$\hat{h}_8$ (CP96)	0,11	0,22	6,47	-14,90	-0,08	0,03	0,70
$\hat{h}$	0,49 *	1,06 *	121,15 *	234,66*	1,20 *	0,43 *	1,04 *

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

Em relação às qualidades da castanha, verifica-se que para PC e PA os genitores CCP09, CCP77 e CP12 apresentaram os maiores potenciais heteróticos, sendo considerados os melhores combinadores. As piores performances foram obtidas pelo CCP06 e o CP07. Para a RAC o material que mais se destacou foi CP96 e o pai de menor efeito heterótico foi o CP77.

#### 4.3.3 Efeito de heterose específica

Os valores das estimativas dos efeitos de heterose específica ( $\hat{s}_{ij}$ ) ou capacidade específica de combinação são apresentados na Tabela 21, para todas as características, na média das diferentes idades.

Para o caráter AP e DC a combinação híbrida de maior efeito heterótico foi CCP06 x CP96 ( $\hat{s}_{18}$ ), assim, seus genitores devem ser considerados como os mais divergentes, sendo favorável para o aumento da expressão destes caracteres. Os cruzamentos CCP09 x CP07 ( $\hat{s}_{35}$ ), para AP e CCP06 x CP77 ( $\hat{s}_{17}$ ), para DC, apresentaram os efeitos heteróticos mais negativos, portanto, seus pais foram os que mais contribuíram para a redução do porte das plantas.

TABELA 21. Estimativas dos efeitos de heterose específica ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ), referentes aos caracteres investigados, na média das diferentes idades.

$\hat{\sigma}_{ij}$	Caracteres						
	AP(m)	DC(m)	NC	PROD(Kg/ha)	PC(g)	PA(g)	RAC(%)
$\hat{\sigma}_{15}$	0,12	0,18	7,25	10,76	0,28	-0,02	-1,03
$\hat{\sigma}_{17}$	-0,19	-0,45	-16,50	-66,13	-1,46	-0,33	0,62
$\hat{\sigma}_{18}$	0,17	0,47	31,46	57,71	0,44	0,12	0,25
$\hat{\sigma}_{19}$	-0,10	-0,20	-22,21	-2,34	0,74	0,23	0,16
$\hat{\sigma}_{25}$	0,14	-0,05	63,55 *	108,43 *	-0,10	0,08	1,04
$\hat{\sigma}_{26}$	-0,10	-0,09	-22,84	-30,84	-0,64	-0,16	0,18
$\hat{\sigma}_{27}$	0,00	0,30	-33,46	-41,41	1,06	0,20	-0,83
$\hat{\sigma}_{28}$	-0,17	-0,27	-51,53 *	-81,27 *	-0,18	-0,01	0,14
$\hat{\sigma}_{29}$	0,13	0,11	44,28	45,09	-0,14	-0,11	-0,52
$\hat{\sigma}_{35}$	-0,28	-0,12	-65,31 *	-110,06 *	-0,18	-0,04	0,12
$\hat{\sigma}_{36}$	0,05	0,10	24,08	31,82	0,50	0,10	-0,32
$\hat{\sigma}_{37}$	0,12	-0,06	27,84	43,47	-0,34	-0,01	1,08
$\hat{\sigma}_{38}$	-0,02	-0,12	-39,90	-24,12	0,53	0,14	-0,44
$\hat{\sigma}_{39}$	0,13	0,20	53,28 *	58,89	-0,52	-0,19	-0,43
$\hat{\sigma}_{45}$	0,02	0,00	-5,49	-9,13	-0,01	-0,02	-0,13
$\hat{\sigma}_{46}$	0,05	-0,01	-1,25	-0,99	0,14	0,05	0,14
$\hat{\sigma}_{47}$	0,08	0,21	22,12	64,07	0,73	0,14	-0,86
$\hat{\sigma}_{48}$	0,02	-0,08	59,97 *	47,69	-0,79	-0,24	0,05
$\hat{\sigma}_{49}$	-0,16	-0,12	-75,35 *	-101,64 *	-0,08	0,07	0,80

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

As combinações híbridas de maiores potenciais heteróticos para NC foram: CCP76 x CP07 ( $\hat{\sigma}_{25}$ ), CCP1001 x CP96 ( $\hat{\sigma}_{48}$ ) e CCP09 x BTON ( $\hat{\sigma}_{39}$ ), mostrando que os pais destes híbridos apresentam divergências significativamente grandes e/ou um alto grau de complementação nos locos com dominância, sendo indicativo do potencial de variabilidade genética que pode ser liberado e explorado convenientemente através de métodos de seleção. Para a PROD, o mais expressivo efeito heterótico foi alcançado pelo cruzamento CCP76 x CP07 ( $\hat{\sigma}_{25}$ ). Os híbridos de maiores efeitos negativos foram: CCP1001 x BTON ( $\hat{\sigma}_{49}$ ), CCP09 x CP07 ( $\hat{\sigma}_{35}$ ) e CCP76 x CP96 ( $\hat{\sigma}_{28}$ ) para os dois caracteres.

Pode-se verificar, para o caráter PC, que o cruzamento de maior efeito heterótico foi o CCP76 x CP77 ( $\hat{s}_{27}$ ) e para PA o CCP06 x BTON ( $\hat{s}_{19}$ ). O menos efetivo foi CCP06 x CP77 ( $\hat{s}_{17}$ ) para os dois caracteres. Para o caráter RAC, as estimativas não diferiram significativamente de zero.

