



CARLOS HUMBERTO AIRES MATOS FILHO

**DIVERSIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO EM POPULAÇÕES
DE CAJUEIRO COMUM**

TERESINA - PIAUÍ

2017

CARLOS HUMBERTO AIRES MATOS FILHO

DIVERSIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO EM POPULAÇÕES DE CAJUEIRO COMUM

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadora

Profa. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes

Coorientadora

Profa. Dra. Ângela Celis de Almeida Lopes

TERESINA - PIAUÍ

2017

M425d Matos Filho, Carlos Humberto Aires

Diversidade genética e seleção em populações de cajueiro comum / Carlos Humberto Aires Matos Filho – 2017.

89 f.: il.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Regina Lucia Ferreira Gomes

1. *Anacardium occidentale*. 2. Modelos mistos
3. Variabilidade genética I. Título

CDD 634.573

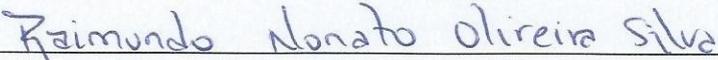
CARLOS HUMBERTO AIRES MATOS FILHO

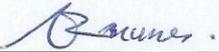
**DIVERSIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO EM POPULAÇÕES
DE CAJUEIRO COMUM**

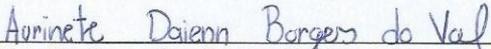
Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor em Agronomia com área de concentração em Produção Vegetal.

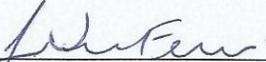
APROVADA em 26 de abril de 2017.

Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Raimundo Nonato Oliveira Silva – CAFS/UFPI


Prof. Dr. José Airton Rodrigues Nunes – UFLA


Prof^a. Dra. Aurinete Daienn Borges do Val – UESPI


Prof. Dr. Clemiton da Silva Ferreira – IFCE


Prof^a. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes – CCA/UFPI
(Orientadora)

TERESINA-PI

2017

Ao meu filho Carlos Neto, à minha esposa, Albaneia. À minha mãe, Lucimar e às minhas irmãs, Carolyne e Marcela.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que é a luz;

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, pela formação obtida;

À Prof^a. Dr^a. Regina Lucia Ferreira Gomes, pela amizade, dedicação, paciência e contribuição;

À Prof^a. Dr^a. Ângela Celis de Almeida Lopes, pela colaboração na redação do texto;

Ao Prof. Dr. José Airton Rodrigues Nunes, pela orientação na execução deste trabalho;

À equipe do Laboratório de Recursos Genéticos e Melhoramento da UFPI: Marilha Viera de Brito, Jéssica Daniele Lustosa da Silva, Antônia Maria de Cassia Batista de Sousa, Joelton Pires Messias e José Eduardo Vasconcelos de Carvalho Júnior, João Pedro Alves de Aquino, pela colaboração;

Aos colegas do Curso de Doutorado, pela convivência;

Ao amigo Raimundo Rodrigues de Brito, pela colaboração na coleta dos dados;

Aos produtores: José Raimundo (Ipiranga do Piauí), Daniel (Barro Duro) e José Leal (Piracuruca), por terem cedido suas áreas com populações de cajueiro para avaliação;

À minha família, pelo amor, carinho e apoio.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
LISTAS DE FIGURAS	xi
LISTAS DE TABELAS	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. Cajueiro comum.....	16
2.1.1. Taxonomia origem e dispersão	16
2.1.2. Importância econômica	18
2.1.3. Recursos genéticos.....	21
2.1.4. Melhoramento genético	23
2.2. Parâmetros genéticos e métodos estatísticos de análises	26
2.2.1. Repetibilidade.....	27
2.2.2. Correlação.....	27
2.2.3. Análise multivariada	29
2.2.4. Modelos mistos	30
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
4. CAPÍTULO I.....	37
Diversidade genética em população de cajueiro comum	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT	38
4.1. Introdução	38
4.2. Material e Métodos	40
4.3. Resultados e Discussão	42
4.4. Conclusões.....	52
Referências	52
5. CAPÍTULO II.....	56
Seleção de genótipos de cajueiro comum a partir de plantios comerciais em municípios do estado do Piauí	56
RESUMO.....	56
ABSTRACT	57
5.1. Introdução	57
5.2. Material e Métodos	59

