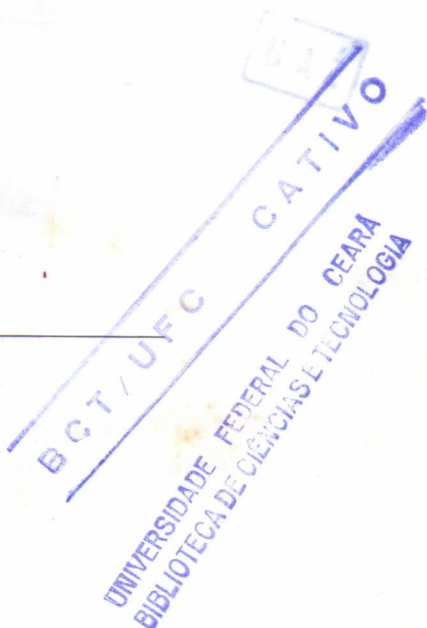
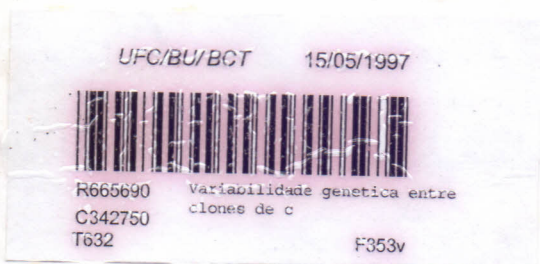


VARIABILIDADE GENÉTICA ENTRE CLONES DE CAJUEIRO

(*Anacardium occidentale* L.), DO TIPO ANÃO PRECOCE.

C 342750

EDILZA MARIA FELIPE



632
F353v
1996
ex 1

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÀREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA-CEARÁ

1996

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F353v Felipe, Edilza Maria.
Variabilidade genética entre clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), do tipo anão precoce /
Edilza Maria Felipe. – 1996.
73 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 1996.
Orientação: Prof. Dr. Raimundo de Pontes Nunes.

1. Agronomia. I. Título.

CDD 630

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados, na Biblioteca Central da referida universidade.

A citação de qualquer trecho dessa dissertação é permitida, desde que seja de conformidade com a ética científica.

EDILZA MARIA FELIPE

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 27/03/96

Prof. RAIMUNDO DE PONTES NUNES
PhD. Genética e Melhoramento de Plantas
Orientador

Dr. LEVIDE MOURA BARROS
Dr. Melhoramento Genético de Plantas
Conselheiro

Prof. JOÃO BOSCO PITOMBEIRA
PhD. Fitotecnia
Conselheiro

À DEUS,

AGRADEÇO.

Ao meu pai José Felipe

À minha mãe Teresa Amaral

(“in memorian”)

Ao meu irmão Edilson

À minha cunhada Vanússia

Aos meus sobrinhos,

DEDICO.

Homenagem,
aos que trabalham e valorizam a atividade
agropecuária, em especial, ao Homem do Campo.

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa da Agroindústria Tropical-CNPAT, pelo apoio para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Dr. João Pratagil Pereira de Araújo e ao Dr. João Ribeiro Crisóstomo, respectivamente, Chefe e Chefe Adjunto Técnico do CNPAT, pelo apoio oferecido à execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa-CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Raimundo de Pontes Nunes, pela orientação durante o curso e pelos ensinamentos imprescindíveis à realização deste trabalho.

Ao pesquisador do CNPAT, Dr. Levi de Moura Barros, pela amizade, incentivo e participação.

Ao Professor João Bosco Pitombeira, pela colaboração e sugestões.

Aos professores do curso de Pós-Graduação, pelos ensinamentos, especialmente aos professores Francisco Ivaldo de Oliveira Melo, Fanuel Pereira da Silva e Renato Innecco, pelo apoio e compreensão.

Aos pesquisadores Dr. Ervino Bleicher, Dra. Francisca Francinete Menezes Pinheiro e Dra. Quelzia Maria Silva Melo, pela amizade e encorajamento nesta fase de minha vida profissional.

Aos pesquisadores Dr. João Rodrigues de Paiva e Dra. Maria Pinheiro Fernandes Corrêa, pelas valiosas informações prestadas.

Ao colega Claudomiro Moura Gomes André, pela ajuda valiosa nas análises estatísticas.

Aos Engenheiros-Agrônomos José Jaime Vasconcelos Cavalcanti e Sandra Maria Morais Rodrigues, pela amizade, estímulo, colaboração e profissionalismo que motivaram o desempenho das minhas atividades e o ingresso no curso de Pós-Graduação.

Ao Engenheiro-Agrônomo Fernando Ivo F. Holanda Jr. e aos funcionários do Campo Experimental de Pacajus, pelo auxílio na obtenção dos dados experimentais.

Ao colega João Bosco Araújo Cavalcante.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação e em particular a Márcio Verdelho, Humberto Fragoso, Marta Amâncio e Solange Nogueira, pela amizade construída e agradável convivência;

Ao meu irmão Edilson e à minha cunhada Vanússia, pelo carinho, compreensão e incentivo concedidos em todos os momentos desta jornada.

A todos que de forma direta ou indireta colaboraram para o êxito deste trabalho.

Agradeço sinceramente.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1 DESCRIÇÃO DO GÊNERO ANACARDIUM.....	04
2.1.1 Origem e Taxonomia.....	04
2.1.2 Distribuição Geográfica e Caracterização Ecológica e Morfológica.....	06
2.2 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS BIOMÉTRICOS PARA A ESTIMAÇÃO DA VARIAÇÃO GENÉTICA.....	09
2.3 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS.....	11
2.4 PARÂMETROS GENÉTICOS EM PLANTAS CULTIVADAS.....	15
2.5 PARÂMETROS GENÉTICOS NO CAJUEIRO.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	22
3.2 AVALIAÇÃO DOS CARACTERES ESTUDADOS.....	25
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICO-GENÉTICAS.....	26

3.3.1 Análise de Variância Individual.....	26
3.3.2 Estimativa dos Componentes da Variância para as Análises Individuais...	29
3.3.3 Análise de Variância Conjunta.....	30
3.4 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS.....	32
3.4.1 Estimativa dos Coeficientes de Variação.....	32
3.4.2 Estimativa do Coeficiente de Determinação Genotípica.....	33
3.4.3 Coeficientes de Correlação.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 ESTABILIDADE DOS CARACTERES VEGETATIVOS, REPRODUTIVOS E A PRODUÇÃO DE CASTANHA.....	36
4.1.1 Produção de Castanha.....	36
4.1.2 Caracteres Vegetativos e Reprodutos.....	36
4.2 ESTIMATIVA DA VARIABILIDADE GENÉTICA.....	43
4.3 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS.....	45
5. CONCLUSÕES.....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

LISTA DE TABELAS

TABELAS		PÁGINA
01	Relação dos clones de cajueiro anão precoce submetidos ao estudo de variabilidade de caracteres vegetativos e reprodutivos. Fortaleza, Ceará, Brasil, 1995.....	23
02	Esquema da análise de variância (quadrados médios e esperanças dos quadrados médios) para cada variável estudada.....	27
03	Esquema de análise de variância conjunta, para um conjunto de trinta clones de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.).....	31
04	Esquema de análise de covariância entre pares de caracteres, relativos aos clones de cajueiro.....	34
05	Valores e significância dos quadrados médios obtidos nas análises de variância individuais para produção anual de castanha no período 1991/92 a 1994/95, de clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.....	37
06	Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises de variância individuais para altura de planta (ALT) envergadura norte-sul (ENS), envergadura leste-oeste (ELO), número de panículas/m ² de copa (PAN/m ²), número de flores masculinas/panícula (FM/PAN) e número de flores hermafroditas por panícula (FH/PAN) de clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.....	38

07	Valor e significância do quadrado médio obtidos na análise de variância conjunta para a produção em clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.....	40
08	Valores médios da produção de castanha de clones de cajueiro anão precoce em quatro anos de produção. Fortaleza, Ceará, 1995.	41
09	Valores médios da produção de clones de cajueiro anão precoce nos quatro anos de produção(g) de castanha. Fortaleza, Ceará, 1995.....	42
10	Estimativa da variância de bloco(σ^2_B), variância genética(σ^2_G), variância amostral(σ^2_A) variância ambiental(σ^2_E), e variância fenotípica(σ^2_F), obtidas a partir das esperanças dos quadrados médios das respectivas análises da variância conforme a Tabela 2 e fórmulas apresentadas na seção 3.3.2. Fortaleza, Ceará, 1995....	44
11	Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica(r_f) entre oito caracteres avaliados, para um conjunto de trinta clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.....	46
12	Estimativa dos coeficientes de variação genética, ambiental, amostral e fenotípica, coeficiente de determinação genotípica (h^2) e índice “b”, para um conjunto de 30 clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.....	49

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
01	Distribuição geográfica da espécie <i>Anacardium occidentale</i> L.....	07

RESUMO

A pesquisa teve por objetivo suprir parâmetros genéticos-estatísticos e informações sobre a variabilidade genética entre 30 clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). O experimento foi realizado em blocos ao acaso, no CNPAT/EMBRAPA, Pacajus, Ceará, Brasil. Os dados foram coletados entre jul/94 e jan/95, exceto a produção dos 3 primeiros anos. Avaliou-se: altura de planta (ALT), envergadura de copa norte-sul (ENS) e leste-oeste (ELO), panículas/m² de copa (PAN/m²), flores masculinas e hermafroditas por panícula (FM/PAN, FH/PAN) e produção de castanhas por planta (PROD), cuja ANVA revelou considerável variabilidade genética entre os clones para todos os caracteres estudados. A análise conjunta para PROD revelou interação ano x clone (P<0,01), sugerindo instabilidade nos primeiros anos de produção. Este caráter apresentou a maior estimativa de variância genética no quarto ano de produção ($\sigma^2_G=469897,38$), e também maiores valores do coeficiente de variação genética (29,5%), em relação aos demais caracteres. Obteve-se correlações fenotípicas entre os caracteres ENS e ELO ($r_f=0,828^{**}$), e entre ALT e PROD ($r_f=0,601^{**}$), sugerindo possibilidade de seleção em material jovem. As estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram mais altas para ALT (40,34%) e FM/PAN (41,46%). Desta forma, para estes caracteres é possível alcançar-se progresso genético através da seleção fenotípica simples.

ABSTRACT

The aim of this study was to produce genetic-statistical parameters and information on the genetic variability of 30 cashew (*Anacardium occidentale* L.) tree clones. The experiment was carried out using randomized blocks, in CNPAT/EMBRAPA, Pacajus, Ceara, Brazil. Data were collected between July/94 and January/95, except production during the 3 initial years. It was studied: tree height (HGT), spread of the canopy in the North-South (SNS) and West-East (SWE) directions, number of panicles/m² of canopy (PAN/m²), number of male and hermaphrodite flowers per panicle (MF/PAN, HF/PAN) and nut production per plant (PROD), which ANOVA showed significant genetic variability among the clones to all characters considered. A joint analysis to PROD showed a year x clone interaction ($P < 0.01$), suggesting instability over the early years of production. This character showed the highest estimative to genetic variance in the fourth year of production ($\sigma^2_G = 469897,38$), and also higher values of the coefficient to genetic variation (29,5%) than other characters. It was found phenotypic correlations between the characters SNS and SWE ($r_f = 0,828^{**}$), and between HGT and PROD ($r_f = 0,601^{**}$), suggesting possibility for selection in young material. Estimatives of herdability were higher to HGT (40,34%) and MF/PAN (41,46%) than other characters. Therefore, it is possible to achieve genetic progress to these characters through simple phenotypic selection.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso na aplicação de qualquer método de melhoramento genético depende, fundamentalmente, da existência de variabilidade genética nas populações sobre as quais se aplica a seleção, com a variabilidade podendo se manifestar em diferentes níveis, desde o molecular, passando pelo de indivíduos dentro de populações; entre populações de uma mesma espécie, entre espécies, até o nível de ecossistemas (DIAS & KAGEYAMA, 1991; KANASHIRO,1992). Esta variabilidade conduz a uma diversificação populacional, altamente favorável às culturas, pois, além de manter estabilidade de performance da produção, ela conduz também a uma proteção contra doenças (HORSFALL et al.,1972; SIMMONDS,1984). Desta maneira, é de fundamental importância que se conheça quanto da variabilidade observada (fenotípica) é devida a diferenças genéticas, pois permite conhecer a forma de controle do caráter e o potencial da população para seleção.