#### 4.4 Considerações finais

A produtividade, arquitetura da planta e qualidade do produto constituem caracteres de expressiva importância para todas as culturas e onde localizam-se os maiores esforços por parte dos melhoristas de plantas, para atender às exigências da agricultura moderna.

Para a cultura do cajueiro, a obtenção de ideótipos com porte reduzido - para solucionar problemas de ordem prática, como dificuldade de colheita e tratos culturais -, maior produtividade, peso de castanha e amêndoa elevados e maior porcentagem de amêndoa na castanha, apresenta-se como o principal objetivo no programa de melhoramento genético desta cultura.

De um modo geral, para os caracteres AP e DC, os pais BTON e CCP06 expressaram os efeitos genéticos mais negativos e estão associados às menores médias, portanto, foram os que mais contribuíram para a redução do porte das plantas. Os genitores CP12 e CP77 apresentaram os maiores potenciais *per se* ( $\hat{v}$ ), potenciais heteróticos positivos e as médias mais expressivas e, portanto, são materiais promissores para aumentar a expressão do peso de castanha e da amêndoa. O genitor CCP09 foi o mais importante para o aumento da RAC. Para NC e PROD, os pais CCP1001, CCP76 e CP07 revelaram potenciais *per se* e heteróticos expressivos e estão associados a médias altas, sendo considerados os de maiores capacidades produtiva.

As piores performances foram dos genitores CP96 e CP77, para AP e DC; CCP06 e CP07, para PC e PA; CCP1001 e BTON, para RAC; CCP06 e BTON, para NC e PROD.

Observa-se que houve influência significativa da heterose no sentido de aumentar a expressão de todas as características, contudo, esta situação não é desejável para AP e DC e deve ser considerada no processo seletivo. Neste contexto, o método de seleção recorrente interpopulacional pode ser explorado, pois permitirá um aumento gradativo da frequência de



alelos favoráveis na população, simultaneamente para os caracteres de interesse, através da seleção e recombinação dos indivíduos ao longo dos ciclos seletivos.

Os efeitos mais expressivos de heterose foram verificados para NC e PROD e, ainda, apenas nestes caracteres houve significância da heterose específica. Desta forma, deve-se dar ênfase a seleção de combinações híbridas, para NC e PROD, com os maiores efeitos heteróticos e médias altas, associados a efeitos de  $\hat{v}$  e  $\hat{h}$  desejáveis, em pelo menos um dos pais, para todas as características. Isto viabilizará a obtenção de clones comerciais superiores, pela exploração imediata dos efeitos heteróticos em programas de seleção clonal, como também, formar populações-base para o programa de melhoramento populacional do cajueiro. Há, ainda, possibilidade de produção de sementes híbridas para plantio, devendo-se para isto, realizar estudos técnicos e econômicos para sua viabilização.

Diante do exposto, os cruzamentos mais promissores foram: CCP76 x CP07, CCP09 x BTON e CCP09 x CP77 que, de um modo geral, reuniram alta capacidade específica de combinação com potenciais *per se* e heteróticos altamente favoráveis, em pelo menos um dos seus genitores, nos diversos caracteres e encontram-se associados às melhores médias. Observa-se que o híbrido CCP76 x CP07, além de apresentar a maior capacidade específica de combinação, teve a maior média para produção, apresentando consistência nas três idades. As piores combinações híbridas foram CCP06 x CP77, CCP1001 x BTON e CCP76 x CP12.

Outro aspecto importante para o processo seletivo, principalmente para culturas perenes, é o tempo de cada ciclo de seleção. Percebe-se que os caracteres PC e PA não apresentaram diferenças significativas para a interação tratamentos x idades. Para AP, DC, NC, PROD e RAC observou-se significância, no entanto, foram constatadas altas correlações entre as diferentes idades, indicando interação do tipo simples e, ainda, as relações  $CV_g/CV_e$  foram significativamente altas, o que facilita a seleção dos materiais. Assim, a seleção precoce pode ser uma importante ferramenta para o processo seletivo, pela contribuição na redução dos ciclos.

## CONCLUSÕES

Os efeitos de genitores e heterose são importantes componentes na estrutura genética das populações em estudo, para todos os caracteres.

Para o diâmetro da copa, número de castanhas e produtividade, os efeitos heteróticos mostram-se mais importantes que os de genitores. Para os demais caracteres observa-se o contrário.

Dentre os componentes heteróticos, a heterose média apresenta-se como o mais expressivo, para todos os caracteres, indicando presença de considerável divergência genética entre os grupos de cajueiro anão precoce e comum.

Apenas os caracteres número de castanhas e produtividade demonstram a capacidade específica de combinação como um importante componente genético.

Os genitores BTON e CCP06 destacam-se por seus efeitos genéticos negativos para os caracteres altura da planta e diâmetro da copa, contribuindo para redução do porte das plantas.

Os pais CP12 e CP77 destacam-se para o peso de castanha e amêndoa, e os pais CCP1001, CCP76 e CP07, para o número de castanhas e produtividade, por revelarem potenciais *per se* e heteróticos expressivos.

