

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
MESTRADO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

EGNESIO HOLANDA VALE

**DESEMPENHO DE PROGÊNIES DE IRMÃOS COMPLETOS DE
CAJUEIRO-ANÃO-PRECOCE**

FORTALEZA

2012

EGNESIO HOLANDA VALE

**DESEMPENHO DE PROGÊNIES DE IRMÃOS COMPLETOS DE
CAJUEIRO-ANÃO-PRECOCE**

Dissertação submetida à coordenação do curso de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.

Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

Orientador: Prof. PhD. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- V243d Vale, Egnésio Holanda.
Desempenho de progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce / Egnésio Holanda Vale.
– 2012.
66 f., il., color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2012.
Área de concentração: Fitotecnia.
Orientação: Prof. PhD. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti.
1. *Anacardium occidentale* L. 2. Melhoramento genético. 3. Herdabilidade. 4. Seleção - fitotecnia.
I. Título.

EGNESIO HOLANDA VALE

**DESEMPENHO DE PROGÊNIES DE IRMÃOS COMPLETOS DE
CAJUEIRO-ANÃO-PRECOCE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau de mestre em Agronomia/Fitotecnia.

Egnesio Holanda Vale

Aprovada em: 31/10/2012

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Pesq. Dr. Dheyne Silva Melo (Conselheiro)
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof^a. Dr^a. Cândida Hermínia de Magalhães Bertini (Conselheira)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Aos meus pais, Esequiel Oliveira do Vale *In memoriam* e Maria Oristela Holanda Vale, pela educação, valores e esforços realizados. A minha família, pelo apoio e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência e pela presença constante em minha vida, por todas as bênçãos e graças derramadas até o presente momento.

Aos meus pais, pela orientação e incentivo aos estudos, mostrando a mim e aos meus irmãos a importância do mesmo. Ao meu pai (*in Memoriam*) por ter sido mais rígido na cobrança, do estudo de todos os filhos.

À minha esposa Luiza e filhas; Cinthya Gabrielle e Izabelly pelo apoio e paciência durante todo o transcorrer de minha formação.

Aos meus irmãos, por terem, de alguma forma, contribuído para minha formação, pelo apoio moral, material, etc.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) que me proporcionou a oportunidade de realização do Mestrado na área de Agronomia/ Fitotecnia.

Ao meu orientador: José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, pela assistência, supervisão e incentivo que tornou possível a conclusão deste estudo.

Aos meus colegas de mestrado e doutorado da área de melhoramento genético do cajueiro que de alguma forma contribuíram para minha formação e obtenção do título de mestre, em especial Tomil Ricardo e Herbeth de Souza.

As minhas colegas da região sul; Elisane Tchesmann e Maraisa Crestani, pela grandiosa ajuda tanto na avaliação das plantas como no desenvolvimento desse trabalho.

A todos os funcionários da Embrapa pela parceria nos trabalhos de campo em especial, o Dão maestro da equipe, juntamente com o Raimundo Nonato (Raimundinho), supervisor do Campo Experimental de Pacajus.

A todos que de forma, direta ou indireta contribuíram para aumentar meu conhecimento e obtenção do título de Mestre.

A todos os Professores da Universidade Federal do Ceará, pelos conhecimentos repassados.

Que Deus ilumine a nós todos!

“Sonhei ter sonhado que havia sonhado. No sonho lembrei-me de um sonho passado. O de ter sonhado o que estava sonhando”.

Manuel Bandeira.

RESUMO

A cultura do cajueiro vem passando por um processo acentuado de expansão, tanto em área de cultivo como, principalmente, em nível tecnológico. O programa de melhoramento genético do cajueiro tem grande responsabilidade nesse incremento do cultivo da espécie. Através do melhoramento genético foi possível obter plantas com o porte reduzido, com maior produtividade, indivíduos mais resistentes às principais pragas e doenças do cajueiro, como antracnose e mofo preto, e com maior qualidade agroindustrial, apresentando maior tamanho de castanhas e amêndoas. Por ser uma planta perene e predominantemente alógama, o cajueiro possui grande variabilidade genética, o que permite maior possibilidade de sucesso quando se pratica o melhoramento genético com a finalidade de selecionar indivíduos promissores. No entanto, o tempo exigido para a seleção de indivíduos superiores até o seu lançamento como clones comerciais é bastante longo, daí a razão de existir poucos clones à disposição dos produtores de castanha, culminando em uma estreita base genética entre os clones tradicionalmente cultivados. A propagação realizada com base no plantio da semente de cajueiro permite a verificação da segregação genética e expressão da variabilidade genética advinda da fecundação cruzada, que representa a oportunidade de combinação de alelos favoráveis, permitindo selecionar novos indivíduos superiores, com a finalidade de cloná-los e colocá-los à disposição dos produtores, aumentando as opções de materiais para cultivo e, conseqüentemente, ampliando a base genética existente. As estimativas de parâmetros genéticos são fundamentalmente importantes, pois auxiliam no entendimento do potencial genético dos indivíduos em avaliação e no conhecimento da variabilidade genética presente na população, indicando a possibilidade de sucesso do programa de melhoramento e auxiliando na formulação das estratégias de trabalho. Objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos e o desempenho das progênies oriundas de sete cruzamentos de cajueiro irmãos completo avaliados em duas safras 2010 e 2011. O experimento foi instalado em março de 2007 no Campo Experimental de Pacajus pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, localizado no município de Pacajus, no estado do Ceará. Entre os cruzamentos avaliados, o CCP 76 X BRS 226 foi o que apresentou menor desempenho médio da progênie para altura de planta (2,30 m), enquanto a progênie do cruzamento CCP 76 e Embrapa 51 obteve a maior média (2,92 m). Em relação à produtividade de castanha, o cruzamento que mais se destacou foi o CCP76 x Embrapa 51, com a produtividade média de 486,67 kg de

castanha por hectare. Para o peso médio da castanha, destacou-se o cruzamento entre BRS 226 x Embrapa 51, apresentando castanhas com 9,70 g. Na avaliação geral, os híbridos que apresentaram melhor desempenho, associando maior número de fenótipos de interesse para a cultura, foram originados dos cruzamentos entre CCP 76 e Embrapa 51, e entre BRS 226 e Embrapa 51, considerando a altura de planta, diâmetro de copa, produtividade e peso de castanha. As herdabilidades médias (h^2) de maior magnitude foram apresentadas pelos caracteres altura de planta, diâmetro de copa e peso médio de castanha (59,85%, 27,80% e 85,44%, respectivamente). As correlações positivas (r_P e r_G) de maior magnitude foram observadas entre a produtividade de castanha e os caracteres altura de planta (0,70), diâmetro de copa (0,65), número de castanhas (0,79) e peso médio de castanha (0,58).

Palavras-Chave: *Anacardium occidentale* L., melhoramento genético, herdabilidade, seleção.

ABSTRACT

The cultivation of cashew is undergoing a process marked expansion in both cultivation area as mainly in technological level. The cashew breeding program is largely responsible by this culture's expansion. The cashew breeding allowed to obtain plants of small size, with higher productivity, more resistant to major pests and diseases and with higher agroindustrial quality, marked by greater size of nuts and kernels. Due to it is a perennial and predominantly alogamous plant, cashew has great genetic variability that allows greater chance of success by practicing breeding. Estimates of genetic parameters are important because it helps to understand the genetic potential of individuals in evaluation and to know the genetic variability present in the population. The objective of this work was to estimate the genetic parameters and the performance of seven crossings of F1 hybrid populations of cashew (complete brothers) evaluated during two cycles of crops, harvests 2010 and 2011. The experiment was established in March 2007 in the experimental field of Pacajus belonging to Embrapa Agroindústria Tropical, located in the municipality of Pacajus, state of Ceará. Among the evaluated crosses, the CCP 76 x BRS 226 showed the progeny with the lowest performance for plant height (2.30 m), while the progeny of crossing CCP 76 x Embrapa 51 showed higher general average for this character (2.92 m). Regarding nut productivity the cross that stood out was the CCP 76 x Embrapa 51, showing the average productivity of 486.67 kg of nuts per hectare. In the overall evaluation, the hybrids that presented best performed, associating more characters of interest for cashew culture, were originated from crosses between CCP 76 and Embrapa 51, and between BRS 226 x Embrapa 51, regarding plant height, canopy diameter, nut yield and nut weight. The broad-sense heritability (h^2) with highest magnitude were presented by the traits plant height, canopy diameter and total number of nuts per plant (59.85%, 27.80% and 85.44%, respectively). The positive (r_P e r_G) correlations of greater magnitude were observed between nut productivity with the traits plant height (0,70), canopy diameter (0,65), number of nuts (0,79), and average mass of nuts (0,58).

Keywords: *Anacardium occidentale* L., Breeding, Heritability, Selection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Situações hipotéticas de comportamentos de genótipos (A e B) conduzidos em diferentes ambientes (I e II).....	35
Figura 2	Antracnose em progênies de cajueiro-anão-precoce cultivadas no município de Pacajus-CE, em 2011.....	37
Figura 3	Mofo preto em progênies de cajueiro-anão-precoce cultivadas no município de Pacajus-CE, em 2011.....	38
Figura 4	Precipitação pluvial no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical referentes aos meses de janeiro a junho de 2010 e 2011. Fonte: Estação Meteorológica de Itaipava no município de Pacajus-Ceará.....	41
Figura 5	Medidas da altura de progênies de cajueiro-anão-precoce, cultivadas no município de Pacajus-Ceará.....	42
Figura 6	Medidas do diâmetro da copa de progênies de cajueiro-anão-precoce, cultivadas no município de Pacajus-Ceará.....	42
Figura 7	Determinação do peso total da amostra de castanha de progênies de cajueiro-anão-precoce, cultivadas no município de Pacajus-Ceará.....	43
Figura 8	Determinação do número total de castanhas de progênies de cajueiro-anão-precoce, cultivadas no município de Pacajus-Ceará.....	44
Figura 9	Determinação do peso médio de vinte castanhas de progênies de cajueiro-anão-precoce, cultivadas no município de Pacajus-CE.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Principais características dos cajueiros do tipo comum e anão precoce.....	20
Tabela 2 Área colhida e produção total obtida em lavouras permanente de produção de castanha de caju, referente ao triênio 2008, 2009 e 2010.....	23
Tabela 3 Principais municípios produtores de castanha de caju do estado do Ceará.....	23
Tabela 4 Identificação do experimento no campo de avaliação de progênies de cajueiro-anão-precoce conduzido no município de Pacajus-CE, em 2010 e 2011.....	40
Tabela 5 Esquema de análise de variância no delineamento de blocos ao acaso com respectivas esperanças do quadrado médio.....	45
Tabela 6 Esquema da análise de variância conjunta do delineamento de blocos ao acaso com respectivas esperanças do quadrado médio.....	46
Tabela 7 Resumo da análise individual de variância para os caracteres: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC) e antracnose (ANTRAC), referente ao ano de 2010 de plantas de cajueiro. Pacajus-CE.....	50
Tabela 8 Resumo da análise individual de variância para os caracteres: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC), antracnose (ANTRAC) e mofo preto (MP), referente ao ano de 2011 de progênies de cajueiro-anão-precoce. Pacajus-CE.....	51
Tabela 9 Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes a: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC), antracnose (ANTRAC), referente ao ano de 2010 em progênies de cajueiro-anão-precoce. Pacajus-CE.....	52
Tabela 10 Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes a: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC), antracnose (ANT) e mofo preto (MP), referente ao ano de 2011 em progênies de cajueiro-anão-	

precoce. Pacajus-CE.....	52
Tabela 11 Teste comparativo de médias das progênies de cajueiro-anão-precoce avaliadas em 2010 referentes aos caracteres: altura de planta, diâmetro de copa, produtividade, número de castanha, peso médio de castanhas e antracnose. Pacajus-CE.....	53
Tabela 12 Teste comparativo de médias das progênies de cajueiro-anão-precoce avaliadas em 2011 referentes aos caracteres: altura de planta, diâmetro de copa, produtividade, número de castanha, peso médio de castanha, antracnose e mofo preto. Pacajus-CE.....	53
Tabela 13 Resumo da análise conjunta de variância para os caracteres: altura da planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número total de castanhas (NC), peso médio de castanha (PMC) e antracnose em progênies de cajueiro-anão-precoce referentes aos anos de 2010 e 2011 no município de Pacajus-CE.....	54
Tabela 14 Estimativas dos componentes de variância da análise conjunta dos caracteres: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanha (NC) e peso médio de castanha (PMC) de progênies de cajueiro-anão-precoce referentes a dois anos de avaliação, 2010 e 2011, em Pacajus-CE.....	57
Tabela 15 Desempenho médio absoluto da análise conjunta de progênies de cajueiro-anão-precoce em relação aos caracteres altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) e produtividade de castanha (PROD), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC) e antracnose (ANTRAC), cultivadas no Campo Experimental de Pacajus, CE, nas safras de cultivo de 2010 e 2011.....	58
Tabela 16 Coeficientes de correlação fenotípica (rP), genotípica (rG) e ambiental (rE) entre caracteres de interesse agrônômico em progênies de cajueiro-anão-precoce avaliadas em 2010 e 2011 no Município de Pacajus-CE.....	60

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	08
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 A cultura do cajueiro.....	18
2.2 Origem, botânica, clima e solo.....	19
2.2.1 Origem	19
2.2.2 Botânica.....	19
2.2.3 Clima e solo.....	20
2.3 Distribuição geográfica.....	21
2.4 Melhoramento genético do cajueiro.....	24
2.4.1. Métodos de melhoramento.....	25
2.4.1.1 Introdução de plantas.....	25
2.4.1.2. Seleção	26
2.4.1.2.1 Seleção de progênies.....	26
2.4.1.2.2 Seleção recorrente.....	27
2.4.1.2.3 Seleção de clones.....	28
2.5 Parâmetros genéticos.....	28
2.5.1 Heterose	29
2.5.2 Endogamia.....	30
2.5.3 Herdabilidade.....	31
2.5.4 Interação genótipos x ambientes	33
2.6 Doenças.....	35
2.6.1 Antracnose.....	35
2.6.2 Mofo preto.....	36
2.7 Clones comerciais.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Localização.....	39
3.2 Condução e delineamento experimental.....	39
3.3 Caracteres avaliados.....	40
3.4 Análises individuais de variância.....	44
3.5 Análises conjuntas.....	45
3.6 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos.....	46
3.6.1 Estimativas da herdabilidade e coeficientes de variação.....	46
3.6.2 Coeficientes de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais.....	46
3.6.2.1 Estimativas dos coeficientes de correlação.....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Análises individuais de variância.....	49
4.1.1 Parâmetros genéticos das análises individuais.....	50
4.1.2 Desempenho das progênies.....	52
4.2 Análises de variância conjuntas.....	53
4.3 Parâmetros genéticos das análises conjuntas.....	55
4.4 Desempenho médio das progênies	56
4.5 Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais.....	58
5. CONCLUSÕES	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

A cultura do cajueiro vem experimentando acentuado crescimento, tanto em área de cultivo como, principalmente, em nível tecnológico. Ao longo dos anos, vem se tornando cada vez mais importante e ocupando espaço de destaque na fruticultura nacional, haja vista o crescimento das áreas de plantio, incrementadas pelo uso de novas tecnologias desenvolvidas pelas empresas de pesquisa (CARDOSO et al., 2010).