O genótipo não é o único responsável pela expressão de um dado fenótipo uma vez que, para a maioria dos caracteres, a expressão fenotípica é dependente também das pressões ambientais a que o organismo é submetido, tanto do ponto de vista físico quanto biológico (RAMALHO et al.,1990; CRUZ & REGAZZI,1994). Outro aspecto a ser considerado é o grau de associação entre caracteres porque permite, de maneira indireta, uma seleção mais eficiente, razão pela qual o melhorista deve estar atento ao conhecimento da expressão dos diferentes caracteres (principalmente os relacionados

com a produção e qualidade do produto) que pode levar a escolha da melhor maneira de condução do seu programa de melhoramento.

Visando avaliar a magnitude e a distribuição da variação genética nas principais espécies cultivadas, diversas técnicas têm sido utilizadas, desde ensaios genéticos de campo, por meio de métodos biométricos, até estudos biotecnológicos e citogenéticos. Para tanto, faz-se necessário que se conheça a estrutura genética destas espécies que pode ser obtida com base em informação sobre a biologia reprodutiva, e pelos estudos fenológicos e genotípicos dentro e entre as populações (KAGEYAMA & DIAS,1982; HAMRICK,1983; KAGEYAMA,1987). Estas informações contribuem para a manutenção da variabilidade genética em níveis elevados, evitando-se o estreitamento da base genética das espécies, particularmente das alógamas.

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) é uma espécie considerada preferencialmente alógama e ocupa lugar de destaque entre as frutíferas tropicais brasileiras, apresentando grande importância sócio-econômica para o Nordeste onde é bastante difundido. O seu cultivo tem sido com o tipo comum, com rendimento médio de 240kg/ha de castanha em 1994. Admite-se que a principal causa desta baixa produtividade tenha sido a forma de implantação dos grandes pomares, com sementes de baixo potencial genético.

Com os trabalhos de melhoramento, iniciados em 1965, a partir da seleção fenotípica individual para a produção, em cajueiros dos tipos comum e anão-precoce, resultou na obtenção de clones de cajueiro-anão-precoce que possibilitam produtividades médias de castanha de até 1300Kg/ha, em regime de sequeiro e próximo de 5000Kg/ha, sob irrigação.

O aumento da produtividade tem sido o principal objetivo do melhoramento no cajueiro, e pode ser obtido, teoricamente, pelo aumento do número de frutos por inflorescência, aumento do número de inflorescência da planta e aumento do peso dos frutos (BARROS,1988). Desta forma faz-se mister o conhecimento da estrutura genética do cajueiro, o que permitirá ao melhorista não só definir e adequar novas estratégias de melhoramento genético como também melhor aproveitamento dos recursos. A literatura brasileira é escassa em informações sobre a genética do cajueiro e sobre o uso que os conhecimentos dos parâmetros e componentes genéticos poderão ter em programas de melhoramento dessa espécie. Este trabalho tem como finalidade analisar os níveis e a magnitude da variação genética e ambiental existente entre clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), através da análise genético-estatística de dados biométricos e estimar parâmetros genéticos, com vistas a contribuir para o aumento de informações e conhecimento da base genética desses caracteres de interesse agrônômico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESCRIÇÃO DO GÊNERO ANACARDIUM

2.1.1 Origem e Taxonomia

O gênero *Anacardium* é nativo da América Tropical, encontrando-se espontaneamente difundido desde o México até o sul do Brasil-Estado de Santa Catarina, onde tem encontrado ótimas condições para seu cultivo (GIULLIANI,1993). Segundo MITCHEL & MORI (1987), a Amazônia e o Planalto Central do Brasil são os dois principais centros de diversidade do gênero *Anacardium*.

A espécie cultivada é originária das restingas do Nordeste brasileiro (JOHNSON,1973), e embora não seja a região que apresente o maior número de espécies do gênero, é nesta, diferentemente das demais regiões do país, onde o *Anacardium occidentale* encontra-se em estado nativo com mais frequência. Igualmente, apresenta maior diversidade e adaptação, com uma grande variação de tipos dentro da espécie, no que concerne ao porte, hábito de crescimento, coloração e tamanho das folhas, frutos e pseudo-frutos (LIMA,1988).

Quanto à taxonomia coube ao botânico sueco Carl von Linné (1707-1778) dentre os que estudaram o cajueiro e espécies afins, a sua classificação botânica como *Anacardium occidentale*, L. (JOHNSON,1973).

A família *Anacardiaceae* à qual pertence o cajueiro, é constituída por mais de 60 gêneros e 400 espécies (BAILEY, 1964). No entanto, o gênero *Anacardium* apresenta um pequeno número de espécie, todas elas originárias das Américas Central e do Sul, à exceção de *A. encardium*, provavelmente procedente da Malásia (LIMA, 1988). As primeiras classificações enumeram até 20 espécies no gênero *Anacardium* (PEIXOTO, 1960; JOHNSON, 1974; NAMBIAR, 1977; GIULLIANI, 1993), enquanto estudos mais recentes apontam que o gênero é composto por apenas 10 espécies (MITCHELLI & MORI, 1987).

O gênero *Anacardium* constitui um grupo bem diferenciado e de fácil reconhecimento, porém, entre suas espécies esta divisão se torna difícil. Segundo alguns autores (JOHNSON, 1974; BARROS et al., 1984), algumas das espécies determinadas podem ser idênticas umas às outras, ou até variedades de uma mesma espécie.

Dentre as espécies do gênero, apenas *A. occidentale* é cultivada, com a variabilidade existente sendo agrupada em dois tipos: o comum e o anão-precoce que botanicamente ainda não possui classificação definida, pois tanto é citado como *A. occidentale var. nanum* (BRAGA, 1976) como *Anacardium nanum* (PEIXOTO, 1960) ou segundo BARROS et al. (1993) como um ecotipo ou forma botânica da espécie cultivada. O cajueiro-anão-precoce, objeto deste estudo, apresenta características agrônômicas próprias, identificando-se, principalmente, pelo porte reduzido, precocidade de produção e duração do período de floração (BARROS et al., 1984).

2.1.2 Distribuição Geográfica e Caracterização Ecológica e Morfológica

A espécie cultivada, *Anacardium occidentale* apresenta uma ampla área de distribuição geográfica (Fig.1), encontrando-se disperso numa extensa faixa intertropical compreendida entre os paralelos 27°N e 28°S (JOUBERT & THOMAS, 1965), sendo o Nordeste brasileiro, seguramente um centro de diversidade genética a partir de onde foi disseminada não só para o restante do País, mas também para o exterior (LIMA, 1988).

Atualmente, seu cultivo é feito em vinte e seis países compreendendo os seguintes continentes: América do Sul, África, Ásia e Austrália, sendo que, dentre estes Países, sua exploração econômica concentra-se nos países tradicionais como a Índia, Brasil, Moçambique, Tanzânia e Quênia, e nos países considerados emergentes como Vietnã, Indonésia, Singapura, Costa do Marfim, Benin e Guiné-Bissau (ARAÚJO & SILVA, 1995).

No Brasil, o cajueiro é cultivado em vários estados e no Nordeste encontra-se difundido principalmente, nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (EMBRAPA, 1991). No Ceará, ocupa uma área aproximada de 326.740 hectares, predominantemente nas regiões litorâneas e zonas de transição litoral-sertão (ARAÚJO & SILVA, 1995).

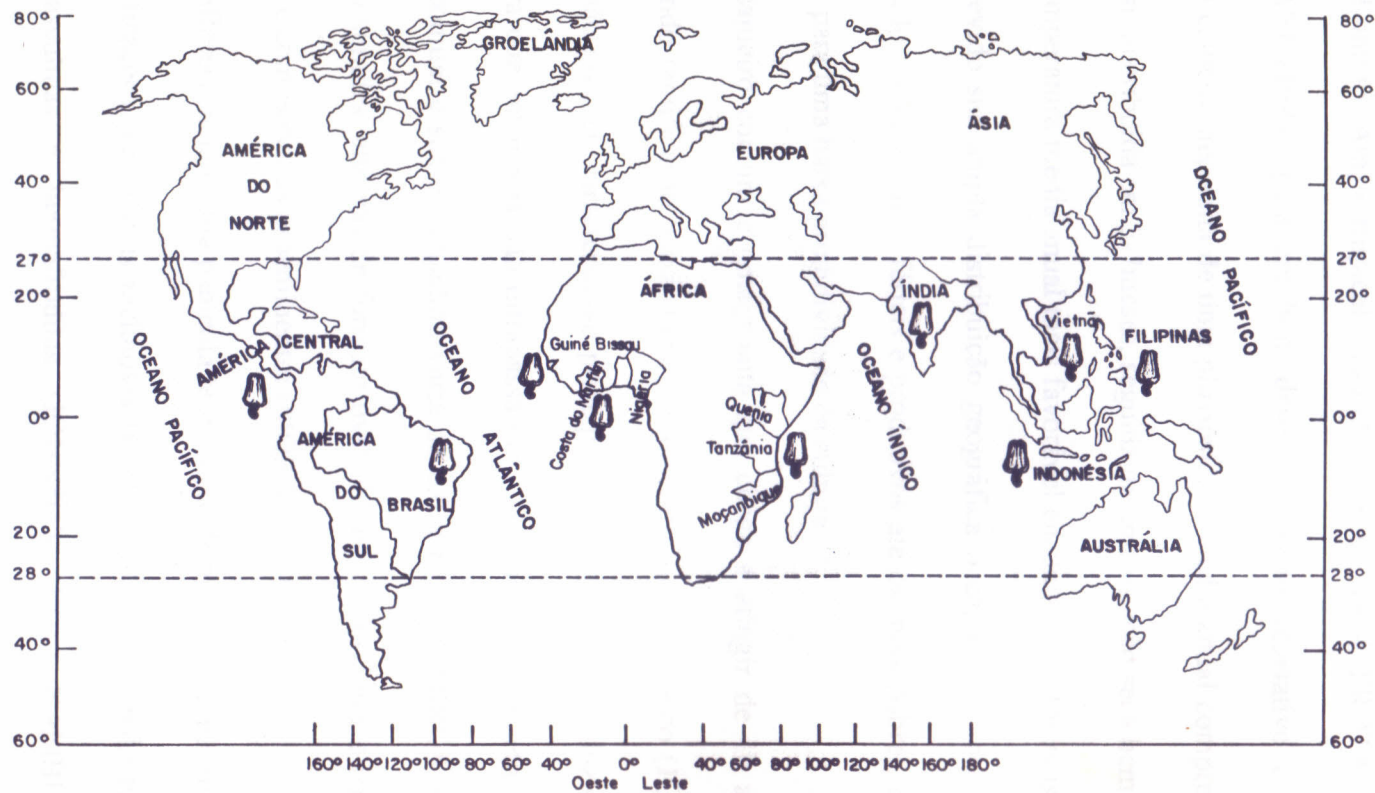


Fig. 1 Distribuição geográfica da espécie *Anacardium occidentale* L.