As combinações híbridas CCP76 x CP07, CCP09 x BTON e CCP09 x CP77 são as mais promissoras, por associarem altas capacidades específicas de combinação e médias altas, para os caracteres número de castanhas e produtividade, com potenciais genéticos favoráveis para as outras características. Sendo indicadas para obtenção de clones comercialmente promissores e formação de populações-base para o programa de melhoramento populacional do cajueiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1971. 381p.
- ARAÚJO, J. P. P. de; CRISÓSTOMO, J. R.; PINHEIRO, F. F. M.; BARROS, L. de M.; CAVALCANTI, J. J. V.; FELIPE, E. M. Efeito da depressão por endogamia no cajueiro anão precoce. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 9, Teresina, 1993. **Anais...** Teresina: Sociedade Brasileira de Genética, 1993a. p. 99.
- ARAÚJO, J. P. P. de; CRISÓSTOMO, J. R.; PINHEIRO, F. F. M.; BARROS, L. de M.; CAVALCANTI, J. J. V.; FELIPE, E. M. Heterose em híbridos populacionais de cajueiro. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 9, Teresina, 1993. **Anais...** Teresina: Sociedade Brasileira de Genética, 1993b. p. 102.
- ARAÚJO, J. P. P. de.; RODRIGUES, S. C. **Sistemas de seleção de sementes de cajueiro para plantio: fator de produtividade**. Fortaleza: EMBRAPA - CNPCa, 1988. 5p. (Caju Informativo, 1).
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNESP, 1989. 247p.

- BARROS, L. de M. **Biologia floral, colheita e rendimento.** In: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil/ETENE, 1988a. p. 301-319.
- BARROS, L. de M. **Melhoramento.** In: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil/ETENE, 1988b. p. 321-355.
- BARROS, L. de M. **Caracterização morfológica e isoenzimática do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), tipos comum e anão precoce, por meio de técnicas multivariadas.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 256p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- BARROS, L. de M.; ARAÚJO, F. E.; ALMEIDA, J. I. L.; TEIXEIRA, L. M. S. **A cultura do cajueiro anão.** Fortaleza: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará, 1984. 67p. (Documentos, 3).
- BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J. R. **Melhoramento genético do cajueiro.** In: ARAÚJO, S. P. P. de; SILVA, V. V. da (orgs.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p. 73-96.
- BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. **Melhoramento populacional do cajueiro anão precoce para características agronômicas e industriais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, Salvador, 1994. **Resumos ...** Salvador: SBF, 1994. p. 293-294.
- BARROS, L. de M.; MELO, Q. M. S. **Alguns aspectos sobre a cultura do caju (*Anacardium occidentale* L.).** **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 9, p. 29-38, 1987.

- BARROS, L. de M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão precoce.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1993. 65p.
- BREWBAKER, J. L. **Genética na agricultura.** São Paulo: Polígono, 1969. 217p.
- CARVALHO, H. W. L.; MIRANDA FILHO, J. B. de; GODOI, C. R. M. Avaliação de populações de milho (*Zea mays L.*) pelo modelo de cruzamentos dialélicos. **Relatório Científico Instituto de Genética.** Piracicaba, v. 13, p. 95-104. 1979.
- CAVALCANTI, J. J. V.; CORREA, M. P. F.; BARROS L. de M.; CRISÓSTOMO, J. R. Herdabilidade de alguns caracteres da fase juvenil de clones de cajueiro anão precoce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, Salvador, 1994. **Resumos ...** Salvador: SBF, 1994. p. 301.
- CHAN, Y. K. Progress in breeding of F1 papaya hybrids in Malaysia. **Acta Horticulturae,** Wageningen, n. 292, p. 41-49, 1992.
- CRESS, C. E. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populacions. **Genetics,** New York, v. 53, n. 2, p. 269-274, 1966.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 1994. 390p.
- DAMODARAN, V. K. Hybrid vigour in cashew (*Anacardium occidentale L.*). **Agricultural Research Journal of Kerala,** Kerala, v. 13, n. 2, p. 195-196, 1975.
- DHILON, B. S. The application of partial-diallel crosses in plant breeding - A review. **Crop Improvement,** Ludhiana v. 2, n. 1/2, p. 1-8, 1975.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - CNPCa. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa de Caju 1987-1988**. Fortaleza, 1990. 88p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - CNPCa. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa de Caju 1989-1990**. Fortaleza, 1991. 84p.
- ENGLAND, F. A general approximate method for fitting additive and specific combining abilities to the diallel cross with unequal numbers of observations in the cells. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 44, p. 378-380, 1974.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M. A. de SILVA; J. C. SILVA. Viçosa: UFV, 1981. 279p.
- FALUYI, M. A. The natural breeding system of cashew (*Anacardium occidentale* L.) and its influence on yield in southwestern Nigeria. **Nigeria Journal Science**, Ibadan, v. 17, n. 1, p. 51-60, 1983.
- FEDERER, W. J. Diallel cross design and their relation to fractional replication. **Der Züchter**, Berlin, v. 37, p. 174-178, 1967.
- FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: MacMillan, 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**, Viçosa, v. 32, n. 182, p. 283-292, 1985.
- FREIRE FILHO, F. R. **Análise genética de um dialelo entre genótipos precoces de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1988. 224p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

- FYFE, J. L.; GILBERT, N. Partial diallel crosses. **Biometrics**, Raleigh, v. 19, n. 2, p. 278-286, June, 1963.
- GARDNER, C. O. Simplified methods for estimating constants and computing sums of square for a diallel cross analysis. **Fitotecnia Latinoamericana**, San José, v. 4, n. 2, p. 1-12, jul./dic. 1967.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Raleigh, v. 22, n. 3, p. 439-452, Sept. 1966.
- GARRETSEN, F.; KEULS, M. A general method for analysis of genetic variation in complete and incomplete diallels and North Carolina II (NC II) designs. Part II: Procedures and general formulas for the fixed model. **Euphytica**, Wageningen, v. 27, n. 1, p. 49-68, 1978.
- GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. de. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 419-430, June, 1988.
- GILBERT, N. E. Additive combining abilities fitted to plant breeding data. **Biometrics**, Raleigh, v. 23, n. 1, p. 45-49, Mar. 1967.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. Piracicaba: ESALQ-USP, 1987. 467p.
- GRIFFING, J. B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. **Heredity**, London, v. 10, p. 31-50, 1956a.
- GRIFFING, J. B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel systems. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956b.

- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. de. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University, 1981. 468p.
- HAYES, H. K.; JOHNSON, I. J. The breeding of selfed lines of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v. 31, p. 710-724, 1936.
- HAYMAN, B. I. The analysis of variance of diallel tables. **Biometrics**, Raleigh, v. 10, n. 2, p. 235-244, 1954a.
- HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Princeton, v. 39, p. 784-809, 1954b.
- JOHNSON, D. V. The botany, origin and spread of the cashew *Anacardium occidentale* L. **The Journal of Plantation Crops**, Kerala, v. 1, n. 1-2, p. 1-7, 1973.
- JOHNSON, D. V. **O caju no nordeste do Brasil: um estudo geográfico**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1974. 169p.
- KEMPTHORNE, O. The theory of diallel cross. **Genetics**, Princeton, v. 41, p. 451-459, 1956.
- KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R. N. The partial diallel crosses. **Biometrics**, Raleigh, v. 17, n. 2, p. 229-250, June, 1961.
- KEULS, M.; GARRETSEN, F. A general method for analysis of genetic variation in complete and incomplete diallels and North Carolina II (NC II) designs. Part I: Procedures and general formulas for the random model. **Euphytica**, Wageningen, v. 26, n. 3, p. 537-551, 1977.
- KRUG, C. A.; VIÉGAS, G. P.; PAOLIÉRI, L. Híbridos comerciais de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 3, n. 11, p. 367-552, Nov. 1943.



- LONNQUIST, J. H. Progress from recurrent selection procedures for the improvement of corn populations. **Bulletin "University Nebraska College Agricultural Research"**, Nebraska, v. 197, p. 1-33, 1961.
- MACHADO, A. T. **Avaliação de cruzamentos intervarietais de milho (*Zea mays* L.) utilizando o esquema dialélico parcial incompleto**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1986. 121p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- MANOJ, P. S.; GEORGE, T. E. Heterosis in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Cashew, Kerala**, v. 7, n. 3, p. 7-9, 1993.
- MIRANDA FILHO, J. B. **Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com ênfase na produtividade e no porte da planta**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 116p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- MIRANDA FILHO, J. B. de.; GERALDI, I. O. An adapted model for analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 4, p. 677-688, Dec. 1984.
- MITCHELL, J. D.; MORI, S. A. The cashew and its relatives (*Anacardium: Anacardiaceae*). **Memoirs of the New York Botanical Garden**, New York, v. 42, n. 1, p. 1-76. 1987.
- MOLL, R. H.; LONNQUIST, J. H.; FORTUNO, J. V.; JOHNSON, E. C. The relationship of heterosis and genetics divergence in maize. **Genetics**, New York, v. 52, n. 1, p. 139-144, July, 1965.
- MOLL, R. H.; SALHUANA, W. S.; ROBINSON, H. F. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 3, p. 197-198, May / June, 1962.
- MORTON, J. F. The cashew's brighter future. **Economic Botany**, Baltimore, v. 15, n. 1, p. 57-58, Jan./Mar. 1961.

- NAMBIAR, M. C. Cashew: In: KOZLOWSKI, T. T. **Ecophysiology of tropical crops**. London: Academic, 1977. p. 502.
- NORTHWOOD, P. J. Some observations on flowering and fruit-setting in the cashew *Anacardium occidentale* L. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 43, n. 1, p. 35-42, Jan. 1966.
- NORTHWOOD, P. J.; KAYUMBO, H. Y. Cashew production in Tanzania. **World Crops**, Dordrecht, v. 22, n. 2, p. 88-91, 1970.
- OHLER, J. G. **Cashew**. Amsterdam: Koninklijk Institut Voor de Tropen, 1979. 260p.
- PARENTE, J. I. G.; PAULA, P. P. F. A.; NEMEKATO, Y. **Diretrizes para a recuperação da cajucultura do Nordeste**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPCa, 1991. 56p. (Documentos, 4).
- PATERNIANI, E. Estudos recentes sobre heterose. Campinas: Fundação Cargil, 1974. 36p. (Boletim, 1).
- PIMENTEL, C. R. M.; PESSOA, P. F. A. de P.; LEITE, L. A. de S. Aspectos econômicos da cultura. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V da (orgs.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p. 27-38.
- POPOVA, D.; MIHAILOV, L. Inheritance of some quantitative characteres on heterotic combinations of pepeer (*Capsicum annum* L.). **Genética Agrária**, Roma, v. 30, n. 3, p. 399-406, Dec. 1976.
- RAMALHO, M.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. B. **Genética na agricultura**. 2. ed. São Paulo: Globo, 1990. 359p.