No Brasil, a atividade concentra-se na região Nordeste, tendo como maiores produtores os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, onde juntos respondem por cerca de 95% da produção (PAIVA e BARROS, 2004). Os clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) do tipo anão precoce têm contribuído para o aumento da produtividade, impulsionando a fruticultura do Nordeste. Até a década de 60, a exploração do cajueiro era extremamente extrativista, ocorrendo ao longo dos tabuleiros costeiros nordestinos (Parente et al., 1995). Já nos anos 70, iniciou-se a formação dos primeiros pomares de cajueiro provenientes de plantios por sementes, explicando as baixas produtividades, menores que 250 kg.ha⁻¹, causando certa frustração e desestímulo para os produtores.

A produtividade esperada, por hectare, para o cajueiro-anão precoce em cultivo de sequeiro é de cerca de 1.000 kg de castanha e 10.000 kg de pedúnculo, enquanto que em cultivo irrigado é de 3.800 kg de castanha e 30.000 kg de pedúnculo (OLIVEIRA et al., 2002). Entretanto, o potencial de produção de castanha de novos clones de cajueiro-anão tem alcançado cerca de 1.500 kg, no sexto ano de avaliação de experimento conduzido em cultivo de sequeiro (BARROS et al., 2000). Pretende-se, ao plantar estes novos clones que se mostram promissores, que o cenário do agronegócio do caju possa melhorar consideravelmente.

No entanto, é preciso um constante aprimoramento das técnicas de melhoramento genético, na busca de novos clones, visando maior produtividade, resistência a doenças, tamanho de amêndoas e outras características que atendam aos interesses dos produtores, aprimorando cada vez mais o agronegócio do caju.

O melhoramento genético do cajueiro é muito recente, pouco mais de 50 anos, e tem se voltado basicamente para a característica mais importante que é a produção de castanha, juntamente com tamanho de amêndoa. No entanto, a qualidade do produto é quase sempre tão ou mais importante que a quantidade produzida (BARROS et al., 1999). É nessa linha de pesquisa que têm sido realizadas avaliações em populações de cajueiro, visando a seleção de indivíduos com maior potencial produtivo.

O processo de melhoramento genético do cajueiro envolve a avaliação de todos os indivíduos de uma população, culminando com a seleção dos melhores indivíduos. Por meio da seleção, espera-se aumentar a frequência de alelos favoráveis e, conseqüentemente, melhorar a expressão fenotípica do caráter sob seleção (KRAUSE et al., 2012).

De acordo com Barros et al. (1995), outra forma de melhorar a cultura do cajueiro é a realização do cruzamento entre clones, resultando em progênies segregantes, pelo fato de cada indivíduo envolvido no cruzamento ser, em essência um híbrido. Em decorrência, os indivíduos obtidos formam um conjunto semelhante a uma população F_2 , geração onde a segregação é mais intensa e onde deve ser iniciada a seleção para fixação dos melhores indivíduos.

A heterose ou vigor híbrido explorada na cultura do cajueiro constitui num dos parâmetros genéticos de maior potencial, pois apresenta vantagem adicional de poder ser capitalizada e explorada de imediato, em qualquer etapa do programa de melhoramento, por meio da multiplicação assexuada, após a obtenção do híbrido, segundo Cavalcanti et al. (2003).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar e selecionar progênies de cajueiro-anão-precoce provenientes do cruzamento entre sete clones e estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, para nortear futuras ações e estratégias do programa de melhoramento desta cultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) se destaca como uma das plantas perenes de grande importância econômica e social em países tropicais, gerando divisas e ajudando na fixação do homem no campo. Em razão da sua capacidade de adaptação aos diversos ecossistemas tropicais, e pelo papel sócio-econômico que pode desempenhar nas regiões mais pobres da terra, uma vez que a amêndoa encerrada em seu fruto, a castanha, é uma das mais comercializadas no mercado mundial de nozes comestíveis de acordo com Cavalcanti e Barros (2009).

No Brasil, muito embora, se possa cultivar cajueiro em quase sua total extensão territorial, é na Região Nordeste que se concentra a maior produção do país, respondendo por mais de 95% da produção nacional, sendo os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Bahia os principais produtores (PESSOA et al., 1995; MONTENEGRO et al., 2008).

Até meados da década de 60, a exploração do cajueiro caracterizava-se como extrativista, ao longo dos tabuleiros costeiros nordestinos e sua expansão agrícola, se deu com a implantação de cultivos sistematizados a partir dos anos 70, com apoio e incentivo governamental (PARENTE et al., 1995).

A Embrapa Agroindústria Tropical tem contribuído de forma significativa para o crescimento e expansão da cajucultura nordestina, disponibilizando para os produtores novos clones de cajueiro, com maior potencial de produção, fazendo com que a agroindústria do caju na região, cresça e se fortaleça ao longo dos anos.

Segundo Crisóstomo et al. (1992), na exploração inicial do cajueiro predominou o plantio por semente (propagação sexuada) e, em menor escala, o plantio de mudas enxertadas ou "clones"(propagação assexuada). Este, sem dúvida, é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade dos cajueirais brasileiros, em média menores que 250 kg ha⁻¹, causando impacto negativo no setor de acordo com Cavalcanti et al. (2000).

Acredita-se que essa realidade apresenta expectativas de mudanças, em função da realização do plantio usando mudas enxertadas, associado à utilização de clones obtidos via melhoramento genético, esperando-se ganhos de produtividade acima de 1000 kg.ha⁻¹, dando novas perspectivas para o agronegócio do caju (CAVALCANTI et al., 2000).

2.2 Origem, botânica, clima e solo

2.2.1 Origem

Muito se tem discutido e divergido sobre a origem de diversas plantas no mundo inteiro. No entanto, quando se trata do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), há unanimidade em afirmar que seu centro de origem está na América do Sul mais precisamente na Região Norte do Brasil (BARROS et al., 1995). Este consenso fundamenta-se na diversidade encontrada no país, bem como pelos antigos relatos conhecidos sobre a planta desde a época dos colonizadores.

Sobre a origem do cajueiro, Lima (1988), afirma que praticamente todas as espécies do gênero *Anacardium* são originárias do continente americano e que apenas quatro delas, *A. caracolli*, *A. encardium*, *A. excelsum* e *A. rhinocarphus* não são encontradas no Brasil. Mais recente, Barros (1995) menciona que das 21 espécies descritas pela taxonomia clássica a *A. occidentale* é a única cultivada e a de maior dispersão do gênero, sendo encontrada praticamente em todo mundo tropical.

2.2.2 Botânica

O cajueiro, da espécie denominada *Anacardium occidentale* L., foi descrito pelo botânico sueco Carl Von Linné (1707-1778). Pertence ao gênero *Anacardium*, da família Anacardiaceae. A esta família pertencem também os gêneros *Mangífera*, cujo principal representante é a espécie *Mangífera indica* (manga), e *Spondias*, cujas principais espécies são a *S. purpúrea* L. (ciriguela), *S. mombim* L. (cajá), *S. tuberosa* Arr. Cam (umbú), e *S. cytherea* Sonn. (cajá-manga), bastantes conhecidos na América tropical conforme Lima (1988) e Barros (1995).

O cajueiro é uma planta perene que apresenta dois tipos distintos: o comum e o anão-precoce. O tipo comum é o mais encontrado naturalmente e caracteriza-se pelo porte mais elevado, com altura entre oito a quinze metros e envergadura de copa entre doze e dezesseis metros, podendo ir mais além. Apresenta uma enorme variação em seu formato de copa, indo desde ereta compacta, até a espriada. Sua capacidade produtiva é bastante variada com plantas que produzem menos de um quilo até cerca de 100 quilogramas por safra, apresentado também uma grande variabilidade em cor formato e sabor do pedúnculo (CAVALCANTI e BARROS, 2009).

O tipo anão precoce, também chamado cajueiro de seis meses, caracteriza-se pelo porte baixo, copa homogênea, diâmetro de caule e envergadura de copa inferior ao tipo comum, capacidade produtiva menor, porém com capacidade de produtividade superior ao cajueiro comum por apresentar maior número de plantas por área (CAVALCANTI e BARROS, 2009), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características dos cajueiros dos tipos comum e anão precoce.

Características	Comum	Anão
Porte(m)	Alto (8-15)	Baixo (<5)
Tamanho da copa(m)	>7	5 a 7
Primeira floração	2 a 5 anos	6 a 18 meses
Varição no peso da castanha(g)	3 a 33	3 a 13
Varição no peso do pedúnculo(g)	20 a 500	20 a 160
Produção: castanha/planta/safra (kg)	<1 a >100	Até 43

Fonte: CAVALCANTI e BARROS, 2009.

De acordo com Barros (1988), o cajueiro possui flores masculinas estaminadas e hermafroditas numa mesma panícula, variando em quantidade e proporções até mesmo dentro de panículas de uma mesma planta. Segundo este mesmo autor, o fruto (castanha) é um aquênio em forma de rim (reniforme), que se prende à panícula por um pedúnculo hipertrofiado (pseudofruto) que é confundido, pela maioria da população, com o fruto verdadeiro. A castanha é constituída pelo epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa, que é recoberta por uma película; o mesocarpo constitui-se de uma camada de células esponjosas onde se localiza o LCC (líquido da castanha do caju).

Em relação ao pedúnculo, pedicelo ou pseudofruto, ou caju propriamente dito, trata-se de uma baga carnosa de vários formatos e cores, que variam do vermelho intenso passando pelo alaranjado até o amarelo, e que, em sua grande maioria, apresenta excelente sabor, sendo fonte de alimento para as populações das regiões produtoras, além de uma rica fonte de vitamina C (LIMA, 1988). Neste sentido, o pedúnculo apresenta elevada importância alimentar, pois 100 ml de suco de caju contém, aproximadamente, de 156 a 387 mg de vitamina C, 14,70 mg de cálcio, 32,55 mg de fósforo e 0,575 mg de ferro (OLIVEIRA, 2008).

2.2.3 Clima e solo

A cultura do cajueiro vem sendo explorada em diferentes regiões do mundo, caracterizadas pelos tipos climáticos segundo a classificação de Köpen, Af, Aw, BSh e BWh.

Todos os tipos de clima A encontram-se no Brasil, de onde o cajueiro é nativo. Af caracteriza-se por um clima tropical úmido, Aw por clima tropical com chuvas de verão, BSh caracterizado por um clima semi-árido quente e BWh, por clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude. (FROTA e PARENTE, 1995).

O regime pluvial ideal para a cultura do cajueiro visando o bom desenvolvimento da planta e a boa frutificação é aquele, entre 800 mm e 1500 mm, distribuídos entre cinco e sete meses, e que coincida com o período de floração e frutificação. No entanto, existe uma amplitude pluviométrica de 500 mm a 4.000 mm em diversos países do mundo inteiro onde se cultiva o cajueiro. Observa-se que, quando o cajueiro é cultivado em ambientes distintos da condição considerada ideal, existe a redução na produção e na qualidade do produto, por conta de diversos fatores (FROTA e PARENTE, 1995).

A temperatura média de 27°C é a ideal para seu desenvolvimento e frutificação. Porém o cajueiro pode suportar temperaturas acima de 38°C e mostra-se sensível a temperaturas abaixo de 16°C principalmente as plantas jovens. Isto explica o motivo de ter o cajueiro a sua origem tropical e produzir tão bem nas zonas costeiras tropicais onde existem pequenas amplitudes térmicas, segundo Frota e Parente (1995).

No que diz respeito ao solo, a cultura do cajueiro pode ser explorada em diferentes tipos. Entretanto, os solos mais apropriados devem apresentar as seguintes características: profundos, bem drenados, relevo plano a suavemente ondulado. Solos rasos, compactos e com excesso de água devem ser evitados, pois promovem o menor crescimento das raízes (FROTA e PARENTE, 1995).

2.3 Distribuição geográfica

O cajueiro dissemina-se pelo mundo, principalmente entre as latitudes 30° N e 31° S, sendo explorado comercialmente nos continentes Asiático, Africano e Sul Americano (LIMA, 1988). Na Ásia, os países Vietnã, Índia, Indonésia e Filipinas se destacam na produção de castanha de caju. Na África, vem se destacando países como Nigéria, Moçambique, Tanzânia, Costa do Marfim e Guiné Bissau. Na América, tem-se o Brasil como o maior produtor e um dos maiores do mundo. O cajueiro nestes países em desenvolvimento tem um papel fundamental na contribuição econômica e social, gerando divisas e fixando o homem no campo. A produção mundial de castanha no ano de 2010 foi de 3,7 milhões toneladas, e os principais produtores foram: Vietnã (1.190.600 t), Índia (665.000 t), Nigéria

(660.000 t), Brasil (239.720 t) e Indonésia (142.536 t), e a área colhida foi de 4.097.637 ha (FAOSTAT, 2010).

No Brasil, pode-se encontrar o cajueiro em todas as suas regiões, no entanto, é na Região Nordeste que a planta melhor se adapta e onde existe a maior concentração e produção da mesma. Os estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte se destacam na produção e respondem juntos por mais de 95% da produção nacional, segundo Paiva e Barros (2004).

No estado do Ceará, a média de produtividade de castanha no Brasil é de 347 kg.ha⁻¹ (FIEC, 2011). Enquanto isso, na Índia a média estimada é de 691 kg ha⁻¹, no Vietnã é de 1978 kg ha⁻¹ e na Nigéria é de 2.706 kg ha⁻¹. Transpondo a realidade produtiva destes países para a situação brasileira, onde se observa cerca de 300.000 hectares cultivados com cajueiro ao ano, ter-se-ia uma produção de aproximadamente 800.000 toneladas de castanha ao ano (FIEC, 2011).

De acordo com dados da FIEC (2011), o estado do Ceará possui cerca de 57.000 produtores de castanha de caju, estando o cultivo concentrado em 42 municípios. Segundo esta mesma fonte, no ano agrícola de 2009, no estado do Ceará foi constatada a produção de 135.000 toneladas de castanha, já em 2010 observou-se uma forte redução, caindo a produção para 50.000 toneladas de castanha, em virtude de fatores climáticos.

As exportações cearenses de castanha de caju em 2009 e 2010 somaram US\$ 187,02 milhões e US\$ 182,01 milhões respectivamente (FIEC, 2011). As exportações de ACC (amêndoa de castanha de caju) e de LCC totalizaram em 2010 US\$ 191,07 milhões, colocando o segmento em 2º lugar nas exportações cearenses atrás apenas do setor de calçados que engloba produtos como couro, plásticos e borracha e no mesmo período, rendeu ao Estado US\$ 403,46 milhões (FIEC, 2012).

Dados publicados pelo IBGE (2012) mostram a área plantada e a produção dos últimos três anos da cultura do cajueiro no Brasil, região Nordeste, nos principais Estados produtores, conforme (Tabela 2).

Tabela 2. Área colhida e produção obtidas em lavouras permanentes de produção de castanha de caju, referente ao triênio 2008, 2009 e 2010.