ADAPTADO DE ARAÚJO & SILVA, 1995

A distribuição natural da espécie cultivada compreende, principalmente, tres tipos climáticos de acordo com a classificação de Köopen, sendo equatorial superúmido (Af), equatorial úmido (Am) e tropical (Aw) (JOHNSON, 1974; FROTA, 1988). Segundo GIULLIANI (1993), para um bom desenvolvimento vegetativo e uma frutificação regular, o cajueiro necessita de uma pluviosidade média anual compreendida entre 800 e 1600mm, distribuida em 5-7meses, seguida de uma estação seca bem definida. Para o autor a temperatura média anual mais favorável encontra-se entre as isothermas de 24° e 28°C. Devido sua ampla distribuição geográfica o cajueiro é encontrado em vários tipos de solo, desde os mais férteis e produtivos até os mais pobres, o que certamente contribui para uma baixa produtividade da cultura.

O cajueiro comum é uma planta que chega a atingir de 10 a 15m de altura, apresentando ramificação baixa, bem próximas da base do tronco (JOHNSON, 1973). O tipo anão-precoce caracteriza-se principalmente pelo porte reduzido, apresentando uma altura que em média não ultrapassa 4m. O caule tem diâmetro menor que o do cajueiro comum e sua envergadura varia de 6,0 a 8,0m (BARROS et al., 1993). As folhas são simples, alternas de formato oval oblongo, com ápice e base arredondadas, coreáceas e com nervuras proeminentes (MORADA, 1941).

A inflorescência é uma panícula terminal de forma cônica, piramidal ou irregular, com ramificações secundárias racimosas (NAMBIAR, 1977; OHLER, 1979). Possui flores masculinas e hermafroditas (JOHNSON, 1974; NAMBIAR, 1977) em quantidades que variam entre planta e entre panículas de uma mesma planta (RAO & HASSAN, 1956; DAMODARAN et al. 1966; BARROS, 1988). As flores são pequenas, regulares, pentâmeras, de cor creme por ocasião da antese, tornando-se róseas

posteriormente (RAO & HASSAN, 1957). Na morfologia da flor é frequente a ocorrência de variações e anormalidades (ASCENSO & MOTA, 1957), entretanto, é considerada normal a flor composta por cinco sépalas, cinco pétalas, um ovário simples e seis a dez estames, dos quais apenas um é funcional (DAMODARAN et al., 1979). O ovário súpero, reniforme e monocarpelar, origina um aquênio (NAMBIAR, 1977; PAULA & HERINGER, 1978) que completa seu desenvolvimento em seis a oito semanas, após a polinização (WAIT & JAMIESON, 1986). O fruto é um aquênio, preso à extremidade de um pedúnculo hipertrofiado que é chamado de pseudofruto (COPELAND, 1961; JOHNSON, 1974).

2.2 UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS BIOMÉTRICOS PARA A ESTIMAÇÃO DA VARIAÇÃO GENÉTICA.

Segundo VENCOVSKY, (1977), para que se possa obter bons resultados com um processo de seleção, é preciso que haja diferentes expressões fenotípicas entre os indivíduos da população. No entanto a variabilidade fenotípica, somente, não é suficiente pois, é preciso que pelo menos parte desta seja devido a diferenças genotípicas. Para se estimar a variabilidade genética é muito importante se definir quanto das diferenças fenotípicas (variação total) que se observa é devido a diferenças ambientais. Os componentes de variação fenotípica de um caráter, não podem ser estimadas diretamente de observações na população, mas em certas circunstâncias, podem com maior ou menor detalhamento, ser estimados em populações experimentais (FALCONER, 1987; VENCOVSKY & BARRIGA, 1992).

Os caracteres quantitativos apresentam componentes de variação, dos quais somente aqueles de natureza genética são importantes para o processo de seleção, sendo que os demais atuam contra os interesses do melhorista. Portanto, o sucesso de um esquema seletivo vai depender não só da quantidade de variação genética na variação total, mas também, de seu valor relativo frente àquela de natureza não genética (VENCOVSKY, 1978).

Para ALLARD (1971), os caracteres quantitativos, embora muito importantes para o processo seletivo das plantas, determinam, por sua própria natureza, dificuldades de análise e manejo da variabilidade a eles inerente. Por isto, as investigações de natureza teórica na genética quantitativa levam à pesquisa de parâmetros do complexo genótipo-ambiente dos quais dependem, em grande parte, os resultados do melhoramento. Assim, as estimativas de parâmetros como médias, variâncias e covariâncias são básicas para a escolha de processos de melhoramento mais adequados a cada caso. Numa dada observação, é importante saber quanto é genético e quanto não é. Também, é importante saber que informação genética está contida nesta ou naquela medida. Portanto, a aplicação da análise estatística em experimentos genéticos tem como finalidade a detecção de variações devidas a causas diversas, e separação destas em partes atribuídas a causas genéticas, ambientais e erro experimental. O modelo deve incluir o delineamento de que resulte a melhor precisão experimental.

Para alguns caracteres como a produtividade, o fenótipo depende não só do genótipo e do ambiente, mas também da interação dos genótipos por ambientes. Esta interação, se por um lado dificulta o trabalho do melhorista na seleção de progênies, as quais interagem com os ambientes, indica a existência de cultivares especificamente

adaptadas a ambientes particulares, bem como de outros com adaptação mais ampla, porém nem sempre com alto potencial produtivo (RAMALHO et al., 1993). Segundo o autor, a interação entre genótipos e ambientes afeta o ganho genético a ser obtido com a seleção e esse efeito será tanto menor quanto maior for o número de ambientes em que o material for avaliado. Identificar genótipos com maior estabilidade fenotípica tem sido uma das alternativas mais empregadas pelos melhoristas como meio de atenuar este efeito.

Ainda, segundo MIRANDA FILHO (1978), em qualquer ensaio têm-se os seguintes componentes: variação devido a diferenças ambientais dentro de parcelas, variação devido a diferenças ambientais entre parcelas, variação devido a diferenças entre tratamentos, componentes originados de acordo com o tipo de delineamento utilizado, e outros conforme peculiaridades da pesquisa.

2.3 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

Todo programa de melhoramento com espécies alógamas inicia-se com a seleção de plantas com caracteres desejáveis, com o intuito de aumentar, em dada população, a proporção de genótipos superiores em relação aos caracteres em questão. A maior dificuldade deste processo é que a seleção é baseada no fenótipo, e a correlação entre fenótipo e genótipo é, usualmente, mais alta para os caracteres morfológicos do que para os caracteres fisiológicos e caracteres quantitativos (ALLARD, 1971; DIAS & KAGEYAMA, 1991).

A correlação é uma ferramenta muito importante a ser utilizada pelo melhorista pois, embora a produção seja o caráter mais importante a ser considerado no melhoramento genético das espécies cultivadas, muitos outros caracteres devem ser, simultaneamente considerados, na obtenção do genótipo ideal (PAIVA, 1980; VENCOVSKY & BARRIGA, 1992). Além disso, possibilita a predição de produção de uma planta adulta através de plantas jovens, reduzindo consideravelmente o tempo necessário para obter o material desejado. Para GONÇALVES et al. (1984), o método mais direto para este fim seria: correlacionar a produção e outros caracteres quantitativos de árvores com os mesmos caracteres em plantas jovens.

Segundo GOLDENBERG (1968), a associação entre caracteres pode se estabelecer de forma completa, como ocorre com alguns caracteres qualitativos, ou apresentar-se com maior ou menor intensidade, o que se verifica com os caracteres quantitativos. Para o autor, deve-se considerar que a associação entre dois caracteres observados representa a correlação entre valores fenotípicos e que o uso dessa correlação pode ocasionar erros, uma vez que em sua constituição intervêm uma fração genética e uma fração de ambiente.

Tendo em vista a necessidade de se inferir sobre a estrutura genética de populações por meio da variação de caracteres métricos, alguns métodos estatísticos clássicos foram aprimorados e adaptados para emprego na genética quantitativa. Desta maneira os métodos de seleção tornaram-se mais eficientes e com progressos mais significativos. Também estabeleceram-se os parâmetros genéticos utilizados na identificação da natureza gênica, envolvida na herança dos caracteres de interesse (PAIVA, 1980).

Uma das formas para aumentar a eficiência da seleção de um caráter é o uso de caracteres correlacionados, razão pela qual o conhecimento das correlações ajuda a identificar caracteres que se de, *per se* têm pouca ou nenhuma importância em um programa de seleção, ajudam, porém dando informações úteis ao melhorista no entendimento da espécie com a qual ele trabalha. ROBINSON & COCKERHAM (1965) mencionam que as correlações, juntamente com as variâncias, são os parâmetros que mais interessam aos melhoristas. CRUZ et al. (1988) afirmam que as correlações quantificam a possibilidade de ganhos indiretos por seleção em caracteres correlacionados, e que para caracteres de baixa herdabilidade, a seleção se torna mais eficiente quando realizada indiretamente, através de características que lhe são correlacionadas. Estimativas de correlações fenotípicas e genotípicas entre caracteres, fornecem informações muito úteis ao melhorista, pois o conhecimento das correlações existentes entre caracteres importantes pode facilitar a interpretação de resultados já obtidos e fornecer a base para o planejamento futuro de programas mais eficientes. (JOHNSON et al. 1985). Além disso, correlações entre caracteres primários e secundários tornam possíveis alcançar progressos pelo emprego da seleção indireta por meio de respostas correlacionadas, quando dificuldades técnicas apresenta empecilho para a seleção do caráter desejado (FALCONER, 1987).

Duas são as causas de correlação entre caracteres-a genética e a de ambiente-citadas por FALCONER (1987). A principal causa genética da correlação é a pleiotropia, que expressa o efeito total de todos os genes em segregação que afetam simultaneamente dois ou mais caracteres, sendo esta permanente. Outra causa genética da correlação é a ligação gênica que é, ao contrário da pleiotropia, transitória devido à

possibilidade de ocorrência de recombinantes. A correlação ambiental ocorre quando dois caracteres estão influenciados pelas mesmas diferenças de ambiente.

Outro parâmetro genético que desempenha importante papel nos processos de seleção é a herdabilidade já que expressa o quanto da variação fenotípica herdada é devida a causas genéticas (VENCOVSKY, 1977; RAMALHO et al., 1990).

É possível estimar dois tipos de herdabilidade: no sentido amplo (h^2_a) e herdabilidade no sentido restrito (h^2_r). A diferença entre os dois tipos reside em que a herdabilidade no sentido restrito considera apenas a variância genética aditiva enquanto que a herdabilidade no sentido amplo considera a variância genética total. Embora na maioria dos casos, a herdabilidade no sentido restrito seja a mais importante para o melhorista, a estimativa de herdabilidade no sentido amplo, tem grande importância quando se trata de plantas autógamas ou de propagação vegetativa, isto porque, nesse caso o genótipo é integralmente herdado. Para o autor é muito importante considerar que a herdabilidade deve ser entendida não apenas como uma propriedade do caráter mas também como propriedade da população e das condições ambientais a que foram submetidos os indivíduos (PAIVA, 1980; RAMALHO, 1990).

De acordo com VASCONCELOS (1982) e GONÇALVES et al. (1983) quando o estudo deste parâmetro se aplica a um conjunto fixo de materiais genéticos, como no caso de um conjunto finito de clones deliberadamente escolhidos, recomenda-se a utilização do coeficiente de determinação genotípica (h^2) que, analogamente ao coeficiente de herdabilidade, estima a proporção de variabilidade genética que se expressa para um dado caráter. Para os autores, o conhecimento do coeficiente de

determinação genotípica permite estabelecer com mais realidade os objetivos principais a serem alcançados no programa de melhoramento de plantas.

2.4 PARÂMETROS GENÉTICOS EM PLANTAS CULTIVADAS

Considerando que a correlação entre caracteres agronômicos é útil na determinação dos componentes de um caráter complexo e de grande importância econômica como a produção, vários trabalhos têm sido realizados em diversas espécies de plantas. Na abordagem deste assunto procurou-se enfatizar os aspectos relacionados com as plantas perenes de maior distribuição por sua analogia e proximidade com o cajueiro, objeto central do presente estudo.