- RAO, V. N. M.; HASSAN, M. V. Preliminary studies on the floral biology of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 27, n. 3, p. 277-288, Sept. 1957.
- RICHEY, F. D. The experimental basis for the present status of breeding. **Journal of the American Society of the Agronomy**, Madison, v. 14, p. 1-17, 1922.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS Procedures Guide for computers**. 6.ed. Cary, 1993. v. 3, 373p.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.
- SEARLE, S. R. **Linear models**. New York: Wiley & Sons, 1971. 532 p.
- SINGH, J.; DHILLON, B. S.; JOSHI, G. S. S. A comparative study of three sampling schemes of partial diallel crosses. **Crop Improvement**, Ludhiana v. 11, n. 1, p. 10-14, 1984.
- SOARES, J. B. **O caju: aspectos tecnológicos**. Fortaleza: Banco Nordeste Brasil, 1986. 256p. (Monografia, 24).
- SPRAGUE, G. F. Plant breeding. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, v. 1, p. 244-269, 1967.
- SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, p. 923-932, 1942.
- STELL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and prodedures of statistics**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The weather balance. **Climatology**, Centerton, v. 8, n. 1, p. 104, 1955.

- VEIGA, R. D.; CAVALCANTI, J. J. V. Uma aplicação do sistema SAS em modelos incompletos de análise dialélica. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 42 E SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 7, Recife, 1997. **Programa e Resumos ... Recife: UFRPE, 1997, p.34.**
- VENCOVSKY, R. Análise de cruzamentos dialélicos entre variedades pelo método de Gardner e Eberhart. **Rel. Cient. Inst. Gen. Piracicaba: ESALQ-USP, v. 3, p. 99-111, 1969.**
- VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades.** Piracicaba: ESALQ, 1970. 110p. (Tese livre docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP).
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1978. p. 122-201.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496p.
- VIANA, J. M. S. **Teoria e análise de cruzamentos dialélicos parciais, com aplicação no melhoramento genético do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Viçosa: UFV, 1995. 100p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- VIÉGAS, G. P.; MIRANDA FILHO, J. B. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil.** São Paulo: Fundação Cargil, 1976. p. 257-309.
- VIRMANI, S. S.; EDWARDS, I. B. Current status and future projects for breeding hybrid rice and wheat. **Advances in Agronomy, New York, v. 36, p. 145-215, 1983.**
- WUNNACHIT, W; PATTISON, S. J.; GILES, L.; MILLINGTON, A. J.; SEDGLEY, M. Pollen tube growth and genotype compatibility in cashew in relation to yield. **Journal of Horticulture Science, Ashford, v. 67, n. 1, p. 67-75, 1992.**

## **APÊNDICE**



TABELA 3A. Médias das progênes dos genitores e respectivos híbridos, obtidas em cada idade, para os caracteres número de castanha (NC) e produtividade (PROD).

Híbrido ou Progênie	Caracteres					
	Número de castanha			Produtividade(Kg/ha)		
	3º ano	4º ano	5º ano	3º ano	4º ano	5º ano
Y <sub>15</sub>	174,60	368,67	270,33	227,39	432,55	341,01
Y <sub>17</sub>	131,47	250,13	131,73	185,37	312,60	200,42
Y <sub>18</sub>	121,37	286,80	333,80	172,01	355,89	459,63
Y <sub>19</sub>	154,70	175,27	148,35	245,89	255,75	242,84
Y <sub>25</sub>	245,80	432,92	376,40	396,62	634,03	593,15
Y <sub>26</sub>	88,09	220,30	182,20	295,24	389,64	333,11
Y <sub>27</sub>	133,72	259,53	141,80	273,60	494,29	334,49
Y <sub>28</sub>	139,80	183,13	242,67	214,81	290,97	394,66
Y <sub>29</sub>	193,69	264,23	292,49	320,21	405,60	490,78
Y <sub>35</sub>	102,67	258,60	180,27	136,22	339,46	290,20
Y <sub>36</sub>	109,87	216,40	178,07	203,92	414,66	384,92
Y <sub>37</sub>	152,53	248,40	191,02	292,03	484,35	378,18
Y <sub>38</sub>	134,50	166,16	172,80	203,90	359,92	305,59
Y <sub>39</sub>	156,33	257,40	236,67	250,12	395,49	409,92
Y <sub>45</sub>	198,47	397,27	341,00	283,15	545,56	486,61
Y <sub>46</sub>	89,00	256,60	298,50	152,84	464,32	534,58
Y <sub>47</sub>	184,82	338,90	266,82	354,22	591,48	517,31
Y <sub>48</sub>	226,95	401,80	360,10	307,05	523,57	500,90
Y <sub>49</sub>	121,33	197,73	161,20	204,80	340,95	274,87
1. CCP06	83,20	194,13	113,13	83,16	186,52	130,18
2. CCP76	131,58	205,75	114,67	160,19	238,36	140,04
3. CCP09	120,40	255,87	137,33	127,02	253,84	144,77
4. CCP1001	137,87	229,37	148,37	139,89	231,83	165,84
5. CP07	45,45	100,25	52,03	75,51	146,76	78,37
6. CP12	3,12	50,10	26,95	6,89	108,66	53,39
7. CP77	39,33	104,30	39,35	70,41	196,27	58,99
8. CP96	17,78	72,95	61,25	28,39	116,01	97,64

TABELA 4A. Médias das progênes dos genitores e respectivos híbridos, obtidas em cada idade, para os caracteres peso de castanha (PC), peso de amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC).