	Área colhida (ha)			Produção (t)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Brasil	747.434	758.085	758.988	243.253	220.505	104.342
Nordeste	742.222	754.168	754.881	240.124	217.567	101.478
Ceará	386.757	396.538	401.347	121.045	104.421	39.596
Piauí	179.395	170.545	171.420	56.233	42.963	14.591
R.G. Norte	116.685	126.585	121.281	42.593	48.918	26.601
Bahia	24.026	25.460	25.848	4.327	5.279	5.440
Maranhão	19.101	18.616	19.557	6.534	6.473	6.871
Pernambuco	6.897	7.260	6.687	5.633	5.827	5.564

Fonte: IBGE (2012).

Além dos estados da região Nordeste, Pará e Tocantins na região Norte e Mato Grosso na região Centro-Oeste também cultivam o cajueiro.

Em quase todos os municípios do estado do Ceará se produz caju, no entanto, existem alguns que se destacam na produção, os quais são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Principais municípios produtores de castanha de caju do estado do Ceará.

Município	Área colhida (ha)			Produção obtida (ha)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Beberibe	33.300	33.700	34.200	7.316	5.028	4.548
Bela Cruz	26.104	26.134	26.603	8.675	7.077	1.695
Cascavel	22.700	22.700	23.200	5.794	3.672	2.792
Icapuí	16.732	15.732	13.832	3.778	2.896	631
Aracati	16.640	16.640	17.507	3.553	2.836	2.251
Itapipoca	15.492	15.517	15.785	5.365	4.613	1.255
Chorozinho	15.300	15.350	15.350	5.655	5.089	1.570
Ocara	14.980	17.189	17.189	5.763	6.602	2.082
Acaraú	12.455	12.530	12.768	4.067	3.301	852
Itarema	12.070	12.090	12.400	4.120	2.750	919
Barreira	10.660	11.027	11.027	4.196	3.480	1.010
Cruz	10.540	10.560	10.880	3.502	2.832	820
Pacajus	10.224	10.224	10.275	4.784	2.224	1.140
Morrinhos	10.140	10.140	10.145	2.927	2.758	636
Palhano	9.670	9.790	10.570	2.907	2.005	1.460

Fonte: IBGE (2012).

2.4 Melhoramento genético do cajueiro

O melhoramento do cajueiro teve início no Brasil por volta de 1965 no Campo Experimental de Pacajus com o cajueiro-anão-precoce, e constou de uma seleção fenotípica individual, onde avaliou-se dados de produção. Esta metodologia simples permitiu o lançamento comercial de dois clones, em 1983, o CCP 06 e o CCP 76. Quatro anos mais tarde, permitiu o lançamento de mais dois, o CCP 09 e o CCP 1001 (BARROS e CRISÓSTOMO, 1995).

A domesticação do cajueiro e o melhoramento genético desta cultura no Brasil podem ser caracterizados por cinco fases distintas: A primeira fase remonta à época da descoberta, por volta do século XVII quando os nativos utilizavam plantas com pedúnculos adequados a sua alimentação, na forma *in natura* e na elaboração das bebidas (BARROS et al., 2002).

A segunda fase é marcada pela extração do LCC e pela transformação do pedúnculo em vários produtos; nas décadas de 40 e 50, em um sistema mais organizado. Este período também é marcado pelas primeiras introduções de plantas no Campo Experimental de Pacajus-CE, oriundas de populações naturais da região litorânea do Nordeste (BARROS et al., 2002).

A terceira fase do melhoramento do cajueiro compreende as décadas de 60 e 70 e caracteriza-se pelos plantios comerciais de cajueiro comum, efetuados por sementes, contando com incentivos governamentais. Nesta época, teve início a identificação e o controle da produção das plantas, onde, selecionavam-se as melhores e mais produtivas e, em seguida, faziam-se novos plantios (BARROS et al., 2002).

A quarta fase compreende a avaliação de clones dos tipos comum e anão precoce culminando com a recomendação dos clones, CCP 06, CCP 76, CCP 09 e CCP 1001. Em consequência da adoção desses clones, a produtividade de castanha saltou de pouco mais de 300 kg ha⁻¹ para cerca de 1200 kg ha⁻¹. A partir desse período, a pesquisa priorizou a seleção de plantas do tipo anão precoce, muito embora fosse constatada a estreita base genética, situação indesejável, principalmente pelos riscos de vulnerabilidade genética (BARROS et al., 2002).

A quinta fase priorizou as pesquisas com enfoque na fruticultura irrigada, e no aproveitamento do pedúnculo para o consumo *in natura*. A seleção foi orientada para plantas de porte baixo, para facilitar a colheita; pedúnculo com coloração, sabor, textura, adequados

às preferências do consumidor, maior período de conservação, consistência e teor de tanino (BARROS et al., 2002).

Atualmente, o programa de melhoramento visa, principalmente obter genótipos com atributos de alta produtividade, maior peso e melhor qualidade da amêndoa e resistência considerável a fatores bióticos e abióticos, considerando os diversos ecossistemas (CAVALCANTI e BARROS, 2009).

2.4.1 Métodos de melhoramento

Devido à baixa produtividade do cajueiro comum (menos de 220 kg.ha⁻¹), o melhoramento genético teve como objetivo básico a seleção de plantas, baseada na produção, para atender as necessidades dos produtores de castanha. Com isso, o melhoramento foi direcionado para a escolha de plantas mais produtivas (acima de 1000 kg. ha⁻¹ de castanha), aliada a outras características como porte da planta, resistência a doenças, tamanho, peso e qualidade da amêndoa e qualidade do pedúnculo (BARROS e CRISÓSTOMO, 1995). Neste sentido, os procedimentos mais adotados no melhoramento genético do cajueiro foram a introdução de plantas, a seleção de clonal e a hibridação.

A condução de um programa de melhoramento e escolha do método está diretamente relacionada com a biologia reprodutiva da espécie, saber se a planta é originada através de cruzamento ou de autofecundação. Como o cajueiro é predominantemente de fecundação cruzada, o método utilizado deve ser pertinente a este grupo de plantas (BARROS et al., 2002).

Em face às pesquisas direcionadas para o cajueiro, principalmente o anão precoce, alguns métodos foram adotados com o interesse de ampliar à estreita base genética existente nos poucos clones disponíveis, proporcionando uma maior variabilidade e assim, atender satisfatoriamente os cajucultores e conseqüentemente a agroindústria do caju. Dentre eles:

2.4.1.1 Introdução de plantas

A introdução de plantas é o mais antigo método para a obtenção de novas fontes de variação, por meio dele é possível originar novas variedades através da seleção. No entanto, este método se restringe mais a manutenção de germoplasma funcionando como fonte de novos alelos necessários ao melhoramento genético vegetal (BARROS et al., 2002).

O melhoramento do cajueiro anão precoce teve início, propriamente dito, com a introdução de algumas plantas oriundas do município de Maranguape. Plantas estas que se destacavam principalmente pela precocidade e porte reduzido dando início uma longa caminhada resultante do lançamento de alguns clones de cajueiro anão precoce.

Outro ponto importante na introdução de plantas é que se pode recorrer ao Banco de germoplasma e buscar plantas que possuam características desejáveis como resistência a doenças, qualidade de pedúnculo, dentre outras características importantes.

2.4.1.2 Seleção

A seleção assume grande importância no progresso genético, pois, objetiva acumular alelos favoráveis à característica de interesse em determinada população e é um processo vinculado a uma constante e permanente renovação (REIS et al., 2004).

De acordo com Ramalho (1990), a seleção pode ser definida como a eliminação de determinados genótipos da população, proporcionando alterações nas frequências alélicas e genotípicas. A seleção pode ser natural ou artificial. A seleção natural é definida como um sucesso reprodutivo diferencial em que o número de indivíduos em qualquer população tende a aumentar geometricamente, quando as condições ambientais permitem a sobrevivência de toda a progênie. Esta seleção ocorre porque existe variação entre os indivíduos em cada população, gerada pelos processos que criam e ampliam a variabilidade. A seleção artificial, realizada pelo homem, tem como objetivo principal o melhoramento genético das populações, seu efeito depende, principalmente, do tipo de interação alélica e do coeficiente de seleção. Este tipo de seleção visa manter aqueles genótipos cujas características agrônômicas sejam desejáveis ao homem.

Segundo Martins et al. (2006), a seleção artificial é uma ferramenta de considerável importância, pois a obtenção de fenótipos superiores passa pela seleção e recombinação de famílias e indivíduos nos trabalhos de melhoramento, sendo que esta pode ser mais eficiente quando realizada considerando várias características simultaneamente, pois, permite combinar múltiplas informações contidas em unidades experimentais.

2.4.1.2.1 Seleção de progênies

Aplicada a plantas perenes ou semiperenes, consiste em submeter as progênies a ensaios de avaliação, a partir do qual identificam-se os genótipos superiores. Os clones

correspondentes são recombinados, dando origem a uma nova população. Nessa população deve ser considerada a participação de pólenes não-selecionados (CRUZ, 2012).

Conforme Farias Neto (2005), progênies são entidades genéticas, por meio das quais é possível estimar a variabilidade da população, bem como explicar a natureza da variação fenotípica. Para tanto, os caracteres úteis ao melhoramento são avaliados nas progênies, as quais são testadas sob delineamentos experimentais. Estimativas dos componentes da variação genética auxiliam na escolha da população base e do método de seleção, permitindo inclusive avaliações da viabilidade para definir a continuação de um programa de melhoramento em andamento.

2.4.1.2.2 Seleção recorrente

A seleção recorrente é considerada uma importante estratégia para recomendação de variedades melhoradas. O emprego da seleção recorrente visa a obtenção de variedade melhorada, com os consequentes aumentos das frequências de alelos favoráveis, sobretudo para o caráter de maior interesse agrônômico que é o aumento da produção segundo Rangel et al. (2011).

De acordo com Heinz et al. (2012), a seleção recorrente tem por finalidade aumentar a frequência dos alelos favoráveis nas populações e o seu desempenho médio na expressão do caráter, mantendo a variabilidade necessária durante os ciclos de seleção subsequentes.

Segundo Silva et al. (2012), o método da seleção recorrente, busca-se a melhor performance das populações de forma contínua e progressiva através do aumento das frequências dos alelos favoráveis dos caracteres sob seleção, mantendo a variabilidade genética em níveis adequados para possibilitar ganhos genéticos nos ciclos subsequentes.

Atualmente no cajueiro, a seleção recorrente é o processo mais empregado, e apresenta-se como a mais promissora para o melhoramento dessa espécie, sobre tudo pela exploração da heterose, por meio de cruzamentos entre os tipos anão e comum, utilizando-se genótipos com os melhores desempenhos médios e as mais altas capacidades específicas de combinação, apresentando como importante vantagem a possível clonagem de indivíduos logo na primeira geração de seleção (CAVALCANTI e BARROS, 2009).

Silva et al. (2012), avaliando populações de maracujazeiro amarelo, verificou condição essencial para a obtenção de progênies superiores via seleção, confirmado pela elevada variabilidade genética presente nas progênies de irmãos-completos, inferindo sobre a

perspectiva de sucesso devido aos ganhos de seleção para os sucessivos ciclos de seleção recorrente.

2.4.1.2.3 Seleção de clones

A seleção de clones de é uma etapa do melhoramento das plantas de propagação vegetativa utilizada tanto após a introdução de germoplasma como na hibridação. O sucesso desta metodologia depende da presença de indivíduos superiores para a formação dos clones que entrarão no processo de competição de clones. Assim o êxito do processo de seleção de clones depende da variabilidade genética existente na população-base (BARROS et al., 2002).

De acordo com Barros et al. (2002), a eficiência da hibridação artificial entre plantas de cajueiro anão precoce e entre estas com o cajueiro comum, realizadas na Estação Experimental de Pacajus-CE, foi de 16,55% de frutificação, com variação de 8,9 a 28,9%.

A intensidade de seleção deve ser menor no início do programa quando se busca melhorar caracteres quantitativos, com exceção para os caracteres de alta herdabilidade (h^2). O ideal é que a seleção seja realizada com o cultivo em ambientes homogêneos, ou em situações onde o número de indivíduos seja suficiente para reduzir o efeito da variância ambiental, o que pode ser conseguido quando a seleção é conduzida com base em dados obtidos a partir do cultivo em vários locais e em diferentes anos (CRISÓSTOMO et al., 2002).

Uma das grandes vantagens da seleção clonal é que em qualquer etapa do melhoramento genético do cajueiro, pode-se realizar a multiplicação assexuada dos melhores indivíduos, possibilitando ganhos mais rápidos de seleção de acordo com Cavalcanti e Barros (2009).

Paiva et al (2007) avaliando clones de cajueiro do tipo comum, verificaram que existe potencial para seleção desses clones obtendo produtividade acima de $1500\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, peso de castanha superior a 12g e amêndoas com peso superior a 2,5g em regime de sequeiro.

2.5 Parâmetros genéticos

As estimativas de parâmetros genéticos permitem conhecer a estrutura genética da população, a inferência da variabilidade genética presente na população e proporcionam subsídios para prever os ganhos genéticos e o possível sucesso no programa de melhoramento. Essas estimativas também são importantes na redefinição dos métodos de

melhoramento a serem utilizados, na identificação da natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e na definição de diferentes estratégias de melhoramento para obtenção de ganhos genéticos com a manutenção da base genética adequada na população (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

2.5.1 Heterose

Cavalcanti et al. (2003) citam que o termo heterose foi proposto por Shull (1908) e reafirmado por Brewbaker (1969), para descrever o vigor de híbrido manifestado em organismos heterozigótico, derivados de cruzamentos entre indivíduos geneticamente divergentes e que seu efeito principal está relacionado a um aumento expressivo de produtividade.

A heterose é o incremento de vigor de uma planta oriunda de um cruzamento, essa diferença pode ser observada em diversos caracteres, como a altura da planta, produtividade, tamanho de células, vigor, competitividade, etc. A heterose ou vigor de híbrido pode também ser definida como a expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação e quantificada através da medida da superioridade do F_1 em relação à média de seus pais (CRUZ, 2012).

Araújo et al. (2009), avaliando índice de velocidade de emergência – IVE em sementes de dois clones de cajueiro anão precoce, verificou altos índices para o clone CCP 76, atribuindo ao mesmo um maior vigor das sementes que pode ser explicado pela hipótese da dominância, onde ocorre a ação e interação de genes dominantes favoráveis.

Barros et al. (2000), avaliando o comportamento de alguns clones de cajueiro anão precoce verificou comportamento diferencial dos mesmos em relação à produção de castanhas e ao vigor das plantas. Associando em relação aos demais alta produtividade de castanha, porte baixo da planta e caracteres tecnológicos da amêndoa desejáveis para a cultura.

Na avaliação da heterose em plantas de cajueiro oriundas do cruzamento entre os tipos comum e anão, Cavalcanti et al. (2007), constataram efeitos significativos de 20% para altura da planta, 32% para diâmetro de copa, 121% para número de castanha por planta, 192% para produtividade, 15% para peso de castanha e 19% para peso de amêndoa, evidenciando a ocorrência de vigor híbrido no cajueiro.

2.5.2 Endogamia

Define-se endogamia como o cruzamento entre indivíduos estreitamente relacionados. A hipótese mais aceita para explicar a depressão causada pela endogamia teve seu começo no primeiro decênio após o redescobrimiento dos trabalhos de Mendel e começa com a suposição de que as espécies alógamas são compostas de um grande número de indivíduos geneticamente diferentes, muitos dos quais são portadores de genes deletérios recessivos ocultos em heterozigotos (ALLARD, 1960).