Em seringueira (*Hevea sp*) algumas características têm sido estudadas e correlacionadas, sobretudo com a produção: circunferência do caule, espessura da casca, número de anéis de vasos laticíferos, distância entre anéis, diâmetro dos vasos laticíferos e índice de tamponamento (NARAYANAN et al., 1973; TAN, 1977). Segundo os autores estes são os caracteres mais importantes, que determinam a maior produção de látex.

Correlações genéticas e fenotípicas de algumas características de clones jovens de seringueira, demonstraram que a produção está geneticamente associada com o diâmetro do caule, embora não apresentando significância em termos de correlação

fenotípica; também uma baixa correlação fenotípica e genotípica entre produção e anéis de vasos lactíferos foram observadas (GONÇALVES et al., 1980).

Por outro lado, RIBEIRO et al. (1984) alcançaram correlações altamente significativas ($p > 0.01$) entre produção de borracha seca com espessura de casca e número de anéis de vasos; produção de borracha seca com espessura de casca; produção de borracha e circunferência do caule a 1.30m e 0.50m. Para os caracteres relacionados com o vigor da planta, foram encontradas correlações genéticas e fenotípicas altamente significativas ($p > 0.01$) entre circunferência do caule a 1.30m e a 0.50m, e ambas foram correlacionadas com o número de anéis de vasos lactíferos. Correlacionar a produção e outros caracteres quantitativos de árvores com os mesmos caracteres em plantas jovens, auxilia sobremaneira na predição da produção de uma planta adulta, reduzindo consideravelmente o tempo necessário para identificação de um clone produtivo (GONÇALVES et al., 1980).

Procurando estabelecer um índice de seleção em seringueira (*Hevea spp.*), VALOIS et al. (1979a) encontraram elevados coeficientes de correlação (r) e de determinação (r^2) fenotípicos entre os caracteres estudados. Os maiores valores foram para altura de planta e diâmetro de caule ($r = 0,98$) bem como para diâmetro de caule e produção de borracha seca ($r = 0,861$). Os caracteres número de lançamentos e produção de borracha seca, foram os menos correlacionados ($r = 0,15$). Os dados de correlação genotípica indicam que as plantas mais altas possuem o maior diâmetro, e conseqüentemente, maior produção. QUISEN (1994), estudando também clones de seringueira constatou que os caracteres diâmetro do caule e espessura da casca apresentam alto grau de associação genotípica e fenotípica, indicando a possibilidade da

seleção em material jovem de boa capacidade produtiva e grande vigor através destas características.

O estudo da herdabilidade e das correlações entre caracteres de crescimento de **seedlings** jovens de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) mostrou que a altura e o diâmetro do caule são bons critérios para seleção, desde que sejam fáceis de determinar e estejam correlacionados positiva e significativamente um com o outro, com o peso fresco e a área da folha (ASCENSO, 1963).

Para GLENDIINING (1966), as produtividades de cultivares de cacaueteiro estão positivamente correlacionados com a taxa de aumento do diâmetro de fuste antes do início de produção. Esta correlação persiste através dos anos, não derivando apenas das cultivares de crescimento mais rápido terem entrado primeiro em produção.

Estudando correlações entre precocidade, desenvolvimento e produtividade de cacaueteiro, (SORIA & ESQUIVEL, 1970) constataram correlações positivas altamente significativas ($p < 0.01$), entre precocidade e produção acumulada. Foi observado que aos 2,5 anos de idade, as correlações entre precocidade e de diâmetro de fustes foram elevadas. Observaram ainda, que o número de frutos colhidos nos três anos de produção e os diâmetros de fustes no quarto ano de idade mostraram que a precocidade é geneticamente transmitida e que está altamente correlacionada com o desenvolvimento precoce do tronco e a produção acumulada.

Ainda, estudos realizados com *Theobroma cacao* L., estimaram correlações entre medidas dendrométricas, origem genética e produção em híbridos com três anos e a cultivar "Catongo" com dois anos de idade. Observou-se correlação positiva entre o diâmetro do fuste e o diâmetro médio da copa e a produção, demonstrando, que tais

medidas são variáveis confiáveis para avaliar a produtividade da cultura (GARCIA & NICOLLELA, 1985).

Elevados coeficientes de correlação fenotípica foram obtidos entre diversos caracteres produtivos do guaranazeiro (*Paulinea cupana*, H.B.K.). Os mais correlacionados foram, tamanho de inflorescência com o número de botões e número de frutos com o número de sementes. O mais baixo coeficiente de correlação foi obtido entre número de botões e o número de sementes (VALOIS et al., 1979b).

Estimativas de correlações entre algumas características horticulturais importantes numa população de "seedlings" de manga (*Mangifera indica* L.) foram obtidas por LAVI et al. (1989), que observaram correlação negativa entre cor do fruto e a época de colheita nas progênes avaliadas. Também foi negativa a correlação entre a produtividade e o período juvenil, com tendência para os períodos juvenis mais curtos estarem associados com as maiores produtividades. Entre as progênes da variedade "Kent" foi observado um coeficiente de correlação negativo ($r = 0,300$) entre o sabor do fruto e a duração do período juvenil. Observaram ainda, um coeficiente de correlação de ($r = 0,372$) entre a intensidade de floração e a produtividade.

Em estudos realizados com "guayule" (*Parthenium argentatum*, Gray), THOMPSON et al. (1988) avaliaram a variabilidade da produção de látex e características do crescimento entre plantas selecionadas de uma população heterogênea e verificaram que a concentração de borracha seca foi altamente correlacionada com todas as características avaliadas. Encontraram também correlações significativas entre percentagem de borracha e de resina; concentração de borracha e peso seco e fresco da planta; e, tamanho da planta e produção de borracha, sugerindo que o crescimento da

planta ou produção de biomassa, possam ser úteis como índice de seleção primário para a produtividade de borracha. Foi observada também uma correlação negativa entre concentração de látex e biomassa.

Pesquisando as associações entre diversos caracteres vegetativos e a produção do umbuzeiro SANTOS & NASCIMENTO (1995) observaram correlações positivas entre os caracteres circunferência do caule, altura de planta, diâmetro de copa e número de ramos primários.

2.5 PARÂMETROS GENÉTICOS NO CAJUEIRO

O gênero *Anacardium* apresenta grande variabilidade morfológica, e no Brasil, centro de origem do *Anacardium occidentale*, tem apresentado também uma ampla base genética (GIULLIANI,1993), caracterizando um potencial extraordinário para a pesquisa, especialmente na área de melhoramento genético.

Embora a produção de castanha seja o objetivo mais importante a ser alcançado no melhoramento genético do cajueiro, muitos outros caracteres devem ser considerados na obtenção de variedades/clones que satisfaçam melhor aos produtores.

Uma das principais revisões sobre os trabalhos realizados com o cajueiro, que permite um conhecimento sobre os caracteres de crescimento e produção da planta é apresentada por NAMBIAR (1977). Nesses trabalhos verificou-se que a produtividade em cajueiro está correlacionada com a área foliar e tamanho de internódios. DASARATHI (1958), citado na revisão relata que árvores com excessivo crescimento

vegetativo e internódios longos, produzem menos que aquelas onde estas características são contrastantes.

Segundo OHLER (1979), é importante a relação entre envergadura e produtividade já que plantas de desenvolvimento vigoroso exigem maior espaço e, a produção por unidade de área, é mais importante do que a produção individual.

A quantidade de ramos frutíferos por unidade de área de copa está fortemente correlacionada com a produção, e pode ser mais um parâmetro de referência para a seleção. Por esta razão, BARROS (1988) relata que o cajueiro do tipo anão-precocce apresenta grande potencial de produção.

RAO (1974) encontrou correlação positiva entre produção e percentagem de flores hermafroditas. Resultados semelhantes foram observados por MURTHY et al. (1984). Estes autores encontraram também correlação significativa entre número de panículas e o número de flores hermafroditas. O número e o peso de castanha por planta estão associados com a produtividade, mas o número de castanha por inflorescência não está correlacionado com rendimento, e por esta razão, NORTHWOOD (1966) concluiu que o número de inflorescência produzidas por planta é o principal fator determinante da produtividade.

AUCKLAND (1961) observou que castanhas mais densas apresentavam maior percentagem de germinação. Correlações positivas também foram encontradas entre a densidade das castanhas e as seguintes variáveis: número de folhas, diâmetro do caule, comprimento e largura das folhas e percentagem de árvores em florescimento. RAO & HASSAN (1956) identificaram correlação positiva entre o peso da castanha e o peso da amêndoa; resultado semelhante foi obtido por FALUYI (1987), indicando que a seleção

para um dos caracteres afetar o outro no mesmo sentido. Entretanto, PEIXOTO (1960) verificou que a percentagem de amêndoa está negativamente correlacionada com o tamanho da castanha. Todavia, segundo o autor, as características das castanhas estudadas não permitiram concluir se a percentagem de amêndoa apresenta sempre correlação negativa com o tamanho de castanha, embora indicassem que, castanhas espessas ou grandes, necessariamente não estão correlacionadas com amêndoas pesadas.

Estudando correlações genéticas e respostas correlacionadas entre progênies de cajueiro AZEVEDO (1993) encontrou alta correlação genotípica e fenotípica entre número de ramos primários e número de ramos secundários, indicando que, para ampliar o número de ramos por planta, pode ser evitada a seleção simultânea sobre os dois caracteres. Encontrou também alta correlação genética positiva entre envergadura no sentido norte-sul e no sentido leste-oeste, revelando que a seleção aplicada para alterar o comprimento da envergadura em um sentido, é suficiente para alterá-la no outro, praticamente nas mesmas proporções.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este trabalho foi desenvolvido utilizando-se um experimento de competição de clones de cajueiro anão precoce, integrante do programa de melhoramento genético conduzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical-CNPAT, na Estação Experimental de Pacajus, situada no município de Pacajus, litoral leste do Ceará, distante 55km de Fortaleza e localizada entre as coordenadas geográficas 4°10' de latitude e 38° 27' de longitude, com altitude de 60m acima do nível do mar.

O experimento foi instalado no período de janeiro a abril de 1990, usando-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com 30 tratamentos (clones) e 4 repetições, com 4 plantas por parcela, cultivadas no espaçamento 7m x 7m. Os clones em estudo (TABELA 1) foram obtidos através de enxertia simples, empregando-se o método de garfagem à inglesa, tendo-se como porta-enxerto mudas do clone CP 06, provenientes de sementes de polinização livre.

O clima predominantê na região onde se situa a área experimental é do tipo seco/subúmido (C₂), segundo a classificação de Thornthwate (1955), com índices efetivos de umidade (I_m) variando de -33 a 0 (zero). A precipitação média anual é de 1.100mm, com regime pluvial caracterizado por chuvas de verão/outono, apresentando duas estações definidas: uma chuvosa em que, 90% das precipitações ocorrem no

TABELA 01: Relação dos clones de cajueiro anão precoce submetidos ao estudo de variabilidade de caracteres vegetativos e reprodutivos. Fortaleza, Ceará, Brasil, 1995.

CLONE	ORIGEM	CLONE	ORIGEM
CAP 1	P.10 E	CAP 16	M _{II} 54
CAP 2	P.147 E	CAP 17	M _{II} 55
CAP 3	P.371 E	CAP 18	C ₁ P ₀
CAP 4	P.399 E	CAP 19	C ₁ P ₃
CAP 5	P.453 E	CAP 20	C ₂ P ₅
CAP 6	P.500 E	CAP 21	P.265 E
CAP 7	P.572 E	CAP 22	Clonar 46
CAP 8	P.602	CAP 23	CL ₁₆ P ₁
CAP 9	P.464	CAP 24	C ₁₀ P ₄
CAP 10	P.58 D	CAP 25	C ₁₀ P ₅
CAP 11	P.76 D	CAP 26	CP ₀₆ xCP ₀₇
CAP 12	P.96 D	CAP 27	CP ₀₆
CAP 13	P.110 D	CAP 28	CP ₀₉
CAP 14	M _{II} 52	CAP 29	CP ₇₆
CAP 15	M _{II} 53	CAP 30	CP ₁₀₀₁

CAP = Cajueiro Anão Precoce

P = Policruzamento

E = Lado Esquerdo

D = Lado Direito

CP = Clone de Pacajus

M = Matriz

período de janeiro a julho; e outra seca, compreendendo os meses de julho a dezembro, que coincide com a época de floração/frutificação do cajueiro. A média anual de temperatura do ar é de 26,5°C sendo a média das máximas de 31°C e a das mínimas de 22°C.