Híbrido ou Progênie	Caracteres					
	PC(g)		PA(g)		RAC(%)	
	4º ano	5º ano	4º ano	5º ano	4º ano	5º ano
Y <sub>15</sub>	7,32	7,25	2,01	1,98	27,54	27,64
Y <sub>17</sub>	7,85	7,55	2,18	2,13	27,79	28,54
Y <sub>18</sub>	7,66	7,27	2,24	2,37	29,09	32,75
Y <sub>19</sub>	8,62	8,88	2,33	2,42	27,09	27,48
Y <sub>25</sub>	9,16	8,36	2,66	2,45	29,22	29,38
Y <sub>26</sub>	10,67	10,00	3,01	2,72	28,40	27,71
Y <sub>27</sub>	12,20	11,92	3,15	3,15	26,02	26,70
Y <sub>28</sub>	8,89	8,49	2,66	2,62	30,01	30,90
Y <sub>29</sub>	9,97	9,46	2,50	2,53	25,25	27,25
Y <sub>35</sub>	9,11	8,83	2,72	2,59	29,97	29,44
Y <sub>36</sub>	12,45	11,10	3,34	3,35	27,33	30,40
Y <sub>37</sub>	10,72	11,19	3,15	3,19	30,15	29,02
Y <sub>38</sub>	9,74	9,65	2,98	3,04	30,78	31,61
Y <sub>39</sub>	9,80	9,46	2,69	2,61	27,71	27,61
Y <sub>45</sub>	8,27	7,98	2,23	2,34	26,98	29,69
Y <sub>46</sub>	10,55	10,24	2,94	2,86	28,21	28,22
Y <sub>47</sub>	11,08	10,94	2,92	2,91	26,40	26,70
Y <sub>48</sub>	7,76	6,96	2,27	2,21	29,34	31,82
Y <sub>49</sub>	8,86	9,24	2,43	2,59	27,31	28,25
1. CCP06	6,06	5,87	1,70	1,67	28,18	28,41
2. CCP76	6,89	6,96	1,91	1,89	27,72	27,16
3. CCP09	6,57	6,50	1,90	1,97	29,47	30,76
4. CCP1001	6,30	5,77	1,67	1,58	26,49	27,37
5. CP07	9,74	9,31	2,55	2,45	26,41	26,74
6. CP12	11,69	11,25	2,96	2,93	25,43	26,23
7. CP77	11,19	10,76	2,88	3,05	26,19	28,98
8. CP96	7,86	8,38	2,31	2,53	29,23	30,61



TABELA 5A. Estimativas dos efeitos de genitores ( $\hat{v}_i$  ou  $\hat{v}_j$ ), da constante ( $\hat{u}$ ) e da diferença entre os grupos 1 e 2 ( $\hat{d}$ ), efeitos de heterose de genitores ( $\hat{h}_i$  ou  $\hat{h}_j$ ) e da heterose média ( $\bar{h}$ ), efeitos de heterose específica ( $\hat{s}_{ij}$ ), referentes aos caracteres altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC), para as três idades avaliadas.

Efeitos	Caracteres					
	AP(m)			DC(m)		
	2º ano	4º ano	5º ano	2º ano	4º ano	5º ano
$\hat{u}$	1,58 *	2,60 *	3,15 *	1,85 *	3,70 *	4,41 *
$\hat{d}$	-0,07	-0,37 *	-0,65 *	0,18 *	-0,17	-0,82 *
$\hat{v}_1$	-0,11	-0,12	-0,33	-0,32 *	-0,45	-0,38
$\hat{v}_2$	0,12	-0,06	0,01	0,25	0,31	0,29
$\hat{v}_3$	-0,05	-0,07	-0,16	0,36 *	0,23	0,17
$\hat{v}_4$	0,03	0,23	0,43 *	-0,33 *	-0,16	-0,13
$\hat{v}_5$	0,21 *	0,21	-0,08	0,08	0,03	-0,58
$\hat{v}_6$	0,09	0,35 *	0,39 *	-0,01	-0,08	-0,23
$\hat{v}_7$	0,06	0,18	0,34 *	0,07	0,50	1,07 *
$\hat{v}_8$	0,18	0,28	0,66 *	0,20	0,64	1,30 *
$\hat{v}_9$	-0,77 *	-1,46 *	-1,87 *	-0,51 *	-1,66 *	-2,40 *
$\bar{h}$	0,37 *	0,55 *	0,56 *	0,65 *	1,25 *	1,28 *
$\hat{h}_1$	-0,12	-0,28	-0,19	-0,05	-0,07	-0,26
$\hat{h}_2$	0,05	0,15	0,14	0,03	0,14	0,13
$\hat{h}_3$	-0,09	-0,17	-0,20	-0,02	-0,12	-0,18
$\hat{h}_4$	0,15 *	0,24 *	0,21	0,03	0,04	0,26
$\hat{h}_5$	0,00	-0,08	-0,11	-0,09	-0,43 *	-0,47 *
$\hat{h}_6$	0,05	0,17	0,19	-0,23	0,05	0,58 *
$\hat{h}_7$	-0,10	-0,17	-0,19	-0,06	0,12	-0,04
$\hat{h}_8$	0,07	0,12	0,15	0,32 *	0,28	0,07
$\hat{s}_{15}$	-0,03	0,18	0,20	-0,11	0,27	0,37
$\hat{s}_{17}$	-0,07	-0,24	-0,27	-0,18	-0,47	-0,71
$\hat{s}_{18}$	0,12	0,10	0,31	0,35	0,44	0,62
$\hat{s}_{19}$	-0,02	-0,04	-0,23	-0,07	-0,24	-0,28
$\hat{s}_{25}$	0,14	0,01	0,27	0,09	-0,27	0,04
$\hat{s}_{26}$	-0,09	-0,10	-0,10	0,00	0,02	-0,28
$\hat{s}_{27}$	-0,05	0,03	0,02	0,13	0,39	0,38
$\hat{s}_{28}$	-0,07	-0,15	-0,29	-0,25	-0,22	-0,33
$\hat{s}_{29}$	0,07	0,22	0,11	0,03	0,09	0,20
$\hat{s}_{35}$	-0,23	-0,14	-0,46	-0,11	-0,03	-0,24
$\hat{s}_{36}$	0,01	0,03	0,10	-0,02	0,07	0,25
$\hat{s}_{37}$	0,09	0,11	0,16	-0,12	-0,29	0,24
$\hat{s}_{38}$	0,05	-0,07	-0,05	0,29	-0,07	-0,59
$\hat{s}_{39}$	0,08	0,06	0,25	-0,04	0,32	0,34
$\hat{s}_{45}$	0,12	-0,05	-0,02	0,13	0,03	-0,18
$\hat{s}_{46}$	0,08	0,07	0,00	0,02	-0,09	0,03
$\hat{s}_{47}$	0,03	0,10	0,10	0,17	0,37	0,10
$\hat{s}_{48}$	-0,10	0,12	0,04	-0,39	-0,15	0,31
$\hat{s}_{49}$	-0,13	-0,24	-0,12	0,08	-0,17	-0,26