Quando estes indivíduos são endocruzados, há um aumento na homozigose, aparecendo vários tipos de homozigotos recessivos degenerados. Sendo assim, os efeitos prejudiciais da endogamia podem ser parcialmente explicados pelo aumento da frequência desses caracteres, durante processo de cruzamento (ALLARD, 1960).

Ainda de acordo com Allard (1960), a endogamia causa alguns efeitos importantes como: aparecimento de genes detrimenais e letais em condição homozigota nas descendências, separação de linhagens bem definidas as quais se tornam cada vez mais uniformes para várias características, como por exemplo, altura de planta, maturação; redução no vigor e na fecundidade das plantas que muitas vezes torna-se impossível mantê-las em condições ótimas de cultivo.

Existem vários tipos de endogamia: a natural facilmente observada nas plantas autógamias. Artificial não intencional, quando populações alógamas são reproduzidas com pouco número de indivíduos, ou seja, populações pequenas, obrigando o acasalamento entre parentes e a artificial intencional quando se deseja forçar o aumento de homozigose nas descendências, por exemplo, na formação de linhagens endogâmicas em plantas.

De acordo com Borém (2001), algumas das consequências da endogamia são: o aparecimento de características indesejáveis ou anormalidades nas espécies alógamas, perda de vigor generalizada, incluindo redução de produtividade e a frequência genotípica alterada.

Segundo (CRUZ, 2012), a endogamia pode ter também consequências sobre a média de uma população e afetar a similaridade das linhas derivadas. O coeficiente de endogamia refere-se à probabilidade de que os alelos de um loco de um indivíduo sejam idênticos quando derivam ou são cópias de um alelo comum, encontrado nos ancestrais daquele indivíduo.

Em se tratando da cultura do cajueiro, Barros et al. (1998), afirmam que a endogamia ainda é bastante presente na formação de novos plantios da cultura na região nordeste do Brasil em função dos plantios realizados por sementes o que tem acarretado

desuniformidades: no porte das plantas, produção, peso das castanhas, qualidade, cor e peso de pedúnculo.

Araújo et al. (1993) comparando progênies autofecundadas e de polinização livre de clones de cajueiro anão precoce, CCP 76 e CCP 1001, apresentaram os seguintes resultados: redução de 38% da produção nas progênies autofecundadas do CCP 76 e 48% nas do clone CCP 1001; redução de 13% e 16% nas envergaduras Norte-Sul das progênies do CCP 76 e CCP 1001, respectivamente; e redução de 10% e 12% no peso das amêndoas das progênies autofecundadas dos clones CCP 76 e CCP 1001, respectivamente.

Paiva et al. (1998) avaliando o efeito deletério da endogamia em progênies de cajueiro anão precoce provenientes dos clones CCP 76 e CCP 1001 verificaram uma redução na produção para as duas progênies em torno de 37,6% e 48% respectivamente. Para o número de castanha em torno de 25,3% e 43,3% nas progênies oriundas do CCP 76 e CCP 1001 respectivamente. Segundo os autores os efeitos endogâmicos no cajueiro se expressa reduzindo o percentual de germinação de sementes e reduzindo principalmente a produção média de castanhas resultantes de autofecundação.

2.5.3 Herdabilidade

Um dos parâmetros genéticos de maior utilidade para os melhoristas é a estimativa da herdabilidade (h^2), isto porque ela permite antever a possibilidade de sucesso com a seleção, uma vez que reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada. Em outras palavras, ela mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo (RAMALHO et al., 1990).

Uma observação importante feita por Ramalho et al. (1990) é que a herdabilidade não é apenas uma propriedade do caráter mas também da população e das condições ambientais a que foram submetidos os indivíduos e que uma das principais utilidades da herdabilidade (h^2) é permitir que se estime o ganho genético com a seleção antes mesmo que ela seja realizada.

Segundo Falconer (1987), a mais importante função da herdabilidade no estudo genético do caráter métrico é o seu papel preditivo expressando a confiança do valor fenotípico como um guia para o valor genético, ou o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético.

A herdabilidade pode ser estimada no sentido amplo, quando da razão da variância genotípica pela fenotípica, ou no sentido restrito, quando da variância aditiva pela

variância fenotípica. Sendo esta a mais importante para os melhoristas, pois ela quantifica a importância relativa da proporção da variância genética que pode ser transmitida para a próxima geração (BORÉM, 2001). Em se tratando da cultura do cajueiro, a herdabilidade no sentido restrito, também é a mais importante no processo de melhoramento da espécie devido as razões já citadas.

Em se tratando de herdabilidade, Silva et al. (2012), não se pode concluir que os ganhos genéticos com a seleção serão menores, pois estimativas de valores de alta magnitude de herdabilidade podem ocorrer para características de ínfimos valores de variância genética, desde que a interferência ambiental na característica seja também de reduzida magnitude.

De acordo com Borém (2001), alguns melhoristas afirmam que avaliações conduzidas em ambientes com o mínimo de estresse permitem a máxima expressão da variabilidade genética e, conseqüentemente, a obtenção de maiores estimativas de herdabilidade. Outros grupos acreditam que os melhores genótipos para um ambiente de estresse não são os mesmos para um ambiente de condições ideais.

Estimando a herdabilidade em plantas de trigo para algumas características dentre elas produção de grãos (0,421-0,550g) e altura de planta (0,608-0,861cm), Camargo et al. (2000) verificaram que grande parte da variabilidade nas populações híbridas quanto a essas características foram causada por genes com ação aditiva.

Bertine et al. (2001), trabalhando com duas linhagens de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), verificaram variação para a herdabilidade no sentido restrito de 2,27 % para peso médio de capulhos a 67,57 % em porcentagem de fibras. Com estes resultados é possível obter sucesso em futuros programas de melhoramento da cultura.

Cavalcanti et al. (2007) avaliando o vigor em plantas de cajueiro para os caracteres: produção de castanhas e qualidade de amêndoas, observaram as estimativas das herdabilidades no sentido amplo (h^2a) e no sentido restrito (h^2r). Os valores de h^2r para o caráter altura de planta para os dois primeiros anos de avaliação foram 89,1% e 86,5%, respectivamente. No diâmetro de copa obtiveram-se valores de 65,9% e 51,2%. Peso de castanha encontrou valores de 76,9% e 63,2%. Peso de amêndoa valores de 74,3% e 58,8%, confirmando que estes caracteres estão fortemente sob controle genético aditivo e, assim, simples métodos de seleção podem ser usados para obtenção de ganhos significativos.

Quanto ao número de castanhas por planta e produtividade, foi observado o predomínio dos efeitos de dominância nos valores para herdabilidades no sentido amplo Cavalcanti et al. (2007). Portanto, a utilização dos métodos de seleção mais complexos é

necessária, confirmando a estratégia de seleção recorrente que se apresenta como a mais promissora para o melhoramento do cajueiro.

2.5.4 Interação genótipos x ambientes

As mudanças nas condições edafoclimáticas associadas às práticas culturais, o ataque de patógenos e outras variáveis podem afetar o desenvolvimento das plantas. Mudanças no desempenho relativo de genótipos em função de diferenças de ambientes chama-se interação genótipo x ambiente (G x A) (EBERHART e RUSSEL, 1966). Essa interação é de grande importância para a evolução das espécies, pois seus efeitos favorecem a manifestação dos caracteres fenotípicos e o aparecimento de genótipos estáveis e adaptados a ambientes específicos (MAIA, 2009). A interação G X A constitui-se um dos grandes problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção ou na de recomendação de cultivares (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Dessa forma, o comportamento dos genótipos em relação ao ambiente, tem merecido especial atenção por parte dos melhoristas, pois interfere nos processos de seleção. Por essa razão, torna-se importante o conhecimento preciso dessas estimativas, bem como sua utilização na determinação da estabilidade fenotípica das diferentes variedades (ARANTES, 2010).

De acordo com Almeida et al. (2002), os fatores ambientais tem grande importância sobre aspectos fisiológicos e do desenvolvimento de plantas não só para o cajueiro, mas para todas as culturas. Como exemplo, podemos citar os trabalhos de Parente (1981), que observou que na cajucultura a disponibilidade de fatores ambientais como a água e a radiação foram os fatores que mais influenciaram no crescimento e no desenvolvimento das plantas.

Almeida et al. (2002), observaram a partir dos coeficientes de correlação a tendência de influencia positiva da temperatura e negativa para umidade relativa do ar, insolação e radiação solar, entre os elementos meteorológicos e o crescimento em altura e em envergadura do cajueiro anão cultivado no estado do Ceará.

As condições edafoclimáticas associadas às práticas culturais, à ocorrência de patógenos e outras variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas, são coletivamente denominadas ambientes. Em outras palavras, o ambiente é constituído de todos os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas que não são de origem genética (BORÉM, 2001).

Segundo Borém (2001), existem três situações hipotéticas que expressam bem o comportamento dos genótipos face aos diferentes ambientes observadas na Figura 1. E como pode ocorrer tal interação.

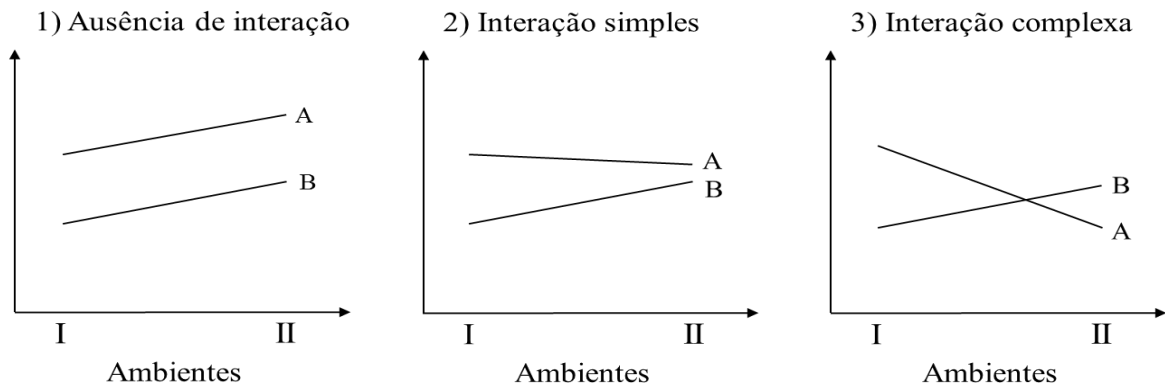


Figura 1. Situações hipotéticas de comportamento de genótipos (A e B) conduzidos em diferentes ambientes (I e II). (BORÉM, 2003).

Na situação 1, não ocorre interação $G \times A$ uma vez que o ambiente promove a mesma alteração em A e B. Na situação 2, a interação embora exista, tem menor expressão no genótipo A e é denominada de interação simples. Na situação 3, a interação foi mais expressiva que as outras duas entre os genótipos A e B, indicando que houve uma inversão na classificação, principalmente no genótipo A, de acordo com o local. Essa é uma interação complexa e tem seus efeitos expressivos no trabalho dos melhoristas (RAMALHO et al., 2000). Segundo Ramalho et al. (2000), tanto o genótipo quanto o ambiente tem um papel decisivo na manifestação fenotípica e que a complementação desses dois fatores (genótipo superior e ambiente favorável), culmina com maiores resultados.

Cavalcanti et al. (2000), avaliando híbridos interpopulacionais de cajueiro encontraram resultados significativos para interação tratamento \times idades dos híbridos em todos os caracteres com exceção de peso de castanha e peso de amêndoa. Os resultados indicaram que as interações foram do tipo simples não havendo diferenças de classificação das populações nas diferentes idades o que facilita o processo seletivo e possibilita praticar seleção.

A interação $G \times A$ é um importante e desafiante fenômeno pra melhoristas e agrônomos que trabalham nos testes comparativos e na recomendação de variedades. Quanto maior a diversidade genética entre os genótipos e entre os ambientes, maior será a importância de interação $G \times A$ (BORÉM, 2001).

Barros et al.(2000), selecionando clones de cajueiro anão precoce para o estado do Ceará, encontraram diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F na interação clone x ano referentes aos caracteres altura de planta, diâmetro de copa e produção de castanha, indicando comportamento diferencial ao longo dos anos de avaliação entre os clones estudados.

2.6 Doenças

O cajueiro tem sido referido como hospedeiro de vários organismos patogênicos, no entanto, de acordo com Freire e Cardoso (1995) alguns destes fitopatógenos devem ser considerados como nociva a cultura, sobretudo no nordeste brasileiro onde a formação de extensos plantios, sem nenhum cuidado com a manutenção do equilíbrio ambiental, tem propiciado o aparecimento de epidemias.

As principais doenças do cajueiro atualmente são antracnose (*Colletotrichum gloesporioides* (Penz) Penz. & Sacc.), mofo preto (*Pilgeriella anacardii* Von Arx & Miller) e oídio (*Oidium anacardium* Noack), sendo sua severidade bastante influenciada pelas condições ambientais e pela susceptibilidade dos genótipos, podendo acarretar perdas significativas de ordem bastante expressiva do ponto de vista econômico.

2.6.1 Antracnose

Segundo Freire e Cardoso (1995), a antracnose é a enfermidade mais difundida e a mais conhecida em todas as regiões onde se cultiva o cajueiro atingindo até mesmo os plantios naturais. O fungo é responsável pela drástica redução de produtividade, principalmente se a incidência da doença for intensa. Causada pelo fungo *Glomerella cingulata*, que corresponde a *Colletotrichum gloesporioides* na sua fase imperfeita, e é nessa fase que causa prejuízos à cultura. Os sintomas típicos são lesões necróticas, irregulares, inicialmente de coloração parda em folhas jovens, tornando avermelhadas em folhas mais velhas. O fungo pode afetar também de modo eficiente as inflorescências causando lesões escuras, necrosando os tecidos levando sua morte (Figura 2). O fungo também ataca os frutos jovens (maturis) causando queda dos mesmos quando atingidos nos estádios iniciais e nos estádios mais adiantados dos frutos causa lesões irremediáveis reduzindo o tamanho e a produção drasticamente (FREIRE E CARDOSO, 1995).

Avaliando resistência à antracnose em clones de cajueiro anão precoce na estação Experimental de Pacajus, Cardoso et al. (1999) perceberam que alguns clones se mostraram resistentes ao fungo, indicando um potencial para seleção de indivíduos promissores para essa característica.



Figura 2. Antracnose em progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce cultivadas no município de Pacajus-CE, no ano de 2011. Fonte: Egnésio H. Vale, 2011.

2.6.2 Mofo preto

O mofo preto é uma doença causada pelo fungo *Pilgeriella anacardii* von Arnx, e é encontrado mais comumente no cajueiro anão precoce do que no tipo comum, sendo identificado pelo bolor negro de aspecto similar ao feltro que forma-se na parte inferior das folhas, daí a denominação de mofo preto (BARROS et al., 1993).

Conforme Freire e Cardoso (1995), a doença alcança ampla dispersão geográfica no nordeste brasileiro, mostrando-se extremamente severa à cultura. É Caracterizada como a segunda mais importante doença foliar do cajueiro depois da antracnose. Logo após atacar as folhas velhas, formando aglomerados escuros com aspecto de feltro, coalescem formando grandes manchas, recobrimdo toda a face inferior das folhas obstruindo os estômatos pelas suas estruturas afetando as trocas gasosas e capacidade de fotossíntese (Figura 3).