O solo da área experimental caracteriza-se como um Podzólico Vermelho Amarelo Tb Eutrófico A Fraco, com textura arenosa/média (PE). O conteúdo da matéria orgânica é baixo, estando situado entre 0,3 e 1,1% nos horizontes superficiais, com pequeno decréscimo em profundidade. A capacidade de troca de cátions é pequena; as quantidades de fósforo disponíveis estão em níveis baixos, geralmente em torno de 3 a 5ppm; o potássio trocável é encontrado também em nível baixo com valores entre 26 e 45ppm e os teores de alumínio livre não constituem problemas. O pH varia de 5,0 a 6,0, estando portanto na classe de reação moderada ácida (RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL-CNPCa, 1990).

O relevo da região é plano com trechos suave-ondulados, com vegetação predominante do tipo caatinga hipoxerófila segundo JACOMINE et al.,(1973).

Os dados analisados neste trabalho, exceto aqueles referentes aos três primeiros anos de produção, foram coletados no período de julho de 1994 a janeiro de 1995, que coincide com a época de floração/produção do cajueiro-anão-precocce. As avaliações foram feitas em três das quatro repetições do experimento, usando as quatro plantas da parcela. As avaliações variaram em número para cada caráter estudado.

3.2 AVALIAÇÃO DOS CARACTERES ESTUDADOS

Os caracteres avaliados foram:

1-Peso total de frutos (castanha) por planta: anotou-se o peso de frutos de cada planta em todas as colheitas, sendo somado posteriormente para se ter a produção total por planta. Foram considerados refugos e não computáveis os frutos com desenvolvimento fisiológico incompleto.

2-Número total de frutos (castanha) por planta: procedeu-se a contagem do número de frutos por planta dentro da parcela útil em cada colheita, obtendo-se com o somatório, o número total de frutos por planta.

3-Altura de planta: foi feita a medida da altura desde o nível do solo até a parte mais alta da planta, em metros, tomando-se uma única medida após a fase de crescimento vegetativo.

4-Envergadura da copa nas direções Norte-Sul e Leste-Oeste: medida pela distância em metros, entre as extremidades dos maiores ramos em ambos os sentidos.

5-Número de flores masculinas e de flores hermafroditas por panícula: coletou-se uma panícula por ponto cardeal em cada planta da parcela, determinou-se o

sexo das flores abertas e fez-se a contagem das mesmas. Foram feitas cinco coletas por todo período de avaliação. Obteve-se o número médio de flores por panícula em cada ponto cardeal e posteriormente a média por planta através da média dos quatro pontos cardiais.

6-Número de panículas por m² de copa: utilizando-se um retângulo de 0,5m² de área, fez-se a contagem do número de panículas dentro da área amostrada. Fez-se a avaliação em quatro etapas descartando-se em cada coleta de dados as panículas que já estavam fisiologicamente inativas. Anotaram-se dados por ponto cardeal, obtendo-se, posteriormente, o número médio de panículas por 1m² de copa.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICO-GENÉTICAS

3.3.1 Análise de Variância Individual

As análises de variância (ANVA) realizadas para cada um dos caracteres avaliados, obedeceram ao modelo matemático apropriado ao delineamento experimental em blocos completos casualizados com sub-amostragem e que é apresentado na TABELA 2. Este modelo estatístico tem a seguinte definição matemática, conforme SNEDECOR & COCHRAN (1971):

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \sigma_{ijk}$$

onde: X_{ijk} = observação do i-ésimo genótipo do j-ésimo bloco;

μ = média geral da população;

α_i = efeito do i-ésimo genótipo (tratamento), $i = 1, 2, \dots, 30$;

β_j = efeito aleatório do k-ésimo bloco, $j = 1, 2, 3$;

$\varepsilon_{(ij)}$ = efeito da interação bloco x clone (erro experimental ou fatores não controlados na parcela) inerente à observação X_{ijk} ;

$\sigma_{ij(k)}$ = efeito da variação entre plantas dentro do genótipo (erro amostral),

na repetição.

TABELA 2: Esquema da análise de variância (quadrados médios e esperanças dos quadrados médios) para cada variável estudada.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QM	E (QM)
Repetição	J-1	QM ₁	$\sigma_P^2 + K' \sigma_E^2 + K' I \sigma_B^2$
Clones	I-1	QM ₂	$\sigma_P^2 + K' \sigma_E^2 + K' J \sigma_G^2$
Clone x Repetição	(I-1)(J-1)	QM ₃	$\sigma_P^2 + K' \sigma_E^2$
Plantas / Repetição	J(K-1)	QM ₄	σ_P^2

onde: J = número de blocos;

I = número de clones;

K = número de plantas amostradas;

K' = número médio de plantas amostradas;

σ_P^2 = componente da variância amostral;

σ^2_E = componente de variância relativo à interação blocos versus clone (erro experimental);

σ^2_B = componente de variância relativo a blocos;

σ^2_G = componente de variância genética.

Conforme recomendações de MELO (1994), fez-se o teste de aditividade para todos os caracteres avaliados, visando atender às pressuposições da análise de variância antes de procedê-la. De acordo com os valores dos coeficientes de regressão obtidos, transformou-se os dados das variáveis que necessitaram transformações. Os dados relativos à altura de planta e envergadura norte-sul, foram transformadas para $\frac{1}{X^2}$ e $\frac{1}{\sqrt{X}}$, respectivamente; enquanto os dados referentes à envergadura no sentido leste-oeste e número de flores masculinas por panícula foram transformados para \log_x .

Considerando que o número de indivíduos dentro de cada parcela difere para alguns tratamentos, estimou-se um número médio de plantas (K') a partir do número de plantas de cada clone e do número de clones avaliados. Obteve-se o valor de K' segundo SNEDECOR & COCHRAN(1971), pela expressão:

$$K' = \frac{1}{a-1} \left(N - \sum \frac{n_i^2}{N} \right)$$

onde:

a = número de clones;

N = número total de plantas;

n_i = número particular de plantas de cada clone;

K' = média harmônica.

3.3.2 Estimativa dos Componentes da Variância para as Análises Individuais

Os componentes de variância foram estimados igualando-se os QM estimados experimentalmente às respectivas esperanças matemáticas (TABELA 2) e resolvendo-se as equações simultâneas resultantes:

a) estimador do componente de variância devido ao efeito de clones

$$\sigma^2_G = \left(\frac{\sigma^2_P + K' \sigma^2_E + K' J \sigma^2_{G'}}{K J} \right) - \left(\frac{\sigma^2_P + K' \sigma^2_E}{K J} \right) = \frac{QM_2 - QM_3}{K J}$$

b) estimador do componente de variância devido ao erro experimental

$$\sigma^2_E = \left(\frac{\sigma^2_P + K' \sigma^2_E}{K} \right) - \sigma^2_P = \frac{QM_3 - QM_4}{K}$$

c) estimador do componente de variância devido ao erro amostral

$$\sigma^2_P = QM_4$$

d) estimador da variância devido ao efeito de blocos

$$\sigma^2_B = \left(\frac{\sigma^2_P + K' \sigma^2_E + K' I \sigma^2_{B'}}{K I} \right) - \left(\frac{\sigma^2_P + K' \sigma^2_E}{K I} \right) = \frac{(QM_1 - QM_3)}{K I}$$

e) estimador da variância fenotípica entre as médias dos clones (variância fenotípica total)

$$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_B + \sigma^2_E + \sigma^2_P$$

3.3.3 Análise de Variância Conjunta

Realizou-se análise de variância conjunta para os dados de produção obtidos em quatro períodos produtivos das plantas: 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95. Conforme STEEL & TORRIE (1960) e SNEDECOR & COCHRAN (1971), considerou-se o experimento como blocos casualizados com parcelas subdivididas no tempo, cujo modelo matemático é:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + b_j + e_{ij} + a_k + (ab)_{jk} + (ga)_{ik} + \varepsilon_{ij(k)}$$

onde:

$Y_{ij(k)}$ = é a observação do tratamento i no bloco j ;

μ = é a média geral;

g_i = é o efeito fixo do i -ésimo tratamento; $i= 1, \dots, 30$

b_j = é o efeito aleatório do j -ésimo bloco; $j= 1, 2, 3$

a_k = é o efeito aleatório do k -ésimo ano; $k= 1, 2, 3, 4$

$(ga)_{ik}$ = é o efeito fixo da interação do i -ésimo tratamento (clone) no k -ésimo ano;

$(ab)_{jk}$ = é o efeito aleatório da interação do j -ésimo bloco no k -ésimo ano;

ε_{ijk} = é o efeito aleatório relativo ao erro experimental inerente à observação

$$Y_{ijk}$$

De acordo com VENCOVSKY & BARRIGA (1992), quando se tratar de ensaios em diferentes tempos, o efeito dos anos deve ser considerado aleatório, assim como o efeito dos blocos, pois são incomuns as situações em que se escolhe repetições ou blocos propositalmente contrastantes.

A TABELA 3 apresenta o esquema da análise de variância conjunta para os 30 clones considerados no ensaio, conforme RAMALHO et al., (1990).

TABELA 3: Esquema de análise de variância conjunta, para um conjunto de trinta clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

FV	GL	QM	E(QM)
Ambientes(A)	n-1	Q1	$\sigma_E + \left(\frac{1-p}{P}\right)r\sigma_{GA}^2 + p\left(\frac{1-r}{R}\right)\sigma_{B/A}^2 + pr\sigma_A^2$
M.Genético(G)	p-1	Q2	$\sigma_E + \left(\frac{1-n}{N}\right)r\sigma_{GA}^2 + rn\sigma_G^2$
Inter. GxA	(n-1)(p-1)	Q3	$\sigma_E + r\sigma_{GA}^2$
Bl./Ambientes	n(r-1)	Q4	$\sigma_E + p\sigma_{B/A}^2$
Erro médio	n(p-1)(r-1)	Q5	σ_E

onde:

$$n=4, p=30, e r=3;$$

σ_E^2 - variância do erro experimental;

σ_{GA}^2 - variância da interação material genético x ambiente;

σ_A^2 - variância do ambiente;

σ^2_G - variância do material genético;

$\sigma^2_{B/A}$ - variância do efeito de blocos dentro de ambientes.

3.4 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS

3.4.1 Estimativa dos Coeficientes de Variação

Como proposto por VENCOVSKY (1977), a partir das estimativas obtidas através dos componentes de variância, determinou-se os coeficientes de variação genética, ambiental, fenotípica e amostral para os diferentes caracteres estudados, os quais foram calculados por:

a) estimador do coeficiente de variação fenotípica que mede a variabilidade total entre clones;

$$CV_f(\%) = \frac{\hat{s}_f}{\bar{x}} \times 100$$

b) estimador do coeficiente de variação genética que mede a variabilidade resultante de diferenças genéticas entre clones;

$$Cv_g(\%) = \frac{\hat{s}_g}{\bar{x}} \times 100$$

c) estimador do coeficiente de variação ambiental que mede a variabilidade resultante de efeitos ambientais quer tenham sido isolados ou não pelos blocos;

$$Cv_e(\%) = \frac{\hat{s}_e}{\bar{x}} \times 100$$

d) estimador do coeficiente de variação amostral que mede a variabilidade entre plantas dentro de clone;

$$Cv_a(\%) = \frac{\hat{s}_a}{\bar{x}} \times 100$$

onde:

\hat{s}_f = representa uma estimativa do desvio padrão fenotípico que corresponde à raiz quadrada da soma dos componentes σ^2_G , σ^2_B , σ^2_E e σ^2_A ;

\hat{s}_e = representa uma estimativa do desvio padrão ambiental, que corresponde à raiz quadrada da soma dos componentes σ^2_B e σ^2_E ;

\hat{s}_g = representa uma estimativa do desvio padrão genético que corresponde à raiz quadrada do componente σ^2_G ;

\hat{s}_a = representa uma estimativa do desvio padrão amostral, que corresponde a raiz quadrada do componente relativo a diferenças entre plantas dentro de cultivar, σ^2_A ;

\bar{x} = média geral ao nível de planta.