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

TABELA 6A. Estimativas dos efeitos de genitores ( $\hat{v}_i$  ou  $\hat{v}_j$ ), da constante ( $\hat{u}$ ) e da diferença entre os grupos 1 e 2 ( $\hat{d}$ ), efeitos de heterose de genitores ( $\hat{h}_i$  ou  $\hat{h}_j$ ) e da heterose média ( $\bar{h}$ ), efeitos de heterose específica ( $\hat{s}_{ij}$ ), referentes aos caracteres número de castanha (NC) e produtividade (PROD), nas três idades avaliadas.

Efeitos	Caracteres					
	NC			PROD(Kg/ha)		
	3º ano	4º ano	5º ano	3º ano	4º ano	5º ano
$\hat{u}$	74,82 *	143,75 *	82,37 *	89,91 *	173,40 *	102,87 *
$\hat{d}$	44,75 *	78,54 *	46,57 *	39,31 *	55,76 *	42,89
$\hat{v}_1$	-36,36	-28,15	-15,81	-46,05	-42,64	-15,59
$\hat{v}_2$	12,02	-16,53	-14,27	30,98	9,20	-5,73
$\hat{v}_3$	0,84	33,58	8,39	-2,19	24,68	-0,99
$\hat{v}_4$	18,31	7,08	19,43	10,68	2,67	20,08
$\hat{v}_5$	15,38	35,04	16,23	24,91	29,12	18,39
$\hat{v}_6$	-26,95	-15,11	-8,85	-43,71	-8,99	-6,59
$\hat{v}_7$	9,26	39,09	3,55	19,81	78,63	-0,99
$\hat{v}_8$	-12,29	7,74	25,45	-22,21	-1,64	37,66
$\hat{v}_9$	15,15	-103,92 *	-56,77	20,86	-147,92 *	-74,36
$\bar{h}$	74,65 *	132,20 *	156,59 *	157,02 *	254,08 *	292,89 *
$\hat{h}_1$	2,39	3,53	-12,41	-25,63	-66,21	-73,99
$\hat{h}_2$	6,93	10,08	18,35	38,77	17,10	38,77
$\hat{h}_3$	-16,52	-57,61 *	-48,33	-27,51	-34,77	-39,07
$\hat{h}_4$	7,68	44,71	39,91	9,23	70,64	59,49
$\hat{h}_5$	23,75	71,22 *	45,82	3,57	49,94	26,76
$\hat{h}_6$	-44,90 *	-40,37	-20,52	-21,15	-23,86	3,12
$\hat{h}_7$	-2,94	-20,92	-56,99 *	21,57	7,96	-33,68
$\hat{h}_8$	12,86	-20,02	26,56	-9,28	-40,00	4,58
$\hat{s}_{15}$	9,48	14,52	-2,26	13,09	28,11	-8,92
$\hat{s}_{17}$	-3,90	-13,89	-31,70	-44,39	-74,62	-79,37
$\hat{s}_{18}$	-19,02	37,54	75,87 *	-5,89	56,76	122,25 *
$\hat{s}_{19}$	13,45	-38,17	-41,92	37,18	-10,24	-33,95
$\hat{s}_{25}$	51,95 *	66,42	72,28 *	79,41 *	120,36 *	125,52 *
$\hat{s}_{26}$	-15,94	-9,53	-43,03	37,06	-31,19	-98,38 *
$\hat{s}_{27}$	-30,39	-16,85	-53,16	-59,07	-2,16	-63,00
$\hat{s}_{28}$	-29,32	-78,48 *	-46,79	-65,99 *	-117,39 *	-60,43
$\hat{s}_{29}$	23,71	38,44	70,70 *	8,59	30,38	96,29
$\hat{s}_{35}$	-62,15 *	-65,27	-68,50	-98,13 *	-130,09 *	-101,96 *
$\hat{s}_{36}$	34,87	29,20	8,18	28,60	37,97	28,91
$\hat{s}_{37}$	17,47	14,65	51,41	42,22	32,03	56,17
$\hat{s}_{38}$	-5,58	-52,82	-61,31	5,95	-4,31	-74,02
$\hat{s}_{39}$	15,39	74,24 *	70,22 *	21,36	64,40	90,90
$\hat{s}_{45}$	0,72	-15,67	-1,53	5,63	-18,38	-14,64
$\hat{s}_{46}$	-18,93	-19,67	34,85	-65,66 *	-6,78	69,47
$\hat{s}_{47}$	16,82	16,08	33,45	61,24	44,76	86,20
$\hat{s}_{48}$	53,93 *	93,75 *	32,23	65,93 *	64,94	12,20
$\hat{s}_{49}$	-52,54 *	-74,50	-99,00 *	-67,13 *	-84,54	-153,24 *

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.