Figura 3. Mofo preto em progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precocoe cultivadas no município de Pacajus-CE, no ano de 2011. Fonte: Egnésio H. Vale, 2011.

2.7 Clones comerciais

Os principais clones cultivados teve início logo após a introdução de plantas no Campo Experimental de Pacajus, em 1956, seguido de seleção fenotípica individual com controle anual da produção, clonagem e avaliação clonal. Esse método, simples e de ganhos genéticos esperados reduzidos, permitiu o lançamento comercial dos clones CCP 06 e CCP 76, em 1983, e CCP 09 e CCP 1001, em 1987, sendo até os dias de hoje, os mais disponíveis comercialmente (BARROS et al., 1984; BARROS et al., 1988; BARROS e CRISÓSTOMO, 1995; ALMEIDA et al., 1993). Posteriormente, adotando novos procedimentos metodológicos, tais como: o método do policruzamento, seleção entre e dentro de progênies e hibridação inter e intraespecífica, resultaram no lançamento de novos clones comerciais: EMBRAPA 50, EMBRAPA 51, BRS 189 e BRS 226, BRS 253, BRS 265 todos anão precocoe e BRS 274 primeiro clone de cajueiro comum (BARROS et al., 2000b; BARROS et al., 2002; PAIVA et al., 2002; CAVALCANTI e BARROS, 2009). Atualmente o método mais empregado no melhoramento do cajueiro é a seleção recorrente de famílias de meios-irmãos e que tem pela sua praticidade, a utilização da hibridação para a exploração da heterose que se apresenta como uma estratégia de grande potencial que deve ser explorada (Cavalcanti e Barros, 2009). E segundo os mesmos autores, com a possibilidade de propagação vegetativa

no cajueiro, o vigor híbrido presente nas novas combinações, é capitalizado logo em sua totalidade na primeira geração, pela seleção e clonagem dos indivíduos superiores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

A pesquisa foi realizada no Campo Experimental de Pacajus, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT); localizado no Município de Pacajus, litoral leste do Estado do Ceará, Km 5 da rodovia Pacajus-Itaipaba, CE. As coordenadas geográficas são 4° 10' S e 38° 27' W, com altitude de 60m acima do nível do mar.

3.2 Condução e delineamento experimental

O experimento foi instalado em 2007, em regime de sequeiro, onde as sementes plantadas foram provenientes dos cruzamentos entre sete genitores de cajueiro, sendo eles: CCP 76, BRS 226, CAP 12, Embrapa 51, *Microcarpum*, HAC 276/1 e HAC 222/4. Foram avaliadas sete populações de irmãos completos, caracterizados pelos seguintes cruzamentos: CCP76 x *Microcarpum*, CCP 76 x BRS 226, CCP 76 x HAC 276/1, CCP 76 x Embrapa 51, CCP 76 x CAP 12, CCP 76 x HAC 222/4 e o BRS 226 x Embrapa 51 (Tabela 4). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro plantas por parcela. Adotou-se o espaçamento de oito metros entre linhas e seis metros entre plantas; sendo utilizado como bordadura plantas de cajueiro.

Tabela 4. Identificação do experimento de avaliação de progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce conduzido no município de Pacajus-CE, em 2010 e 2011.

PROGÊNIES	PARCELA	GENITORES
1	101/117/123/132	CCP 76 X MICROCARPUM
2	102/114/125/129	CCP 76 X BRS 226
3	103/121/126/135	CCP 76 X HAC 276/1
4	104/113/128/131	CCP 76 X EMBRAPA 51
5	105/119/122/134	CCP 76 X CAPI 12
6	106/118/127/133	BRS 226 X EMBRAPA 51
7	107/112/124/130	CCP 76 X HAC 222/4

As avaliações foram realizadas durante dois anos de cultivo, correspondentes às safras 2010 e 2011, cujas precipitações encontram-se na Figura 4.

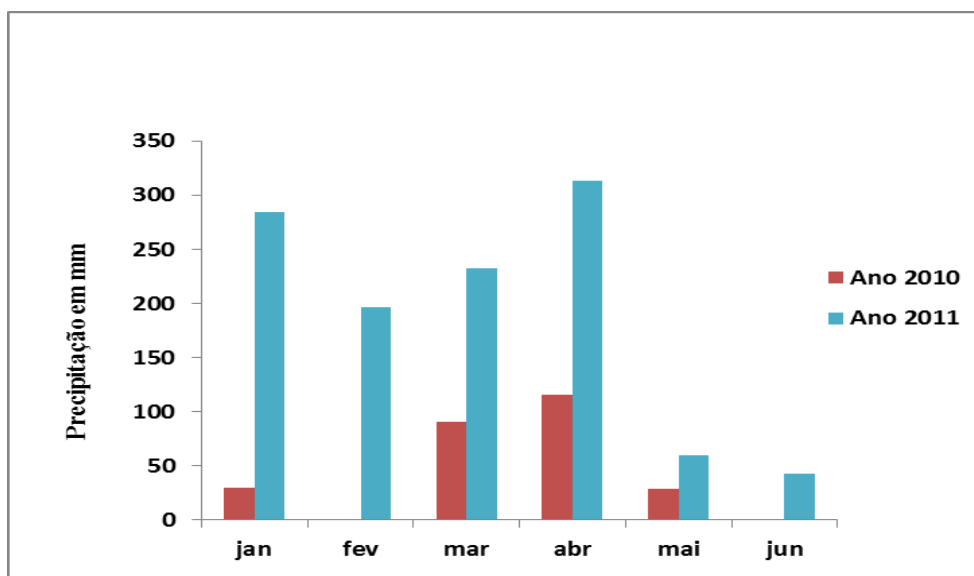


Figura 4. Precipitação pluvial no Campo Experimental da Embrapa/Pacajus-CE, referente aos meses de janeiro a junho de 2010 e 2011. Fonte: Estação Meteorológica de Itaipaba.

Os tratos culturais aplicados no experimento obedeceram às recomendações técnicas preconizadas para a cultura do cajuero em condições de sequeiro (BARROS et al., 1993).

3.3 Caracteres avaliados

As plantas foram avaliadas durante dois anos de cultivo para os caracteres altura de planta (m), diâmetro de copa (m), produtividade de castanha ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número total de castanhas (unidade), peso médio de castanha (g) e incidência de doenças, como antracnose e mofo preto.

a) Altura de planta: Para a mensuração da altura da planta (AP) utilizou-se régua métrica, sendo efetuada a medição a partir da base da planta até seu ápice, sendo o resultado expresso em metros (Figura 5).



Figura 5. Medição da altura de progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce no Município de Pacajus-CE. Fonte: Egnésio H. Vale, 2011.

b) Diâmetro de copa: Para a mensuração do diâmetro da copa (DC) utilizou-se fita métrica, as medições foram realizadas no sentido leste – oeste (E - W), considerando a localização das plantas no campo. O resultado expresso em metros (Figura 6).



Figura 6. Medição do diâmetro em progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce no Município de Pacajus-CE. Fonte: Maraisa Crestani, 2012.

c) **Produtividade:** Para a produtividade de castanha (PROD, expressa em kg ha^{-1}) foram realizadas pesagens referentes à produção de castanha obtida em cada planta constituinte das parcelas, durante todo o período de cultivo, com extrapolação dos valores obtidos para produção por hectare (Figura 7).



Figura 7. Determinação do peso da amostra de castanhas, de progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce cultivadas no Município de Pacajus-CE. Fonte: Egnésio H. Vale, 2011

d) **Número de castanhas por planta:** Em relação ao número de castanhas por planta (NC), foram realizadas contagens de todas as castanhas colhidas por planta (Figura 8).



Figura 8. Determinação do número de castanhas de progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce no Município de Pacajus-CE. Fonte: Egnésio H. Vale, 2011

e) **Peso médio de castanha:** O peso médio de castanha (PMC) foi obtido a partir do peso médio de três repetições de vinte castanhas e o resultado expresso em gramas, conforme a (Figura 9).

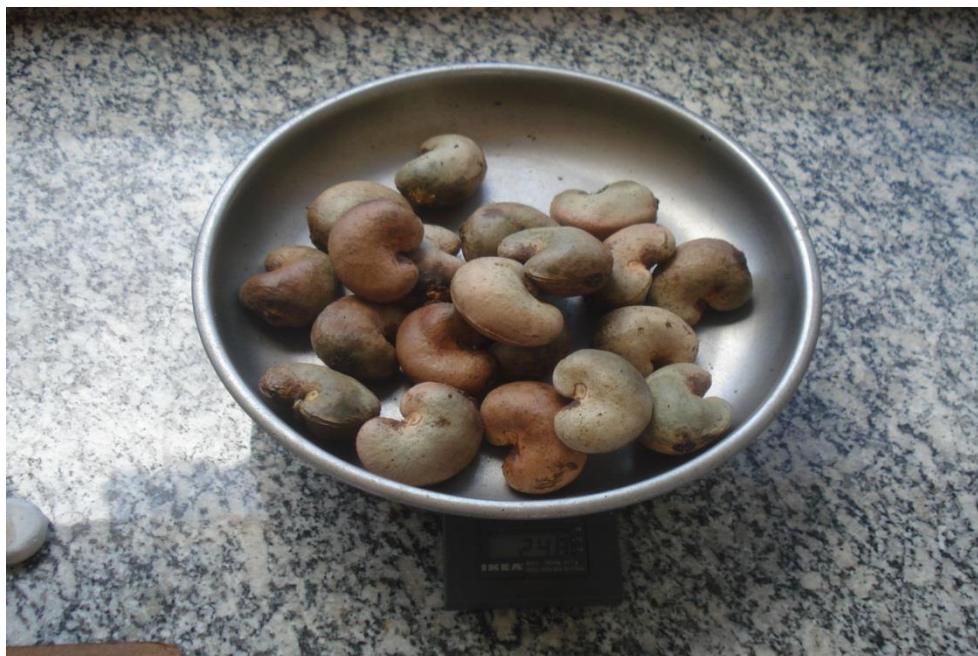


Figura 9. Determinação do peso médio de vinte castanhas de progênies de irmãos completos de cajueiro-anão-precoce no município de Pacajus-CE. Fonte: Elisane Tchesmann, 2011.

Em relação à avaliação de doenças, em particular a incidência de antracnose e mofo preto, utilizou-se uma escala de notas descritivas, contendo cinco diferentes notas, de acordo com (CARDOSO, 1999):

Nota 0: Plantas sem sintomas visíveis;

Nota 1: Plantas com lesões cobrindo até 2% da área foliar;

Nota 2: Plantas com lesões cobrindo até 5% da área foliar;

Nota 3: Plantas com lesões coalescentes cobrindo 5 a 25% da área foliar;

Nota 4: Plantas com lesões coalescentes cobrindo mais que 25% da área foliar.

Cada planta foi avaliada com uma nota correspondente a incidência da doença, sendo a nota máxima dada para a planta com infecção em todos os pontos cardeais, e a nota mínima (0) correspondente à ausência total da doença na planta. Para atender às pressuposições da análise de variância, foi realizada a transformação dos dados, para $\sqrt{x+0,5}$, onde x correspondeu à média das notas atribuídas às plantas constituintes de cada parcela, conforme (CARDOSO, 1999).

3.4 Análises individuais de variância

As análises individuais de variâncias referentes a todos os caracteres, foram realizadas com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006). Para estimar os componentes de variância, considerou-se o efeito aleatório para todas as fontes de variação.

A partir dos componentes de variância foram estimados os parâmetros genéticos. Na Tabela 5, encontram-se as esperanças dos quadrados médios da análise de variância individual.

Tabela 5. Esquema da análise individual de variância no delineamento de blocos ao acaso com as respectivas esperanças do quadrado médio.

Fonte de variação	GL	QM	E (QM)
Blocos	(b-1)		
Genótipo	(t-1)	QM _g	$\sigma^2 e + b\sigma_g^2$
Erro	(b-1)(g-1)	QM _e	σ_e^2
Total	(N-1)		

Onde:

b: número de blocos;

g: número de genótipos;

N: número de parcelas ;

σ_e^2 : variância ambiental

σ_g^2 : variância genética.

A comparação de médias foi realizada utilizando o teste Tukey, a 5% de probabilidade. Para cada caráter avaliado foi calculada a herdabilidade média (h^2_m), em percentagem, usando as esperanças dos quadrados médios [E(QM)], conforme modelo descrito por Carvalho et al. (2001). Considerando o desempenho médio geral apresentado pelas plantas de cajueiro ao longo das duas safras, foram estimados os coeficientes de correlação fenotípica (r_p), genética (r_G) e ambiental (r_E) entre os caracteres AP, DC, PROD, PMC, NC, ANT. e MP, segundo (STEEL e TORRIE, 1980). Todos os procedimentos estatísticos foram efetuados com o auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

3.5 Análises conjuntas

As análises de variâncias conjuntas referentes a todos os caracteres foram realizadas pelas médias de parcelas, utilizando-se o programa SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM) (SAS PROCEDURES GUIDE FOR COMPUTERS, 1996), pelo procedimento PROC GLM, (tendo o modelo aleatório para todos os efeitos). A partir dos componentes de variância, foram estimados os parâmetros genéticos. Na Tabela 6, encontram-se as esperanças dos quadrados médios da análise de variância conjunta.

Tabela 6. Esquema da análise de variância conjunta no delineamento de blocos ao acaso com as respectivas esperanças do quadrado médio.

Fonte de variação	GL	QM	E (QM)
Bloco	(b-1)	-	$\sigma_{ab}^2 + 2 \sigma_{bg}^2 + 14 \sigma_b^2$
Genótipo	(g-1)	QM6	$\sigma_e^2 + 7 \sigma_{ag}^2 + 2 \sigma_{bg}^2 + 8 \sigma_g^2$
Erro a	(b-1)(g-1)	QM5	$\sigma_e^2 + 7 \sigma_{bg}^2$
Ano	(a-1)	QM4	$\sigma_e^2 + 7 \sigma_{ag}^2 + 7 \sigma_{ab}^2 + 28 \sigma_a^2$
Erro b	(b-1)(a-1)	QM3	$\sigma_e^2 + 7 \sigma_{ab}^2$
Ano*Genótipo	(g-1)(a-1)	QM2	$\sigma_e^2 + 7 \sigma_{ag}^2$
Erro c	(b-1)(g-1)(a-1)	QM1	σ_e^2

Onde:

a: número de anos;

σ_e^2 : variância do resíduo;

σ_{ga}^2 : variância da interação genótipos*anos;

σ_{ba}^2 : variância de blocos*anos;

σ_a^2 : variância de anos;

σ_{bg}^2 : variância de blocos*genótipos;

σ_g^2 : variância genética.