3.4.2 - Estimativa do Coeficiente de Determinação Genotípica

Em virtude dos genótipos utilizados pertencerem a um conjunto fixo de materiais genéticos, foi empregado o coeficiente de determinação genotípica que segundo FONSECA(1978) representa o coeficiente de herdabilidade no sentido amplo. O

2665690 .

coeficiente de determinação genotípica foi estimado com base nas médias dos clones através da seguinte fórmula:

$$“h^2” = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2}$$

Com o fim de detectar a variabilidade genética dos caracteres na população, foi utilizado o índice b (“b”), empregado por PAIVA (1980) como $b = \hat{CV}_G / \hat{CV}_E$, que representa a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, não influenciado, portanto, pela média do caráter.

3.4.3 - Coeficientes de correlação

Os coeficientes de correlação fenotípica, foram obtidos a partir do cálculo da covariância entre pares de caracteres, conforme metodologia relatada por KEMPTHORNE (1966) como segue a análise apresentada na TABELA 4.

TABELA 4: Esquema de análise de covariância entre pares de caracteres, relativos aos clones de cajueiro.

FV	GL	PM	E(PM)
Repetição	J-1		
Clones	I-1	PM1	$COV_{E(Z)}^2 + J COV_{G(Z)}^2$
Resíduo	(J-1)(I-1)	PM2	$COV_{E(Z)}^2$

onde:

Z = par de caracteres considerados X e Y ;

$PM1$ = produto médio dos clones;

$PM2$ = produto médio do erro;

$COV_{G(Z)}^2$ = covariância genética estimada;

$COV_{E(Z)}^2$ = covariância ambiental estimada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estabilidade dos caracteres vegetativos, reprodutivos e de produção de castanha.

4.1.1 Produção de castanha

Os valores dos quadrados médios obtidos para a produção de castanha no período 1991 a 1995 são apresentados na Tabela 5. Observou-se significância estatística (0,01) pelo teste F apenas para clones em todos os anos. Pode-se atribuir este resultado a: (1) diferenças no potencial genético de produção entre clones e (2) uniformidade dos blocos ou repetições. Os coeficientes de variação apresentaram valores altos para produção o que pode ter resultado da diferença genética entre os clones estudados e da idade destes materiais pois são plantas jovens e estão em pleno desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Isto sugere ainda, que a produção de castanhas é um caráter muito variável e que há necessidade de refinamento da técnicas experimentais para o estudo do caráter em questão.

4.1.2 Caracteres vegetativos e reprodutivos

Os valores dos quadrados médios, ao nível de indivíduo, para os caracteres avaliados são apresentados na TABELA 6. Constam também dessa tabela as médias

TABELA 05: Valores e significância dos quadrados médios obtidos nas análises de variância individuais para produção anual de castanha no período 1991/92 a 1994/95, de clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.

FONTE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
Repetição	2	679686,850	3563946,20	6005397,9	11818714,5
Clone	29	335692,810**	2094654,82**	4071665,6**	17857328,0**
Clone X Rep.	58	93991,524	272871,43	1081594,4	1365339,6
Planta/Rep.	261	44880,630	191749,09	404933,4	653167,8
C.V (%)		53,642	42,847	44,001	34,774
\bar{X}		394,934	1021,981	1446,191	2324,097

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

TABELA 06: Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises de variância individuais para altura de planta (ALT) envergadura norte-sul (ENS), envergadura leste-oeste (ELO), número de panículas/m² de copa (PAN/m²), número de flores masculinas/panícula (FM/PAN) e número de flores hermafroditas/panícula (FH/PAN) de clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ce, 1995.

FONTE DE VARIACÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT ¹	ENS ²	ELO ³	PAN/m ²	FM/PAN ³	FH/PAN
Repetição	2	0,04395477	0,01789172	0,09583967	1,85862	0,06207746	2669,6457
Clone	29	0,10615732*	0,02352573**	0,09530801**	649,87885**	0,29736281**	3933,1243**
Clone X Rep.	58	0,00518520	0,00209487	0,00885142	56,35180	0,01968039	273,2664
Planta/Rep.	261	0,00404757	0,00127514	0,00519306	24,35826	0,01024601	227,1491
C.V (%)		28,199	8,160	9,835	17,198	3,824	40,684
\bar{X}		0,226	0,438	0,733	28,698	2,647	37,045

* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

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

1 dados transformados para $Y = \frac{1}{x^2}$

2 dados transformados para $Y = \frac{1}{\sqrt{x}}$

3 dados transformados para $Y = \log x$

e os coeficientes de variação correspondentes aos respectivos caracteres. Verifica-se que o efeito de tratamentos apresentou quadrados médios ao nível de significância menor ou igual a 0,01 pelo teste de F, para todos os caracteres estudados, com exceção de altura de planta que apresentou diferença estatística ao nível de significância menor ou igual a 0,05 pelo teste de F.

As significâncias encontradas para todos os caracteres vegetativos evidenciam uma considerável variação de natureza genética entre os clones utilizados, sugerindo a possibilidade de sucesso na seleção para alteração dos caracteres em questão.

A análise de variância conjunta, mostrou que houve interação significativa ano x clone para o caráter produção, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. Desta forma, sugere-se que não houve estabilidade na resposta da característica em estudo, de um ano em relação à resposta no outro (TABELA 7). Isto pode ter ocorrido tanto pelo fato de que as plantas estão em pleno desenvolvimento vegetativo, como também pela diferença existente entre clones quanto à capacidade de adaptação às condições ambientais do local do experimento e às mudanças climáticas de um ano para outro, refletindo na sua produção ao longo do período observado.

Comparando as médias das produções de castanha de cada clone obtido em cada ano de observação, percebeu-se que os clones 18 e 12 apesar de constituírem o primeiro e o terceiro clone mais produtivo, respectivamente, apresentam, ambos, instabilidade de produção, conforme mostra os elevados CV's. Por outro lado os clones 1, 6 e 26, dentre os cinco mais produtivos, apresentaram estabilidade durante

TABELA 7- Valor e significância do quadrado médio obtidos na análise de variância conjunta para a produção em clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Clone	29	2731093,5 **
Ano	3	59145343,4 **
Ano x Clone	87	1144968,7 **
Bloco (Ano)	8	1356038,0 **
CV%		32,967
\bar{X}		1295,831

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

TABELA 08 : Valores médios da produção de castanha de clones de cajueiro anão precoce em quatro anos de produção. Fortaleza, Ceará, 1995.

CLONE	PRODUÇÃO (g)	CLONE	PRODUÇÃO (g)
18	2434,9 a	20	1290,7 defghi
1	2132,0 ab	19	1175,0 efghij
12	2009,0 abc	13	1173,7 efghij
6	1925,9 abcd	22	1138,4 efghij
26	1922,0 abcd	29	1122,7 efghij
25	1656,1 bcde	7	1082,8 efghij
8	1555,3 bcdef	24	1039,2 efghij
5	1520,8 bcdef	2	1038,4 efghij
14	1519,4 bcdef	9	908,6 fghijk
28	1435,6 cdefg	10	802,0 ghijk
23	1394,8 cdefgh	4	786,7 ghijk
30	1389,3 cdefgh	27	761,7 hijk
11	1356,1 cdefghi	15	698,3 ijk
17	1353,9 cdefghi	21	560,9 jk
16	1324,8 defghi	3	365,9 k

Valores seguidos de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível significativo de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 09: Valores médios da produção de clones de cajueiro ano precoce nos quatro anos de produção(g) de castanha. Fortaleza, Ceará, 1995.

CLONE	1º ANO	2º ANO	3º ANO	4º ANO	C.V. %
18	477,42	2104,63	1456,42	5701,14	93,5
1	506,92	1400,67	2383,58	4237,00	75,0
12	149,50	2165,25	643,92	5077,25	110,4
6	479,92	1374,25	2582,42	3266,83	64,4
26	476,92	1554,17	2475,75	3181,25	60,9
25	478,17	1201,79	2218,67	2725,92	60,9
8	551,50	1191,67	2170,17	2308,00	53,6
5	213,67	888,79	605,42	4375,42	126,4
14	631,83	1212,04	1281,83	2952,08	65,7
28	895,92	1251,88	1963,08	1631,67	32,2
23	574,56	1067,51	1624,56	2312,67	53,6
30	487,50	992,42	1420,25	2657,17	66,7
11	431,42	1098,50	2002,23	1892,17	54,3
17	261,42	1043,17	2035,50	2075,42	64,3
16	242,92	1067,92	1533,08	2455,17	69,7
20	512,25	1053,71	1499,83	2097,08	52,0
19	317,70	780,24	1379,69	2222,19	69,9
13	311,42	865,54	1574,83	1942,83	62,0
22	326,61	952,36	1229,00	2045,50	62,6
29	485,92	1007,42	1511,17	1486,33	43,1
7	403,83	687,75	1259,75	1979,67	64,3
24	393,17	609,46	1552,42	1601,67	60,4
2	474,00	953,79	1293,33	1432,33	41,0
9	405,50	662,38	1274,92	1291,75	48,9
10	191,06	649,94	295,75	2071,19	108,3
4	303,25	612,04	1017,17	1214,25	51,9
27	307,17	627,17	1038,75	1073,83	47,9
15	255,67	490,33	895,42	1151,75	57,4
21	199,67	624,83	569,08	850,17	48,1
3	60,67	329,21	671,92	401,83	68,6

os quatro anos de produção avaliados (TABELAS 8 e 9). Desta maneira, os clones com melhor desenvolvimento e maior estabilidade podem ser indicados para produtores e incluídos em programas de melhoramento.

4.2 Estimativa da variabilidade genética

As estimativas das variâncias das diferentes causas de variação e caracteres obtidos conforme discutido na seção 3.3.2, são apresentados na TABELA 10. Deve-se entender que tais estimativas são propriedade do caráter na população estudada.

As estimativas dos componentes de variância foram obtidos a nível de trinta clones. Quando se analisa a relação entre variância genotípica e variância fenotípica ou total constata-se que a maior proporção de variância genotípica ocorreu com a altura das plantas (40,34%) e o número de flores masculinas por panícula (41,46%).

O valor negativo da estimativa de variância de blocos para o caráter número de panículas por metro quadrado pode ter ocorrido em função de erros amostrais.

O aumento da variação genética do primeiro ao quarto ano de produção, pode ser o resultado do efeito da interação clone versus ano (TABELA 10). De acordo com PAIVA et al. (1983), a avaliação de clones constitui uma etapa que requer longo tempo até a decisão final sobre os clones que melhor satisfazem aos critérios seletivos. Percebe-se que um maior tempo de avaliação, além de diluir os efeitos da interação, facilitaria a definição da divergência e magnitude da variabilidade genética existente no material. No caso presente as plantas de todos os clones são

TABELA 10 : Estimativa da variância de bloco (σ^2_B), variância genética (σ^2_G), variância amostral (σ^2_A), variância ambiental (σ^2_E), e variância fenotípica (σ^2_F), obtidas a partir das esperanças dos quadrados médios das respectivas análises da variância conforme a Tabela 2 e fórmulas apresentadas na seção 3.3.2. Fortaleza, Ceará, 1995.