TABELA 7A. Estimativas dos efeitos de genitores ( $\hat{v}_i$  ou  $\hat{v}_j$ ), da constante ( $\hat{u}$ ) e da diferença entre os grupos 1 e 2 ( $\hat{d}$ ), efeitos de heterose de genitores ( $\hat{h}_i$  ou  $\hat{h}_j$ ) e da heterose média ( $\bar{h}$ ), efeitos de heterose específica ( $\hat{s}_{ij}$ ), referentes aos caracteres peso de castanha (PC), peso de amêndoa (PA) e relação amêndoa/castanha (RAC), nas duas idades avaliadas.

Efeitos	Caracteres					
	PC (g)		PA (g)		RAC(%)	
	4º ano	5º ano	4º ano	5º ano	4º ano	5º ano
$\hat{u}$	8,23 *	8,10 *	2,20 *	2,24 *	27,18 *	28,07 *
$\hat{d}$	-1,77 *	-1,81 *	-0,40 *	-0,46 *	0,78 *	0,35
$\hat{v}_1$	-0,41	-0,42	-0,10	-0,12	0,22	-0,01
$\hat{v}_2$	0,42	0,67	0,11	0,11	-0,23	-1,26
$\hat{v}_3$	0,10	0,21	0,10	0,19	1,51 *	2,33 *
$\hat{v}_4$	-0,17	-0,52	-0,13	-0,20	-1,47 *	-1,06
$\hat{v}_5$	-0,26	-0,60	-0,06	-0,25	0,01	-0,98
$\hat{v}_6$	1,69 *	1,34 *	0,35 *	0,23	-0,97	-1,49
$\hat{v}_7$	1,19 *	0,85	0,27	0,35 *	-0,21	1,26
$\hat{v}_8$	-2,14 *	-1,53 *	-0,29	-0,17	2,83 *	2,89 *
$\hat{v}_9$	-0,30	0,24	-0,32	-0,17	-2,74 *	-2,90 *
$\bar{h}$	1,30 *	1,10 *	0,46 *	0,40 *	1,05 *	1,02 *
$\hat{h}_1$	-1,19 *	-1,08 *	-0,35 *	-0,30 *	-0,41	0,06
$\hat{h}_2$	0,39	0,07	0,07	-0,01	-0,23	0,03
$\hat{h}_3$	0,74 *	0,70 *	0,26 *	0,22 *	0,31	-0,55
$\hat{h}_4$	-0,18	0,09	-0,05	0,04	0,26	0,47
$\hat{h}_5$	-0,87 *	-0,73 *	-0,21 *	-0,16	0,22	0,43
$\hat{h}_6$	0,47	0,23	0,15	0,12	0,16	0,44
$\hat{h}_7$	0,40	0,84	0,07	0,05	-0,51	-1,99 *
$\hat{h}_8$	0,12	-0,28	0,04	0,02	0,18	1,23
$\hat{s}_{15}$	0,18	0,37	-0,02	-0,02	-0,60	-1,45
$\hat{s}_{17}$	-1,29	-1,62	-0,29	-0,37	0,49	0,74
$\hat{s}_{18}$	0,47	0,40	0,08	0,15	-0,43	0,93
$\hat{s}_{19}$	0,63	0,85	0,23	0,23	0,54	-0,22
$\hat{s}_{25}$	0,02	-0,22	0,11	0,05	1,12	0,95
$\hat{s}_{26}$	-0,78	-0,51	-0,11	-0,20	0,84	-0,47
$\hat{s}_{27}$	1,07	1,06	0,15	0,24	-1,24	-0,43
$\hat{s}_{28}$	-0,29	-0,07	-0,02	-0,01	0,54	-0,26
$\hat{s}_{29}$	-0,02	-0,27	-0,14	-0,08	-1,26	0,21
$\hat{s}_{35}$	-0,21	-0,14	-0,01	-0,08	0,46	-0,22
$\hat{s}_{36}$	0,81	0,20	0,05	0,16	-1,64	0,99
$\hat{s}_{37}$	-0,60	-0,08	-0,03	0,02	1,48	0,67
$\hat{s}_{38}$	0,37	0,69	0,12	0,16	-0,10	-0,78
$\hat{s}_{39}$	-0,37	-0,67	-0,12	-0,25	-0,21	-0,66
$\hat{s}_{45}$	0,01	-0,02	-0,09	0,04	-0,98	0,72
$\hat{s}_{46}$	-0,03	0,31	0,06	0,04	0,79	-0,51
$\hat{s}_{47}$	0,82	0,64	0,17	0,11	-0,73	-0,98
$\hat{s}_{48}$	-0,55	-1,02	-0,18	-0,30	-0,01	0,11
$\hat{s}_{49}$	-0,25	0,09	0,03	0,10	0,93	0,67

\* : significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t.