3.6 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos

3.6.1 Estimativas da herdabilidade e coeficientes de variação

a) **Herdabilidade (h^2):** com esse parâmetro, avaliou-se a proporção da variabilidade existente na população de cajueiro-anão-precoce, que é de natureza genética através, da seguinte fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_g}{\sigma^2_f} * 100$$

b) **Coefficiente de variação genético (CV_g):** mediu a variabilidade resultante da diferenças genéticas entre as progênies de cajueiro-anão-precoce.

$$CV_g(\%) = \frac{\sqrt{\sigma^2_g}}{m} * 100$$

c) **Coefficiente de variação ambiental (CV_e):** estimou a variação ambiental resultante de efeitos ambientais nas progênies de cajueiro-anão-precoce.

$$CV_e(\%) = \frac{\sqrt{\sigma^2_e}}{m} * 100$$

d) **Razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação ambiental: (CV_g / CV_e):** Estimou a razão com a finalidade de detectar variabilidade genética dos caracteres nas progênies de cajueiro-anão-precoce.

$$\text{Razão} = \frac{CV_g}{CV_e} * 100$$

3.6.2 Coeficientes de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais

De acordo com Cruz et al. (2004), o estudo das correlações nos programas de melhoramento genético é importante quando se deseja praticar seleção simultânea ou indireta. Com isso, diversos autores, segundo, apropriam-se deste método para estabelecerem critérios que norteiam o melhoramento de determinada cultura.

3.6.2.1 Estimativas dos coeficientes de correlações

Os coeficientes de correlação nas populações híbridas foram determinados através do método do Quadrado Médio Esperado (QME), conforme descrito por (CARVALHO et al. 2004):

a) As correlações fenotípicas foram obtidas a partir da seguinte equação:

$$r_p(XY) = \frac{COV_p(XY)}{\sigma_p(X) * \sigma_p(Y)}$$

Onde:

$COV_p(XY)$ = covariância fenotípica entre os caracteres X e Y;

$\sigma_p(X)$ $\sigma_p(Y)$ s ;s = desvio padrão dos caracteres X e Y.

b) As correlações genéticas foram obtidas a partir da seguinte equação:

$$r_g(XY) = \frac{COV_g(XY)}{\sigma_g(X) * \sigma_g(Y)}$$

Onde:

$COV_g(XY)$ = covariância genotípica para os caracteres X e Y;

$\sigma_g(X)$ $\sigma_g(Y)$ s ;s = desvio padrão dos caracteres X e Y.

c) As correlações ambientais foram obtidas a partir da seguinte equação:

$$\sigma_E(XY) = \frac{COV_E(XY)}{\sigma_E(X) * \sigma_E(Y)}$$

Onde:

$COV_E(XY)$ = covariância ambiental para os caracteres X e Y;

$\sigma_E(X)$ $\sigma_E(Y)$ s ;s = desvio padrão dos caracteres X e Y.

A hipótese de que existe associação entre os caracteres avaliados foi testada ao nível de 95% de significância pelo teste t descrito por (STEEL e TORRIE; 1980):

$$t = \frac{r}{\sqrt{(1 - r^2)/(n - 2)}}$$

Onde:

r = coeficiente de correlação entre os caracteres X e Y;

n = graus de liberdade correspondente a cada geração.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises individuais de variância

Na Tabela 7 encontram-se os quadrados médios da análise individual de variância no ano de 2010 em Pacajus-CE para os caracteres altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanhas (NC), peso médio de castanha (PMC) e antracnose (ANT). Os resultados mostraram diferenças significativas a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) entre os híbridos de cajueiro para altura de planta, diâmetro de copa e peso médio de castanha, indicando a presença de variabilidade entre os mesmos.

Na Tabela 7, encontram-se também as médias individuais de cada caráter e os seus respectivos coeficientes de variação, que variaram de 8,56% para AP e 45,11% para NC. Este último, apesar de alto, é aceito na cultura do cajueiro de acordo com Barros et al. (2000).

Tabela 7. Resumo da análise individual de variância para os caracteres altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanhas (NC), peso médio de castanha (PMC) e antracnose (ANT), referente ao ano de 2010 de progênies de cajueiro-anão-precoce. Pacajus-CE.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	DC	PROD	NC	PMC	ANT
	m.....	kgha-1.....unidade.....g.....	nota: 0-4
Bloco	3	0,2251	0,5368	17329,0915	1668,5022	2,3581	0,0522
Híbrido,	6	0,1788*	0,3369*	21817,6905	2433,0774	2,8554*	0,0150
Resíduo	18	0,0416	0,1253	9951,0166	1271,0942	0,7688	0,0101
Média		2,3830	3,6464	243,7649	79,0268	8,2408	0,8137
CV (%)		8,5600	9,7062	40,9225	45,1143	10,9216	12,3896

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 8 encontram-se os quadrados médios da análise individual de variância do ano de 2011 em Pacajus-CE para os caracteres altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanhas (NC), peso médio de castanha (PMC), antracnose (ANT) e mofo preto (MP). Os resultados mostram diferença significativa a 1% de probabilidade entre os híbridos de cajueiro somente para peso médio de castanha, o que sugere a presença de variabilidade genética nas plantas observadas para esse caráter. Na Tabela 8, encontram-se ainda as médias e os coeficientes de variação dos caracteres avaliados

em 2011. O Coeficiente de variação foram de 6,33% para AP a 42,88% para NC. Este último, como no ano de 2010, apesar de alto, é admissível para a cultura.

Tabela 8. Resumo da análise individual de variância para os caracteres altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC), antracnose (ANT) e mofo preto (MP), referente ao ano 2011 de progênes de cajueiro anão-precoce. Pacajus-CE.

FV	GL	Quadrados médios						
		AP(m).....	DC	PROD ...(kgha-1)...	NC ... (unid)...	PMC(g).....	ANT (nota: 0-4)	MP
Bloco	3	0,6294	0,2936	50300,8997	35868,5558	0,6887	0,0795	0,0092
Híbrido	6	0,2098	0,7049	61515,6967	34135,3631	4,4170**	0,0562	0,0193
Resíduo	18	0,1114	0,3605	34334,9771	13873,3214	0,6332	0,0350	0,0145
Média		2,8134	4,8080	432,0789	274,6696	8,2408	1,1063	1,9023
CV (%)		11,8641	12,4871	42,8850	42,8824	9,6558	16,9092	6,3358

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; * * significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

4.1.1 Parâmetros genéticos das análises individuais

O conhecimento da variabilidade existente na população e, mais ainda, quanto desta variabilidade é devida a diferenças genéticas é de fundamental importância em qualquer programa de melhoramento, pois permite conhecer o controle do caráter e o potencial da população para a seleção (RAMALHO et al., 1990).

As estimativas adequadas de variância são fundamentais também para uma melhor qualidade das predições dos valores individuais das progênes (DUARTE et al., 2001).

Na Tabela 9, encontram-se as estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes aos caracteres altura de planta, diâmetro de copa, produtividade, número de castanhas, peso médio de castanha e antracnose, no ano de 2010, no município de Pacajus, CE. Em relação a herdabilidade, esta oscilou entre 32% e 77% para os caracteres avaliados, demonstrando comportamentos genéticos e ambientais diferenciados para os caracteres avaliados, o que deve ser levado em consideração na determinação de estratégias do melhoramento para esses atributos, no intuito de aumentar a eficácia do processo seletivo. Por outro lado, o coeficiente de variação genético esteve entre 4,29% e 22,34%, indicando contribuições genéticas significativas e distintas para cada caráter considerado.

No que diz respeito a razão entre CV_g/CV_e , os caracteres altura de planta e peso médio de castanha, no ano de 2010, apresentaram valores de 0,91 e 0,82, apresentando

condições favoráveis à seleção, uma vez que de acordo com (VENCOVSKY, 1987), quando o CV_g/CV_e tende a um (1,0) ou maior que 1,0, há uma situação bastante favorável à seleção.

Tabela 9. Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes a altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade ($kg.ha^{-1}$), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC), antracnose (ANT), referente ao ano 2010 em progênies de cajueiro-anão-precoce. Pacajus-CE.

Parâmetros	AP	DC	PROD	NC	PMC	ANT
σ^2_g	0,0343	0,0529	2966,6685	290,4958	0,5217	0,0012
σ^2_f	0,0447	0,0842	5454,4226	608,2693	0,7139	0,0038
σ^2_e	0,0104	0,0313	2487,7542	317,7736	0,1922	0,0025
$h^2_{(m)}$	76,7361	62,8196	54,3901	47,7578	73,0763	32,461
CV_g (%)	7,7732	6,3083	22,3441	21,5673	8,9966	4,2947
CV_g/CV_e	0,9081	0,6499	0,5460	0,4781	0,8237	0,3466

σ^2_g = variância genotípica; σ^2_f = variância fenotípica; σ^2_e = variância ambiental; $h^2_{(m)}$ = herdabilidade média; CV_g (%) = coeficiente de variação genética; CV_g/CV_e = razão entre o coeficiente de variação genético e ambiental.

Na Tabela 10 encontram-se as estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes aos caracteres altura de planta, diâmetro de copa, produtividade, número de castanha, peso médio de castanha e antracnose, no ano de 2011, no município de Pacajus, CE. Em relação a herdabilidade, encontraram valores entre 24,64 para mofo preto e 85,66 para peso médio de castanha, indicando diferenciados graus de confiabilidade do valor fenotípico como valor genotípico dos indivíduos para os caracteres em questão. No que diz respeito a razão entre CV_g/CV_e , o caráter peso médio de castanha apresentou valor superior a unidade, mostrando que existe uma situação bastante favorável ao processo de seleção.

Tabela 10. Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade ($kg.ha^{-1}$), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC), antracnose (ANT) e mofo preto (MP), referente ao ano 2011 em progênies de cajueiro anão-precoce. Pacajus-CE.

Parâmetros	AP	DC	PROD	NC	PMC	ANT	MP
σ^2_g	0,0245	0,0861	6795,1799	5065,5100	0,9459	0,0052	0,0011
σ^2_f	0,0524	0,1762	15378,9240	8533,8410	1,1042	0,0140	0,0048
σ^2_e	0,0278	0,0901	8583,7443	3468,3300	0,1582	0,0087	0,0036
$h^2_{(m)}$	46,8861	48,8611	44,1850	59,3579	85,6655	37,6771	24,6371
CV_g (%)	5,5734	6,1030	19,0782	25,9120	11,8024	6,5737	1,8113
CV_g/CV_e	0,4698	0,4887	0,4449	0,6043	1,2223	0,3888	0,2859

σ^2_g = variância genotípica; σ^2_f = variância fenotípica; σ^2_e = variância ambiental; $h^2_{(m)}$ = herdabilidade média; CV_g (%) = coeficiente de variação genética; CV_g/CV_e = razão entre o coeficiente de variação genético e ambiental.

4.1.2 Desempenho das progênies

Na Tabela 11 encontra-se o teste comparativo de médias para o ano de 2010 entre os cruzamentos realizados. Pode-se destacar os híbridos dos cruzamentos entre CCP 76 x BRS 226 e CCP 76 x *Microcarpum* que apresentaram a menor média para o caráter altura de planta (2,10m), em relação aos demais cruzamentos. Já o cruzamento CCP 76 x EMBRAPA 51 originou plantas com maior média de altura (2,69m), sendo superior, aos demais materiais ($p < 0,05$). Na cultura do cajueiro, procura-se selecionar plantas com porte reduzido, pois, esta é uma característica que se deseja, em virtude da facilidade das práticas de manejo como poda, controle de pragas e doenças e, principalmente, coleta de frutos. Em relação ao diâmetro de copa, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade entre os híbridos no ano de 2010. Para o peso médio de castanha destacaram-se os híbridos do cruzamento entre BRS 226 x EMBRAPA 51, pois apresentaram maior peso médio de 9,03g. Dado importante para a indústria, uma vez que a mesma prefere castanhas com maior peso.

Tabela 11. Teste comparativo de médias das progênies de cajueiro-anão-precoce avaliadas em 2010 referente aos caracteres altura de planta, diâmetro de copa e peso médio de castanha Pacajus-CE.

Caracteres	CCP 76 x Microc.	CCP 76 x BRS 226	CCP 76 x HAC276/1	CCP 76 x EMB. 51	CCP 76 x Capi 12	BRS 226 x Emb. 51	CCP 76 x HAC 222/4
AP (m)	2,13b	2,10b	2,50ab	2,69a	2,42ab	2,33ab	2,33ab
DC (m)	3,63a	3,58a	3,36a	3,85a	3,20a	3,95a	3,93a
PMC (g)	6,51b	7,76ab	8,47ab	8,23ab	8,68a	9,03a	7,53ab

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 12 encontra-se o teste comparativo de médias para o ano de 2011 entre os cruzamentos realizados. Os híbridos do cruzamento entre BRS 226 x EMBRAPA 51 foram superiores aos demais por apresentar maior média para o caráter peso médio de castanha (9,76g). Já o CCP 76 x *MICROCARPUM* apresentou a menor média (6,54g) sendo inferior aos demais híbridos ($p < 0,05$), permitindo inferir que há indicativo de sucesso ao selecionar plantas de cajueiro em função do tamanho de sua castanha com o intuito de atender às exigências do mercado.

Tabela 12. Teste comparativo de médias das progênes de cajueiro-anão-precoce avaliadas em 2011, referentes ao caráter peso médio de castanhas. Pacajus-CE.

Caráter	CCP 76 x MICROC.	CCP 76 x BRS 226	CCP 76 x 276/1	CCP 76 x EMB.51	CCP 76 x CAPI 12	BRS 226 x EMBR. 51	CCP 76 x HAC 222/4
PMC (g)	6,54c	7,56c	8,39abc	8,18abc	9,19ab	9,76a	8,04abc

Média seguida da mesma letra, na linha, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

4.2 Análises de variância conjuntas

Na Tabela 13 encontra-se a análise conjunta de variância com seus respectivos quadrados médios referentes ao biênio 2010 e 2011. Os resultados mostraram diferenças significativas entre híbridos a 1% de probabilidade, para o caráter peso médio de castanhas e a 5% de probabilidade para os caracteres altura de planta e produtividade. Sendo um indicativo da presença de variabilidade entre os mesmos. Houve também, diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste F entre anos, para todos os caracteres com exceção de ANT (significativo a 5%) e ao PMC, onde foi não significativo. Pôde-se observar que os coeficientes de variação apresentaram valores entre 4,74% e 45,71%, porém consideradas normais para cultura, de acordo com (CAVALCANTI et al., 2000) e (CAVALCANTI et al., 2007). Estes resultados indicam influências ambientais diferentes para cada caráter em questão.

Tabela 13. Resumo da análise conjunta de variância para os caracteres altura da planta (AP); diâmetro de copa (DC); produtividade (PROD); número total de castanha (NC); peso médio de castanha (PMC) e antracnose em progênes de cajueiro-anão-precoce referentes aos anos 2010 e 2011 em Pacajus-CE.

F V	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		AP	DC	PROD	NC	PMC	ANT
		----- m -----		--- Kg ha ⁻¹ ----	---unidade --(g).....	---- % ---
Híbrido (H)	6	0,3624*	0,850	58068,9057*	22786,238	8,1227**	0,020
Erro (a)	18	0,138	0,406	20428,906	9361,267	1,003	0,022
Ano	1	2,5929**	18,8906**	496470,7471**	535865,7857**	0,224	1,1991*
Erro (b)	3	0,009	0,029	8352,517	11416,211	0,623	0,087
A*H	6	0,026	0,192	25264,482	13782,202	0,164	0,052
Resíduo		0,015	0,080	23857,228	5783,149	0,147	0,023
Média	-	2,59	4,22	337,92	176,84	8,17	0,96
CV (%)	-	4,73	6,68	45,70	43,00	4,68	15,87

FV: fonte de variação GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; *: significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade; pelo teste F.