CARACTERES	ESTIMATIVA DE VARIÂNCIA				
	(σ^2_B)	(σ^2_G)	(σ^2_A)	(σ^2_E)	(σ^2_F)
Produção 91/92	1668,790284	6886,665128	44880,630	4197,8711	57633,95651
Produção 92/93	9377,082856	51907,09719	191749,090	6934,125994	259967,3960
Produção 93/94	14029,12927	85194,49526	404933,400	57839,21703	561996,2416
Produção 94/95	29784,24053	469897,3815	653167,800	60874,58757	1213724,010
Altura de Planta	0,000110464	0,002876944	0,00404757	0,000097242	0,00713222
Envergadura N- S	0,000045009	0,000610618	0,00127514	0,000070068	0,002000835
Envergadura L-O	0,000248812	0,002463361	0,00519306	0,000312707	0,00821794
Nº Panícula/m²	-0,155264496	16,91104795	24,35826	2,734724335	43,84876779
Nº Flores M/P	0,0001208	0,007911856	0,01024601	0,000806426	0,019085092
Nº Flores H/P	6,827875032	104,2783685	227,1491	3,941986495	342,19733

jovens e em pleno desenvolvimento vegetativo e produtivo. Assim, a cada ano, acrescenta-se à variação intrínseca do caráter uma variação que pode-se chamar de “desenvolvimental” que é atribuída ao crescimento vegetativo e produtivo das plantas estudadas.

4.3 - Estimativa de parâmetros genéticos

Na TABELA 11 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre todas as combinações de caracteres avaliados no período de 1994/95, para o conjunto de trinta clones de cajueiro anão precoce em estudo. A maioria das estimativas dos coeficientes de correlação apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade de acordo com FISHER & YATES (1963).

A altura da planta apresentou alta correlação positiva e significativa (0,01) com as envergaduras NS e LO e com a produção de castanha (número e peso), correlação relativamente baixa porém significativa a 1% com o número de flores hermafroditas, correlação relativamente baixa, negativa e significativa a 1% com o número de panículas por metro quadrado. As correlações que apresentam valores significativos porém, de baixa magnitude, são explicadas pelo fato do parâmetro ser altamente influenciado pelos graus de liberdade do resíduo, sendo as mesmas desprezíveis no processo seletivo. Não se observou correlação significativa entre altura das plantas e flores masculinas por panícula.

TABELA 11- Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica (r_f) entre oito caracteres avaliados, para o conjunto de trinta clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, 1995.

	ENS	ELO	Nº Frutos	Peso Fruto	FM/P	FH/P	P/m ²
ALT	0,628**	0,570**	0,522**	0,601**	0,035	0,267**	-0,194**
ENS		0,828**	0,348**	0,443**	0,293**	0,321**	-0,049
ELO			0,359**	0,449**	0,269**	0,337**	-0,002
Nº Fruto				0,945**	-0,092	0,277**	-0,203**
Peso Fruto					-0,057	0,313**	-0,265**
FM/P						0,173**	0,351**
FH/P							0,076

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

onde: ALT - altura de planta

ENS - envergadura de planta no sentido norte-sul

ELO - envergadura de planta no sentido leste-oeste

Número de frutos

Peso de frutos

FM/P - número de flores masculinas por panículas

FH/P - número de flores hermafroditas por panículas

P/m² - número de panículas por m² de copa.

O número de castanhas apresentou alta correlação positiva e significativa(0,945**) com a produção de castanhas, nenhuma correlação com o número de flores masculinas por panícula, correlação relativamente baixa porém altamente significativa com o número de flores hermafroditas e correlação negativa e altamente significativa com o número de panículas por metro quadrado.

O peso da castanha apresentou correlação positiva altamente significativa com o número de flores hermafroditas, correlação negativa altamente significativa com o número de panículas por metro quadrado de copa.

Ambos os caracteres de produção (peso e número de castanhas) correlacionaram-se, ainda, positiva e significativamente, com a altura de planta e as envergaduras NS e LO. Estas observações enfatizam a importância da altura das plantas como fator determinante da produtividade de castanhas e sugerem que, para produtividade, é indiferente que a planta tenha maior desenvolvimento de copa no sentido NS ou LO. Isto se confirma pela alta correlação ($r=0,828$) entre ambas. Resultado semelhante foi obtido por AZEVEDO (1993), indicando que a seleção pode ser realizada tomando-se como dado de observação qualquer dos sentidos de crescimento vegetativo da planta.

Parece, ainda, importante mencionar que tanto o número como o peso de castanhas apresentam correlações negativas altamente significativas com o número de panículas por metro quadrado, sugerindo, assim, que uma abundante floração tem efeitos negativos sobre a produtividade de castanhas. Isto pode ser explicado pela correlação altamente significativa entre o número de panículas/m² de área de copa e

flores masculinas por panícula e a não observância de correlação significativa entre panículas/m² e flores hermafroditas responsáveis pela produção de frutos.

Correlações de altos valores fenotípicos foram detectados entre si para caracteres de vigor de planta, isto é, altura e envergadura de planta nos sentidos norte-sul e leste-oeste. Estes caracteres, especialmente a altura de planta mostraram-se bastante úteis em um processo de seleção do cajueiro pois estão diretamente ou indiretamente bem correlacionados com a produção.

Os coeficientes de variação genética, ambiental, fenotípica e amostral para todos os caracteres avaliados encontram-se na TABELA 12.

O coeficiente de variação genética variou nos quatro anos de produção de 20,18% a 29,49%, correspondentes ao terceiro e quarto ano, respectivamente. O caráter altura de planta apresentou estimativa elevada de coeficiente de variação genética (23,73%), bem como o número de flores hermafroditas por panícula (27,56%).

Com relação ao coeficiente de variação ambiental, as maiores estimativas ocorreram principalmente para o caráter produção, no primeiro e no terceiro ano de avaliação.

As maiores estimativas do coeficiente de variação amostral ocorreram para os caracteres produção e número de flores hermafroditas por panícula. Desta maneira, pode-se sugerir que para caracteres com maior plasticidade é recomendável maiores cuidados no momento de sua avaliação.

TABELA 12: Estimativa dos coeficientes de variação genética, ambiental, amostral e fenotípica, coeficiente de determinação genotípica (h^2) e índice “b”, para um conjunto de 30 clones de cajueiro anão precoce. Fortaleza, Ceará, 1995.

CARACTERES	COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (%)				h^2	“b”
	GENÉTICA	AMBIENTAL	FENOTÍPICA	AMOSTRAL		
Produção 91/92	21,0126	19,3941	60,7875	53,6419	0,1195	1,0834
Produção 92/93	22,2931	12,4968	49,8903	42,8473	0,1997	1,7839
Produção 93/94	20,1827	18,5371	51,8371	44,0014	0,1516	1,0888
Produção 94/95	29,4949	12,9554	47,4029	34,7743	0,3872	2,2766
Altura de Planta ¹	23,7332	6,3769	37,3683	28,1507	0,4034	3,7217
Envergadura N- S ¹	5,6417	2,4492	10,2125	8,1528	0,3052	2,3035
Envergadura L-O ¹	6,7711	3,2328	12,3674	9,8312	0,2998	2,0945
Nº Panícula/M ²	14,3296	5,5965	23,0742	17,1977	0,3857	2,5604
Nº Flores M/P ¹	3,3603	1,1504	5,2191	3,8240	0,4146	2,9209
Nº Flores H/P	27,5656	8,8588	49,9354	40,6842	0,3047	3,1117

¹ dados transformados

O coeficiente de determinação genotípica (h^2) no sentido amplo, estimado a nível de planta, para todos os caracteres estão apresentados também na TABELA 12. Note-se que este parâmetro corresponde à herdabilidade quando se trata de populações oriundas de reprodução sexuada. No caso de clones, diversos autores (VASCONCELOS, 1982; GONÇALVES et al, 1983) preferem aquela denominação para razão entre variância genética/variância fenotípica total.

Quanto à magnitude dos coeficientes de determinação genotípica para o caráter produção, nos quatro anos observados, verificou-se que variaram de 11,95% no primeiro ano a 38,72% no quarto ano de produção. Para este caráter foi observado também os menores valores para este parâmetro genético, estando nos três primeiros anos de produção igual ou menor a 19,97% .

As maiores estimativas de coeficiente de determinação genotípica, foram para as características altura de planta (40,34%) e número de flores masculinas por panícula (41,46%). Estes valores indicam que estes caracteres apresentam maior proporção da variabilidade genética disponível do que os demais caracteres avaliados.

Considerando-se que o coeficiente de determinação genotípica reflete o grau de correspondência entre o genótipo e o fenótipo, a seleção com base no comportamento fenotípico não será eficiente para os caracteres com baixa herdabilidade (FALCONER, 1987). Em decorrência, em um processo de seleção, é necessário avaliar-se um maior número de plantas do que nos casos dos caracteres com alta herdabilidade.

A partir dos resultados apresentados na TABELA 12, foi possível determinar-se os valores da razão \hat{CV}_G / \hat{CV}_E (índice "b"). Os maiores valores foram obtidos para os caracteres altura de planta e número de flores hermafroditas por panícula. Observou-se também que para maiores estimativas de "b", corresponderam a maiores coeficientes de determinação genotípica e menores estimativas do coeficiente de variação experimental. Isto sugere a existência de variabilidade genética no conjunto fixo de clones estudados, situação que pode ser aproveitada para trabalhos de seleção de melhores clones em relação a um certo caráter de interesse agrônômico e/ou econômico e que pomares formados com uma mistura desses clones terá diversidade genética suficiente para assegurar maior estabilidade(repetibilidade) de produção e garantir resistência a ataques de pragas e/ou moléstias a que, qualquer deles isoladamente se mostre particularmente vulnerável.

Segundo VENCOVSKY (1978), na experimentação com progênes de milho tem-se considerado situações favoráveis onde o índice "b" é maior ou igual a 1,0; sendo considerado valores baixos quando menores que 0,5; moderadamente altos entre 0,5 - 1,0 e alto quando for superior a 1,0.

5. CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos e discutidos neste trabalho, pode-se concluir que:

1) O grupo de clones analisado apresenta uma proporção considerável de variabilidade genética aproveitável para os programas de melhoramento genético e seleção de melhores clones para fins específicos.

2) A alta correlação entre altura e envergadura de planta demonstra haver certa regularidade no padrão de variação dos caracteres ao longo do crescimento da planta.

3) Por serem correlacionados os caracteres envergadura nos sentidos norte-sul e no sentido leste-oeste, a seleção para alterar o comprimento da envergadura na direção norte-sul, é suficiente para alterá-la na direção leste-oeste, praticamente na mesma proporção, podendo a envergadura de copa ser representada por apenas uma das medidas.

4) Os caracteres altura de planta e número de flores masculinas por panícula, podem ser indicados para a seleção fenotípica simples.

5) Aumentos no rendimento do cajueiro podem ser obtidos pelo incremento do peso médio da castanha nos clones onde se verifica bom desempenho quanto ao número de castanha, ou reciprocamente, através do aumento do número de castanha nos clones em que estes tem peso médio elevado.

6) É recomendável um maior período de avaliação de clone de cajueiro, para o caráter produção em razão da interação genótipo x tempo.

7) A variabilidade genética apresentada no conjunto fixo de clones estudados sugere que pomares formados com uma mistura desses clones terá diversidade genética suficiente para assegurar maior estabilidade de produção e possivelmente garantir maior resistência a ataques de pragas e/ou incidência de doenças.