Para o caráter altura da planta, os resultados da análise mostraram diferenças significativas ($p < 0,01$) para tratamento e ano, respectivamente, e média geral de 2,6 m. Esse efeito significativo encontrado entre híbridos demonstra variabilidade entre os mesmos proporcionada pelos cruzamentos envolvendo genitores divergentes para este caráter.

Já o efeito significativo para ano pode ser justificado pelo fato das plantas ainda estarem em fase de estabilização em relação a seu porte e, além disso, certamente fatores ambientais, como, por exemplo, disponibilidade hídrica, influenciou o comportamento das progênes ao longo das duas safras.

Para a variável diâmetro de copa a análise de variância mostrou diferença significativa apenas entre anos ($p < 0,01$), apresentando média geral de 4,22 m. Esta significância indica que existe diferença em termos de envergadura das plantas de um ano para outro nas progênes avaliadas. A diferença entre anos é previsível, pois a tendência é que haja um incremento no aumento do diâmetro de copa de um ano para outro, devido a continuidade do crescimento vegetativo das plantas nesta fase.

A não significância entre híbridos para esse caráter, difere dos resultados encontrados por Cavalcanti et al. (2000), pois esses autores, avaliando híbridos em populações de cajueiro anão precoce e comum, verificaram variabilidade entre os mesmos, confirmando a grande divergência entre os híbridos para diâmetro de copa. Esse fato pode ser explicado pelo diferentes condições experimentais, sobretudo pelo baixo número de tratamentos utilizados no presente estudo, como também as condições ambientais, (baixa precipitação pluvial no período).

Para a variável produtividade observa-se diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) e entre anos de avaliação ($p < 0,01$), com média geral de 337,92 Kg.ha⁻¹. A diferença entre híbridos, em termo de produtividade, indica que existem híbridos com produtividades maiores que os demais, com potencial de exploração para seleção nos programas de melhoramento da cultura. O fato de existir plantas mais produtivas se baseia justamente pela grande variabilidade genética que a cultura possui, reunindo nos indivíduos quantidades diferenciadas de alelos favoráveis e efeitos da heterose, como citado por Cavalcanti et al. (2000) e Cavalcanti et al. (2003), implicando que a seleção de híbridos pode incrementar os ganhos genéticos favorecendo maior potencial produtivo entre os mesmos. A diferença entre anos pode ser justificada pelo fato das plantas estarem ainda em fase de crescimento, não atingindo ainda a fase de estabilidade produtiva.

Paiva et al. (2003), avaliando clones de cajueiro anão precoce em sequeiro na região Nordeste encontraram diferença entre ano para produção de castanha que variou de 21 a 262% em alguns clones, mesmo em condições climáticas adversas.

Em relação ao número de castanhas (NC), a análise conjunta de variância apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) somente para ano com média geral de 176,84 unidades, mostrando que o ambiente e a idade das plantas podem ter contribuído para essa diferença.

Cavalcanti et al. (2000), avaliando híbridos interpopulacionais verificaram diferença entre os mesmos para a variável NC, indicando variabilidade nos diferentes materiais observados. Essa discrepância entre os resultados observados nesses trabalhos e o estudo presente pode ser explicada pelo pequeno número de tratamentos aqui utilizados, fato que interfere na precisão do experimento e, conseqüentemente, no poder de teste do mesmo. Para o caráter peso médio de castanha (PMC) os resultados da análise mostraram efeito significativo entre híbridos ($p < 0,01$), indicando presença de variabilidade, o que favorece a escolha de plantas que poderão ser comercialmente exploradas.

Em relação a interação anos x híbridos, a análise conjunta mostrou a não significância ($p < 0,05$) para todos os caracteres, demonstrando que os híbridos comportaram-se de maneira semelhante frente as mudanças de ambiente (anos). Resultados contraditórios foram encontrados por Barros et al. (2000), os quais observaram efeito significativo na interação clones x anos para os caracteres altura de planta, diâmetro de copa e produção de castanhas.

4.3 Parâmetros genéticos das análises conjuntas

Os parâmetros genéticos da análise, considerando os dois anos conjuntamente encontram-se na Tabela 14. O maior valor de herdabilidade apresentado foi para o caráter peso médio de castanha, que apresentou valor superior a 85%, seguido do caráter altura de planta com 63,64%, indicando uma significativa confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor genotípico, permitindo antever a possibilidade de sucesso com a seleção para esses caracteres. Cavalcanti et al. (2007) detectaram também boa herdabilidade, porém com valores superiores (91,4% e 89,1% respectivamente). Os demais caracteres: DC, PROD e NC apresentaram valores de herdabilidade de 34,20%, 15,95% e 10,49% respectivamente. Esses valores ficaram muito abaixo dos resultados encontrados por Cavalcanti et al. (2007). Essa divergência de resultados pode ser explicada pelo fato das condições ambientais e

experimentais serem bastante diferenciadas entre os estudos, já que a magnitude deste parâmetro é bastante influenciada por essas condições.

A relação entre coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação ambiental foi superior a unidade, 1,32 e 2,45 para altura de planta e peso médio de castanha respectivamente. Desta forma, pode-se considerar que para estes caracteres, há uma melhor facilidade no processo seletivo, o que não ocorre nos demais e, portanto, estratégias de melhoramento mais elaboradas, com maior variabilidade genética e maior controle ambiental devem ser adotadas para seleção de indivíduos superiores.

Tabela 14. Estimativas dos componentes de variância da análise conjunta dos caracteres: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade (PROD), número de castanha (NC) e peso médio de castanha (PMC) em progênies de cajueiro-anão-precoce, referentes a dois anos de avaliação 2010 e 2011 em Pacajus-CE.

Componentes	Estimativas de variância				
	AP	DC	PROD	NC	PMC
σ_g^2	0,0266	0,0415	4529,1	678,2397	0,8877
σ_f^2	0,0418	0,1214	28386,3	6461,1339	1,0346
σ_e^2	0,0151	0,0799	23857,2	5783,1	0,1469
$CV_g(\%)$	6,2878	4,8214	19,9154	14,7262	11,5217
$CV_e(\%)$	4,7373	6,6872	45,7081	43,001	4,6878
CV_g/CV_e	1,327	0,721	0,436	0,342	2,4581
$h^2(\%)$	63,636	34,203	15,9552	10,4968	85,7938

σ_g^2 : variância genética, σ_f^2 : variância fenotípica, σ_e^2 : variância ambiental, CV_g : coeficiente de variação genética, CV_e : coeficiente de variação ambiental, CV_g/CV_e : razão entre coeficiente de variação genética e ambiental, h^2 : Herdabilidade.

4.4 Desempenho médio das progênies

Em relação ao desempenho médio dos híbridos de cajueiro, o CCP 76 X BRS 226 apresentou a menor média para altura de planta (2,3 m), enquanto que o CCP 76 X Embrapa 51 mostrou o maior valor (2,9 m) conforme visto na Tabela 15.

Para a variável diâmetro de copa, a menor média apresentada foi do cruzamento CCP 76 X CAPI 12 (3,86 m), enquanto que a maior média originou-se do cruzamento BRS 226 X Embrapa 51(4,79m).

Em se tratando de produtividade, não houve diferença significativa em relação ao desempenho médio entre os híbridos. No entanto, o cruzamento entre CCP 76 X Embrapa 51 destacou-se com um valor de 486,67 kg ha⁻¹ em comparação com o cruzamento entre CCP 76 X HAC 222/4 que apresentou-se como o menos produtivo, com desempenho médio de

243,22 kg ha⁻¹. Pode-se perceber que a diferença entre a menor e a maior produtividade foi de quase 100%, fato que colabora para a obtenção de genótipos produtivos desejáveis e, conseqüentemente, sucesso no processo seletivo.

Para o número de castanha por planta, o desempenho médio foi maior para o CCP 76 x Embrapa 51, que apresentou média de 268,22 unidades, enquanto que o menor desempenho foi observado no híbrido CCP 76 x CAPI 12 que apresentou média de 122,81 unidades (Tabela 15).

Em relação ao desempenho médio dos híbridos para o caráter peso médio de castanha, houve diferença significativa entre os cruzamentos ($P < 0,05$), com destaque para os híbridos oriundos do cruzamento entre BRS 226 x Embrapa 51, que apresentaram média superior a 9g. De acordo com Barros et al. (2000), o maior peso de castanha nem sempre indica amêndoas também com maior peso, por esta razão, os índices de rendimento de amêndoa necessitam ser avaliados. Outro ponto importante, é que sejam realizados estudos quanto à qualidade das amêndoas nos genótipos em destaque, visando atender às exigências do mercado consumidor.

Para o caráter antracnose não foi observada diferença significativa para todos as fontes de variação, provavelmente devido as condições climáticas desfavoráveis à multiplicação e disseminação do patógeno causador dessa doença, principalmente no ano de 2010, onde houve uma redução considerável no volume de chuvas.

Tabela 15. Desempenho médio absoluto da análise conjunta de progênies de cajueiro anão-precoce, em relação aos caracteres altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produtividade de castanha (PROD), número de castanha (NC), peso médio de castanha (PMC) e antracnose (ANT), cultivadas no Campo Experimental de Pacajus, CE, nas safras 2010 e 2011.

Híbrido	APm.....	DC	PROD ...kg.ha ⁻¹ ...	NCunid.....	PMCg.....	ANT Nota: 0-4
CCP 76 x <i>Microcarpum</i>	2,3516 c ¹	3,9938bc	271,91a	156,59ba	6,5282e	1,0135a
CCP 76 x BRS 226	2,300 c	4,1094bc	311,87a	268,22a	7,6634d	0,9073a
CCP 76 x HAC 276/1	2,7078 b	4,0063bc	376,487a	162,00ba	8,4284cb	0,9113a
CCP 76 x Embrapa 51	2,9219 a	4,4500ba	486,668 a	232,19ba	8,2028cd	1,0175a
CCP 76 x Capi 12	2,6266b	3,8625c	283,153a	122,81b	8,9376b	0,9225a
BRS 226 x Embrapa 51	2,6625b	4,7875a	392,12a	163,41ba	9,6979a	1,0034a
CCP 76 x HAC 222/4	2,6172b	4,3813a	243,22a	132,72b	7,7844d	0,9448a

¹ médias seguidas pela mesma letra na vertical não difere entre sí pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De um modo geral, considerando todos os genótipos envolvidos neste estudo e todos os caracteres avaliados conjuntamente, pode-se perceber que os híbridos mais promissores, ou seja, os que apresentaram uma maior quantidade de atributos favoráveis, como alta produtividade e peso de castanha e vigor vegetativo desejado são o CCP 76 x EMBRAPA 51 e o BRS 226 x EMBRAPA 51.

4.5 Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais

Verificou-se grande proporção de correlações significativas entre os caracteres avaliados. Os coeficientes de correlação fenotípica (r_P), genotípica (r_G) e de ambiente (r_E) dos híbridos de cajueiro-anão-precoce, variaram em magnitude, indo de 0,135 a 0,800 conforme observado na Tabela 16.

De uma maneira geral, entre determinadas associações observadas, a magnitude das correlações genéticas foi ligeiramente superior em relação às fenotípicas. De acordo com Gonçalves et al. (1996), essa superioridade pode ser justificada pelo resultado dos efeitos modificadores do ambiente na associação entre os caracteres, sendo a expressão fenotípica destes caracteres reduzida diante das influências do ambiente.

Os caracteres com elevada magnitude de correlação, fenotípica e genotípica, podem ser considerados nas estratégias de seleção, contudo, somente as correlações genéticas envolvem uma associação de natureza herdável, podendo contribuir, de forma efetiva na orientação dos programas de melhoramento (CRUZ et al., 2006).

O caráter AP evidenciou correlação positiva e de intermediária magnitude com DC ($r_G=0,375$; $r_P=0,406$) e elevada magnitude para PROD ($r_G=0,289$; $r_P=0,703$), PMC ($r_G=0,483$; $r_P=0,419$), ANT ($r_G=1,0$; $r_P=0,271$), e correlação negativa com o NC ($r_G=-0,135$; $r_P=-0,142$).

O carácter DC evidenciou magnitude positiva, de elevada magnitude com PROD ($r_P=0,473$; $r_G=0,651$), intermediária magnitude com NC ($r_P=0,143$ $r_G=0,338$), elevada correlação com PMC ($r_P=0,375$; $r_G=0,435$), constatando a ocorrência do comportamento linear, na mesma direção, entre estes dois caracteres. Estes resultados indicam que DC constitui um carácter importante e com potencial para ser considerado na seleção indireta de plantas objetivando obter maiores NC e PMC.

Para o carácter PROD, verificou-se correlação positiva de elevada magnitude com NC ($r_P=0,477$; $r_G=0,792$), com PMC ($r_P=0,457$; $r_G=0,580$). Estes resultados indicam que para

avaliação do potencial produtivo das plantas faz-se necessário apenas avaliar um desses caracteres, o de maior facilidade de mensuração.

Tavares et al. (2011), encontraram correlações positivas em quase todos os caracteres morfológicos em progênies de cajueiro de meios-irmãos, sugerindo a possibilidade de se praticar a seleção indireta, de acordo com o que se pretende, em programas de melhoramento genético desta cultura.

Foi observada considerável influência do ambiente na manifestação dos caracteres avaliados, evidenciada pelos coeficientes de correlação de ambiente significativos positivos e negativos. Valores positivos de correlação de ambiente, tal como a observada na relação entre os caracteres AP e DC ($r_E=0,800$), AP e PROD ($r_E=0,450$), PROD e NC ($r_E=0,292$), PROD e PMC ($r_E=0,272$), DC e PROD ($r_E=0,530$), indicam que ambos os caracteres foram prejudicados ou beneficiados pelas mesmas variações de ambiente, enquanto que valores negativos, tal como os observados entre os caracteres NC e PMC ($r_E=-0,165$), apontam que o ambiente favoreceu um caráter em detrimento do outro, segundo Falconer (1989).

Tabela 16. Coeficientes de correlação fenotípica (rP), genotípica (rG) e ambiental (rE) entre caracteres de interesse agrônomo em progênies de cajueiro-anão-precoce avaliadas em 2010 e 2011, no Município de Pacajus-CE.

MATRIZ DE CORRELAÇÃO FENOTÍPICA						
VARIÁVEIS	DC	AP	PROD	NC	PMC	ANT
DC	1	0,4065**	0,4732**	0,1432*	0,3754**	0,5442**
AP		1	0,7036**	-0,135*	0,4187**	0,2712**
PROD			1	0,4774**	0,4573**	0,4079**
NC				1	-0,0805	0,0079
PMC					1	-0,0298
ANT						1
MATRIZ DE CORRELAÇÃO GENOTÍPICA						
DC	1	0,375**	0,6512**	0,3381**	0,435**	–
AP		1	0,289**	-0,1415*	0,4826**	–
PROD			1	0,7918**	0,5795**	–
NC				1	-0,0388	–
PMC					1	–
ANT						1
MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE AMBIENTE						
DC	1	0,8004**	0,5298**	0,0577	0,0505	-0,0798
AP		1	0,4503**	0,069	0,0459	0,114
PROD			1	0,2918**	0,272**	-0,0372
NC				1	-0,1652*	-0,0082
PMC					1	0,074
ANT						1

DC = diâmetro de copa (m); AP = altura de planta (m); PROD = produtividade (kg. ha⁻¹); NC = número total de castanha (unid.); PMC = peso médio de castanhas (g); antracnose (nota 0-4); *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade, GL = n-2 = 222.

5. CONCLUSÕES

Há variabilidade genética para a maioria dos caracteres avaliados o que permite ganhos genéticos significativos no processo seletivo.

Os genótipos oriundos dos cruzamentos CCP 76 x EMBRAPA 51 e BRS 226 x EMBRAPA 51 se destacaram em relação aos demais genótipos, por associarem alta produção e maior peso de castanha.

As maiores herdabilidades foram observadas para os caracteres: peso médio de castanha, altura de planta e diâmetro de copa sugerindo grandes possibilidades de ganho genético com a seleção.

Há correlações genéticas positivas entre a produtividade e os caracteres altura da planta, diâmetro de copa, número de castanha e peso médio de castanha, indicando possibilidade de seleção indireta.

As correlações positivas, genotípicas e fenotípicas, de maior magnitude foram observadas entre os caracteres altura de planta e produtividade, altura de planta e diâmetro de copa, produtividade e número de castanhas, indicando que é possível selecionar indivíduos promissores de maneira indireta com base em seus valores de correlação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W. **Princípios do Melhoramento genético das plantas**. Davis, Califórnia 197. 380p.

ALMEIDA, F.A.G.; MARTINS,W.J.; ALMEIDA, F.C.G.; **Fenologia comparativa de dois clones enxertados de cajueiro anão em condições de irrigação**. Cienc. Rural. Vol. 32, n. 2 Santa Maria. Apr. 2002.

ARAÚJO, J.P.P.; CRISÓSTOMO, J.R.; PINHEIRO, F.F.M.; BARROS, L.M.; CAVALCANTI, J.J.V. Efeito da depressão por endogamia no cajueiro anão precoce (*A. occidentale* L.). In: **ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 9.**, 1993, Teresina,Anais.... Teresina: Sociedade Brasileira de Genética,1993, p.99.

ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA,V. V. da. Cajucultura: Modernas técnicas de produção. In: BARROS, L. M. de; CRISÓSTOMO, J.R. **Melhoramento Genético do Cajueiro**. Fortaleza: Embrapa/CNPAT,1995.cap.4, p.73-93.

ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. da. Cajucultura: Modernas técnicas de Produção.In: PAULA PESSOA, P.F.A.de.; LEITE, L.A.S.de.; PIMENTEL,C.R.M.; **Situação Atual e Perspectiva da Agroindústria do Caju**. Fortaleza: Embrapa/CNPAT,1995.cap.1, p.23-42.

ARAÚJO, J.R.G.; CERQUEIRA, M.C.M.; GISCEM, J.M.; MARTINS, M.R.; SANTOS, F.N. dos.; MENDONÇA,M.C.S.; **Embebição e posição da semente na germinação de clones de porta-enxerto de cajueiro-anão-precoce**. Ver. Bras. Fruticultura, Jaboticabal-SP, v. 31, n. 2, p. 552-558, junho 2009.

BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. **Hibridação em caju**. In: BORÉM, A. (Ed.). Hibridação artificial de plantas.Viçosa: UFV, 1999. cap. 9, p. 191-220.

BARROS,L.M.de.; CAVALCANTI, J.J.V.; PAIVA, J.R.; CRISÓSTOMO, J.R.; CORRÊA, M.P.F.; LIMA, A.C.; **Seleção de clones de cajueiro-anão-precoce para o plantio comercial no estado do Ceará**. Pesq. agropec. bras., Brasília. v.35, n.11, p.2197-2204.nov. 2000.

BARROS, L. M. de; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTI, J. J. V.; ARAÚJO, J. P. P. de. **Cajueiro**. In: BRUCKNER, C. H.;. Melhoramento de Fruteiras Tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2002. p.159-176.

BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R. **Melhoramento genético do cajueiro**. In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V. (Ed.). Cajucultura: modernas técnicas de produção. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. p. 73-93.

BARROS, L. M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORRÊA, M. P. F.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão-precoce**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1993. 65p. (Embrapa-CNPAT. Circular Técnica, 1).

BARROS, L. M. **Botânica, origem e distribuição geográfica.** In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V. (Ed.). *Cajucultura: modernas técnicas de produção.* Fortaleza : Embrapa-CNPAT, 1995. p. 55-71.

BERTINI, H. M. de; SILVA, F.P. da; NUNES, R. P. de; SANTOS, J. H. R. dos. **Ação gênica, heterose e depressão endogâmica de caracteres de produção em linhagenutantes de algodoeiro herbáceo.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília. v.36, n.7, p.941-948. jul. 2001.

BORÉM, A.; **Melhoramento de Plantas.** Viçosa: UFV 2001.3ª ed. P. 500.

CAMARGO, C. E. O. de; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FELÍCIO, J. C. **Estimativas de herdabilidade e correlações quanto à produção de grãos e outras características agronômicas em populações de trigo.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília. v. 35, n.2, p.369-379. Fev. 2000.

CARDOSO, J. E.; CAVALCANTI, J. J. V.; CAVALCANTE, M. J. B.; ARAGÃO, M. L.; FELIPE, E. M. Genetic resistance of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) to anthracnose, black mold, and angular leaf spot. **Crop Protection**, Oxford, UK, v. 18, n. 1, p. 23-27, 1999.

CARDOSO, J. E; CAVALCANTI, J.J.V.; CYSNE, A. Q.; SOUSA, T. R. M. de; CORRÊA, C. M. de. **Interação enxerto e porta-enxerto na incidência da resinose do cajueiro.** *Revista brasileira de fruticultura*, 2010, vol. 32, n. 3, p.847-854.

CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção.** Pelotas: UFPel, 2001. 99p.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal.** Pelotas: Editora Universitária da UFPel, 2004. 142p.

CAVALCANTI, J. J. V.; CRISÓSTOMO, J. R., BARROS, L. M., PAIVA, J. R. de. **Heterose em Cajueiro Anão Precoce.** *Ciênc. agrotec.*, Lavras. 2003. V.27, n.3, p.565-570.

CAVALCANTI, J. J. V.; PINTO, C. A. B.; CRISÓSTOMO, J. R., FERREIRA, D. F. **Análise Dialéctica para Avaliação de Híbridos Interpopulacionais de Cajueiro.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília. 2000.v.35, n.8, p.1567-1575.

CAVALCANTI, J. J. V; BARROS, L. M. de. **Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do Cajueiro no Brasil.** In: VIDAL, F.C. das; BERTINI, C. H. C. M. de; ARAGÃO, F. A. S.;CAVALCANTI, J. J. V. I simpósio Nordeste de Genética e Melhoramento de Plantas: O melhoramento Genético no Contexto Atual. Fortaleza 2009. p. 83-101.

CAVALCANTI, J. J. V.; RESENDE, M. D. D.; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. D.; PAIVA, J. R. D. Genetic control of quantitative traits and hybrid breeding strategies for cashew improvement. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 2, p. 186-195. 2007.

CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. de; ALVES, R. E.; FREITAS, G.F.; OLIVEIRA, J. N. **Melhoramento do cajueiro-anão-precoce: avaliação da**

qualidade do pedúnculo e a heterose dos seus híbridos. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 477-480, agosto 2002.

Cruz, C.D.; Regazzi, A.J.; Carneiro, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, 2004. 480p

CRUZ, C. D. **Programa GENES:** versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2006. 648p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. S. C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. v.2. 586p.

CRUZ, C. D. **Princípios da genética quantitativa Viçosa:** 1ª ed. UFV, 2005. p.15-67.

DUARTE, J.B.; VENCOSKY; DIAS, C. T. S. dos: **Estimadores dos componentes de variância em delineamento de blocos aumentados com tratamentos novos de uma ou mais populações.** Pesq. agropec. bras., Brasília. 2000.v.36, n.9, p.1155-1167. Set. 2001.

FALCONER, D. S. **Introdution to quantitative genetics.** New York: Longman, 1989. 438 p.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279p.

FARIAS NETO, J. T. de.; OLIVEIRA, M. S. P. de.; MULLER, A. A.; NOGUIERA, O. L.; ANAISSI, D. F. S. P. dos.; **Variabilidade genética em progênies jovens de açaizeiro.** Cerne, Lavras, v.11, n.4, p. 336-341, out-dez. 2005.

FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DO CEARÁ. FIEC- **Cajucultura.** Disponível em [http://sfiec.org.br/portal_u2/sites/revista/home.Php?st=interna & conteúdo_cd=41199&start_date=2011-01.09](http://sfiec.org.br/portal_u2/sites/revista/home.Php?st=interna&conteúdo_cd=41199&start_date=2011-01.09).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT-Food and agriculture organization of the United Nations.** Disponível em <http://faostat.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em 10 mar. 2010.

FREIRE, F. C. das O.; CARDOSO, J. E. **Doenças do cajueiro.** In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V. (Ed.). Cajucultura: modernas técnicas de produção. Fortaleza : Embrapa-CNPAT, 1995. p. 249-267.

FROTA, P.C.E.; PARENTE, J.I.G.; **Clima e fenologia.** In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V. (Ed.). Cajucultura: modernas técnicas de produção. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. p. 44-54.

GONÇALVES, P. S.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLLETO, N. **Estimates of genetics parameters and correlations of juvenile characters based on open pollinated of Hevea.** *Brazillian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v. 19, n. 1, p. 105-111, 1996.

HEINZ, R.; MOTA, L. H. S. de.; GONÇALVES, M. C.; VIEGAS NETO, A. L.; CARLESSO, A.; **Seleção de progênies de meio-irmãos de milho para eficiência no uso de nitrogênio.** Rev. Ciênc. Agron. V. 43, n.4, p. 731-739, out-dez, 2012.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=t&o=1&i=P> acesso em 28 de agosto de 2012.

KRAUSE, W.; SOUZA, S. R. de; NEVES, L.G.; CARVALHO, M. L. S. da; VIANA, A. P.; FALEIRO, F. G. **Ganho de seleção no melhoramento genético intrapopulacional do maracujazeiro-amarelo.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.1, p.51-57, jan. 2012.

LIMA, V. P. M. S.de. **Botânica.** In: LIMA,V.P.M.S.de.; A Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza: BNB/ETENE,1988. P.15-61.

MARTINS, I. S.; CRISTO MARTINS, R. C. de.; PINHO, D. S. de. **Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex maiden.** Cernes, Lavras, v. 12, n. 3,p. 287-291,jul./set. 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA (MARA). Empresa brasileira de Pesquisa EMBRAPA **Consequência do plantio de sementes oriundas de plantas enxertadas (“Clones”) ou planta de “pé-franco” de cajueiro** Informativo Caju ano v vol. 3 1992.

OLIVEIRA, V. H. de. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce Fortaleza:** Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 44p. (ISSN 1678-8699).

OLIVEIRA, F. I. C. de.; SOUSA, T.R.M.de.; CAVALCANTI, J.J.V.; VIDAL NETO, F.C. das.; SANTOS, F.H.C. dos.; CORDEIRO, E.R.: **Estimativas de parâmetros genéticos de progênies de cajueiro anão para aspectos morfológicos no Estado do Ceará.**Congresso Brasileiro de Fruticultura, 21; 2010, Natal. Anais. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura. 2010.

PAIVA, J. R. de.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; ARAÚJO, J. P. P. de.; ROSSETFI, A. G.; CAVALCANTI, J.J.V.; FELIPE, E. M.; **Depressão por endogamia em progênies de cajueiro anão precoce var. nanum.** Pesq. agropec. bras., Brasília. v.33, n.4, p.425-431. Abr. 1998.

PAIVA, J.R.; CAVALCANTI, J.J.V.; BARROS, L.M. de.; CORRÊA, M.C.M. de.; MAIA, M.C.C.; COSTA FILHO, A.B.; **Seleção de clones de cajueiro comum pelo método em tandem e índice de classificação.** Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 31, n. 3, p. 765-772, maio/jun. 2007.

PAIVA, J. R. de.; BARROS, L. M. de.; **Seleção de clones de cajueiro – anão precoce para o cultivo em sequeiro na região Nordeste.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 4p. (Comunicado técnico, 84).

PAIVA, J.R. de; BARROS, L.M.de.; **Clones de cajueiro:** obtenção, características e perspectivas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 26p. (Embrapa agroindústria Tropical. Documentos, 82).

PARENTE, J. I. G.; OLIVEIRA, V. H. de. **Manejo da Cultura do Cajueiro**. In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V. (Ed.). *Cajucultura: modernas técnicas de produção*. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. p. 203-247.

PATERNIANI, E. **Estudos recentes sobre heterose**. São Paulo: Fundação Cargill, 1974. 36 p. (Fundação Cargill, Boletim 01).

PESSOA, P. F. P.; LEITE, L. A. S.; PIMENTEL, C. R. M. **Situação atual e perspectivas da agroindústria do caju**. In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V.;(Ed.).*Cajucultura: modernas técnicas de produção*. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. cap.1, p.23-42.

RAMALHO, M. A. P.; LAMBERT, E. S. de. **Biometria e o melhoramento de plantas na era da genômica**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.2, p.228-249, 2004.

RAMALHO, M.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. São Paulo; Lavras MG; 1990. p. 233-248.

RAMALHO, M.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. São Paulo; Lavras MG; 1990. p. 199-227.

RANGEL, R. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S.P. de.; CÂNDIDO, L. S.; **Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente**. *Rev. Ciênc. Agron.* v. 42, n.2. p. 473-481, abr-jun, 2011.

REIS, E. F. dos; REIS, M. S.; CRUZ, C.D.; SEDYAMA, T.; **Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja**. *Ciência Rural*, Santa Maria,v. 34 n.3, p 685-692, mai-jun.2004.

SANTOS; F. H. C. dos; **Identificação de QTLs candidatos associados à qualidade pós-colheita do pedúnculo do caju**. 2008.123f Dissertação (Mestrado em fitotecnia).Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SILVA, A. G. M. de.; VIANA, A. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do.; SIMÕES, L.; GONÇALVES, A.; REIS, R. V. dos.; **Biometria aplicada ao melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro amarelo**. *Rev. Ciênc. Agron.* V. 43, n.3, p. 493-499, jul-set, 2012.

SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CAMPELO, J. E. G.; LOPES, A. C. A. de; MATOS FILHO, C. H. A. **Repetibilidade e correlações entre caracteres morfo-agronômico de cajazeira**. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1851-1857, nov./dez., 2008.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631p.

TAVARES, T. M.; SIEBENEICHLER, S. C.; CAVALCANTI, J. J. V.; AFÉRRRI, F. S.; SOUZA, C. M. de; NUNES, T. V. **Desempenho fenológico de progênies de meio-irmãos de cajueiro anão precoce na região central do Tocantins no primeiro ano de plantio**. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* Recife, v.6, n.1, p.98-104, 2011.

SILVA, A. G. M. de.; VIANA, A. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do.; SIMÕES, L.; GONÇALVES, A.; REIS, R. V. dos.; **Biometria aplicada ao melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro amarelo.** Rev. Ciênc. Agron. V. 43, n.3, p. 493-499, jul-set, 2012.