8) Os métodos biométricos utilizados no trabalho mostraram-se eficientes na detecção de variação entre os tratamentos, onde de maneira geral, os clones avaliados apresentaram um elevado grau de variabilidade genética, caracterizando como potenciais germoplasma aproveitáveis nos programas de melhoramento genético do cajueiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. **Princípios do Melhoramento Genético das Plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971.381p.
- ARAÚJO, J.P.P.;SILVA,V.V. **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA/ CNPAT, 1995. 292p.
- ASCENSO, J.C. Inheritance and relationships among growth characters of young cacao **seedlings**.Estud. ens. Doc. Jnta. Invest. Ultramar 1963: n.105, p.89. In: Plant Breeding Abstract. v.36, n.1, p.102. jan, 1963.
- ASCENSO, J.C., MOTA, I. Studies on the Flower Morphology of Cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Agronomia Moçambicana**, Moçambique, v.27, p.277-288, 1957.
- AUCKLAND, A. K. The influence of seed quality on the early growth of cashew. **Trop. Agriculture**, Trin. v.38, n.1, p.57-67, 1961.
- AZEVEDO, D.M.P. **de.Estimativas de correlações genéticas e respostas correlacionadas entre caracteres de progênes de cajueiro**. Fortalezas: UFC, 1993.49p. (Dissertação de Mestrado).
- BAILEY, L.H. Manual of cultivated plants. New Yorks: I., 1964.
- BARROS, L. de M., ARAUJO, F.E. de, ALMEIDA , J.I.L., et al. **A cultura do cajueiro-anão**. Fortaleza: EPACE, 1984. 64p.

- BARROS, L. de M. Biologia floral, colheita e rendimento. In: LIMA, V. de P.M.S. **Cultura do Cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil/ Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, 1988. 486p. (Estudos Econômicos e Sociais, 35)
- BARROS, L. de M., PIMENTEL, C.R.M., CORREA, M.P.F., et al. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão-precoce**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1993. 65p.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3 ed. Fortaleza: ESAM, 1976. 540P.
- COPELAND, H. F. Observations on the reproductive structures of *Anacardium occidentale* L. **Phytomorphology**, Delhi, v.11,n.4,:p. 315-325, 1961.
- CRUZ, C.D., MIRANDA, J.E.C., COSTA, C.P. da. Correlações,efeitos diretos e indiretos de caracteres agronômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Genética**, v.11, n.4, p.921-928, 1988.
- CRUZ, C.D. , REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV/Impr. Univ.,1994. 390p.
- DAMODARAM, V.K., ABRAHAM, J. , ALEXANDER, K.M. The morphology and biology of the cashew flower (*Anacardium occidentale* L.):Anthesis, dehiscense, receptivity of stigma, polination, fruit set and fruit development. **Agric. Res. J. Kerala**, v.4, n.2, p.78-84, 1966.
- DAMODARAM, V.K., VILASSACHAN, Y., VALSALAKUMART, P.T. Research on cashew in India. **Technical Bulletin**, Kerala Agricultural University, p.10-35, 1979.

- DIAS, L.A. dos, KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em espécies arbóreas e consequências para o melhoramento florestal. **Agrotópica**, v.3, n.3, p.119-127, 1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Caju, Fortaleza, CE. 1991. 59p. (EMBRAPA. CNPCa. Documentos, 05).
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV. 1987. 279p.
- FALUYI, M.A. Genetic variability among nut yield traits and selection in cashew (*Anacardium occidentale* L.) Plant Breeding. **Zeitschrift für Pflanzenzuchtuna**, v.98, n.3, p.185-272. 1987.
- FISHER, R.A., YATES, F. Statistical tables for biological agricultural and medical research. New York: Holmer Publis. 1963. 163p.
- FONSECA, T.C. Estimação de parâmetros, visando a seleção de híbridos artificiais da amoreira (*Morus alba* L.), Piracicaba, SP, ESALQ, 1978. 51p. (Dissertação de Mestrado).
- FROTA, P.C.E. Clima e Fenologia. In : _ A Cultura do Cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza : Banco do Nordeste, 1988. p.63-80.
- GARCIA, J.R., NICOLELLA, G. Correlação entre algumas medidas dendrométricas, origens genéticas e produção de frutos em cacaueiros. **Revista Theobroma**, v.15, n.3, p.113-124, 1985.
- GLENDINNING, D.R. Further observations on the relationship between growth and yield in cocoa varieties. **Plant Breeding Abstracts**, v.36, n.3, p.591, jul. 1966.

- GIULLIANI, F. Anacardiocoltura. Florence : Inst. Agronom. per L'Oltremare, 1993.263p.
- GOLDENBERG, J.B. El empleo de la correlacion en el mejoramento genetico de las plantas. **Fitotecnia Latino Americana**. v.5, p.1-8, 1968.
- GONÇALVES, P. de S. , ROSSETTI, A. G. , VALOIS, A.C.C. , et al. Coeficiente de determinação genotípica e estimação de outros parâmetros em clones de seringueira. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.18, n.5, p. 527-532, maio,1983.
- GONÇALVES , P. de S., ROSSETTI, A.G., VALOIS, A.C.C., et al. Estimativas de correlações genéticas e fenotípicas de alguns caracteres quantitativos em clones jovens de seringueira. **Rev. Bras. Genet.**, v.7, n.1, p.95-107, 1984.
- GONÇALVES, P. de S., VASCONCELLOS, M.E. da C., VALOIS, A.C.C. Herdabilidade, correlações genéticas e fenotípicas de algumas características de clones jovens de seringueira. **Pesq. agropec. bras.**, v.15, n.2, p.129-136, 1980
- HAMRICK, J.L. The distribution of genetic variation within and among natural forest population. In: SCHONEWALD-COX, C.M., CHAMBERS, S.M., MacBRIDE, B., et al. (eds) **Genetics and conservation**. London: Benjamin Cummings. 1983. p.335-348.
- HORSFALL, J.G., BRANDOW, G.E., BROWN, W.L., et al. Genetic Vulnerability of Mayor Crops. National Academy of Sciences. Washington, D.C., U.S.A., 1971. 307p.
- JACOMINE, P.K.T., ALMEIDA, J.C., MEDEIROS, L.A.R. Levantamento exploratório- Reconhecimento de solo do Estado do Ceará. Recife: MA-Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 2v (Boletim Técnico, 28. Série Pedológica 16)

- MELO, F.I.O. Estatística Aplicada às Ciências Biológicas. v.III , Experimentação. Universidade Federal do Ceará. Departamento de Fitotecnia . Fortaleza, CE. 140f. (No prelo).
- MIRANDA FILHO, J.B. Princípios de experimentação e análise estatística. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ/USP. 1978, p.620-650.
- MITCHEL, J.D.; MORI, S.A. The cashew and its relatives (*Anacardium occidentale* L.). **Memor. of the New York Botanical Garden**, New York, v.42,p.1-76. June 1987.
- MORADA, E.K. Cashew culture. **Phillippine Journal of Agriculture**, v.12, n.1, p.89-106, 1941.
- MURTHY, K.N., VIJAYA KUMAR, K., PILLAI, R.S.N., et al. Flowering behavior and correlation studies in cashew. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CASHEW SYMPOSIUM, 1984. **Resumes...**
- NARAYANAN, R., GOMES, J.B., CHEN, K.T. Some structural factors and yield. **Journal Rubber Research Institute of Malaya**, v.23, n.3, p.285-297, 1973.
- NAMBIAR, M.C. Cashew. In: KOZLOWSKI, T.T. **Ecophysiology of tropical crops**. London: Academic Press, 1977. p.502.
- NORTHWOOD, P.J. Some observations on flowering and fruit setting in the cashew, (*Anacardium occidentale* L.) **Trop. Agric. (Trinidade)**, v.43, n.1, p.35-42, 1966.
- OHLER, J.G. **Cashew**. Amsterdam, Koningklijk Institute Voor de Tropen, Communication, v.71, 260p., 1979.

- PAIVA, J.R. **Estimativa de parâmetros genéticos em seringueira (*Hevea spp*) e perspectivas de melhoramento**. Piracicaba: SP, ESALQ, 1980. 92p. (Dissertação de Mestrado).
- PAIVA, J. R. de, GONÇALVES, P. de S., VALOIS, A.C.C. Avaliação preliminar do comportamento de novos clones de seringueira em Manaus. **Pesq. agropec. bras.**, v.18, n.2, p.147-158. 1983.
- PAULA, J.E. de, HERINGER, E.P. Estudo anatômico do fruto de *Anacardium euratellifolium* St. Hil. com vistas a sua forma e às bolsas olíferas. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v.9, n.34, p. 33-39, abr/jul., 1978.
- PEIXOTO, A. Caju. **Produtos Rurais**, Rio de Janeiro, v.13, p.1-61, 1960.
- QUISEN, R.C. **Variabilidade genética entre clones de seringueira (*Hevea spp*) obtidos de populações naturais em três estados da região amazônica**. Manaus: INPA/FUA, 1994. 65p. (Dissertação de Mestrado).
- RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B. dos, PINTO, C.B. **Genética na agropecuária**. São Paulo: Globo, 1990. 359p.
- RAMALHO, M. A.P., SANTOS, J.B. dos, ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas; aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora da UFG, 1993. 271p.
- RAO, V.N.M. Crop Improvement of cashew, Mimeo., p.128-134, Report of the all India summer Institute on Improvement and Management of Plantation Crops. 1974
- RAO, V.N.M., HASSAN, M.V. Variations in the seed characters of cashew, (*Anacardium occidentale* L.). **India J. Agric. Sci.** v.26, n.2, p.211-216, 1956.

- RAO, V.N.M., HASSAN, M.V. Preliminary Studies on the Floral Biology of Cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.27, p.277-88, 1957.
- RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO CAJU, 1987-88. Fortaleza. EMBRAPA-CNPCa, 1990. Relatório I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Caju.
- RIBEIRO, S.I., VENTORIM, N., PEREIRA, P., et al. Correlações entre nove caracteres de classes de seringueira nas condições de Porto Velho, RO. **Pesq. agrop. bras.** Brasília, v.19, n.10, p.1235-1245, out., 1984.
- ROBINSON, H. F., COCKERHAM, C.C. Estimacion y significado de los parâmetros genéticos. **Fitotecnia Latinoamericana.**, v.2, p.23-36, 1965.
- SANTOS, C. A. F., NASCIMENTO, C.E. de S. Relação entre alguns caracteres do umbuzeiro(*Spondias tuberosa* Arr. Câmara). EMBRAPA-CPATSA.(* ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE). Petrolina-PE, 1995.
- SIMMONDS, N.W. Principles of crop improvement. Edinburgh Schol of Agriculture. Longman. New York. 1979. 408p.
- SNEDECOR, G. W., COCHRAN, W.G. Statistical methods. The Iowa State University Press Ames, 1971.593p.
- SORIA, V.J., ESQUIVEL, O. Relationship between precocity, growth and yield in cacao. **Turrialba**, v.20, n.2, p.193-197, abr/jun., 1970.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics; with special reference to the biological sciences. New York: Graw Hill. 1960. 481p.

- TAN, H. Estimates of general combining ability in Hevea breeding at the Rubber Research Institute of Malaya, I; Phases II and IIIa. **Theoretical and Applied Genetics**, v.50, p.29-34, 1977.
- THOMPSON, A.E., RAY, D.T., LIVINGSTON, M., et al. Variability of rubber and plant growth characteristics among single plant selections from a diverse guayule breeding population. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.113, n.4, 1988.
- VALOIS, A.C.C., VASCONCELOS, M.E. da C., PINHEIRO, E., et al. Emprego de índice de seleção em seringueira. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, v.14, n.4, p.351-357, out., 1979a.
- VALOIS, A.C.C., CORREIA, M.P.F., VASCONCELOS, M.E. da C. Estudos de caracteres correlacionados com a produção de amêndoa seca no guaranazeiro. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, v.14, n.2, p.175-179, abr., 1979b.
- VASCONCELLOS, M.E. da C. **Análise do coeficiente de caminhamento ("path coefficient") e estimativa de parâmetros genéticos em clones de seringueira.** Piracicaba: ESALQ, 1982. 77p. (Dissertação de Mestrado).
- VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa.** Piracicaba: ESALQ/USP. 1977. 97p. Apostila.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil.** Campinas: Fund. Cargill. 1978. p.122-201.
- VENCOVSKY, R., BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: **Rev. Bras. Gen.** 1992. 496p.
- WAIT, A.J., JAMIESON, A.I. The cashew: its botany and cultivation. **Queensland Agricultural Journal**, v.12, n.5, p.253-257, Sept./Oct. 1986.