5.3. Resultados e Discussão	63
5.4. Conclusões.....	78
Referências	78
ANEXOS	82
FIGURAS	89

RESUMO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) espécie adaptada e amplamente distribuída na região Nordeste do Brasil, que apresenta variabilidade genética nos plantios em regiões produtoras que deve ser descrita para fins de melhoramento. Assim, objetivou-se realizar caracterização agromorfológica, estimar parâmetros genéticos e diversidade genética em populações de cajueiro comum em plantios comerciais no estado do Piauí, visando selecionar indivíduos com potencial para aproveitamento em programas de melhoramento. Na população do município de Ipiranga, existe variabilidade genética para os caracteres estudados, sendo os genótipos 28, 4 e 43 os mais divergentes. A acidez titulável apresenta importante contribuição na dispersão dos genótipos, destacando-se 4 e 10, 35 e 36 por apresentarem baixa e alta magnitude, respectivamente. A seleção de genótipos com caracteres desejáveis de fruto, pseudofruto, amêndoa e sólidos solúveis totais (°Brix) pode ser eficiente, considerando a presença de variabilidade genética na população e o comportamento independente destes caracteres, com destaque para os genótipos 17, 26, 28 e 37. Os genótipos 10 e 28 destacam-se quanto ao peso total e espessura do pseudofruto, enquanto 7 e 24 pela produção de castanha e amêndoa. Com dez repetições temos o número de medidas necessárias para estabilidade fenotípica dos caracteres agromorfológicos estudados. No estudo realizado nos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, na predição dos valores genotípicos, utilizou-se a abordagem de modelos mistos. Verificou-se que existe variabilidade genética para os caracteres avaliados, entre as populações dos quatro ambientes, o que é fundamental para a prática de seleção. A seleção de genótipos com teores satisfatórios da relação sólidos solúveis totais/acidez titulável e caracteres desejáveis do fruto, pseudofruto e amêndoa, é viável, podendo também ser realizada seleção indireta por meio de descritores de fácil mensuração para caracteres muito influenciados pelo ambiente. Os genótipos indicados morfoagronômicos foram 115, 110, 92, 38, 108 e 103; para acidez titulável, os 31, 118 e 74; para sólidos solúveis totais, os genótipos 124 e 112; e para sólidos solúveis totais/acidez titulável, os genótipos 109 e 47.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, modelos mistos, variabilidade genética.

ABSTRACT

Cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) is an adapted and widely distributed species in the Northeast region of Brazil, which presents genetic variability in plantations of producing regions that should be described for breeding purposes. The aim of this study was to perform the agro-morphological characterization, to estimate genetic parameters and genetic diversity in common cashew populations in commercial plantations in the state of Piauí, in order to select individuals with potential for improvement in breeding programs. In the population of the municipality of Ipiranga, there is genetic variability for the studied traits, with the genotypes 28, 4 and 43 being the most divergent. The titratable acidity has an important contribution in the genotypes dispersion, with an emphasis on 4 and 10, 35 and 36, due to their low and high magnitude, respectively. The selection of genotypes with desirable characteristics of fruit, accessory fruit, almond and total soluble solids (°Brix) can be efficient, considering the presence of genetic variability in the population and the independent behavior of these characters, with emphasis on individuals 17, 26, 28 and 37. Genotypes 10 and 28 stand out in total weight and thickness of the accessory fruit, while 7 and 24 for the production of cashew nut and almond. With ten replicates we have the number of required measures for phenotypic stability of the agro-morphological characters studied. The mixed models approach was used when a study about the prediction of genotypic values was conducted in the municipalities of Piracuruca, Barro Duro, Teresina and Ipiranga do Piauí. It was verified that there is genetic variability for the characters evaluated, in the four environments populations, which is fundamental for the selection's execution. The selection of genotypes with satisfactory levels of total soluble solids / titratable acidity and desirable fruit, accessory fruit and almond characteristics is feasible. Indirect selection can also be performed through easily measured descriptors for characters that are strongly influenced by the environment. The genotypes indicated for selection based on the agro-morphological characters are 115, 110, 92, 38, 108 and 103; For titratable acidity, 31, 118 and 74; For the total soluble solids, 124 and 112; And for solid soluble solids / titratable acidity ratio, the genotypes 109 and 47.

Keywords: *Anacardium occidentale*, mixed models, genetic variability.

LISTAS DE FIGURAS

Referencial teórico

Figura 1 Produção de castanha de caju (t) nos estados do Brasil, ano de 2015. 19

Capítulo I

Figura 1 Mapas de localização e média histórica dos dados climatológicos para temperaturas média, mínima e máxima, precipitação e umidade relativa anual do município de Ipiranga do Piauí do estado do Piauí. 41

Figura 2 Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA com uso da distância euclidiana média com 43 genótipos de cajueiro comum avaliados em Ipiranga do Piauí, PI, 2014. 50

Figura 3 Biplot dos caracteres peso total (PT), peso de pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), Largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso da amêndoa (PA), comprimento da amêndoa (CA), largura da amêndoa (LA), espessura da amêndoa (EA), comprimento do pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC) avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí, PI, 2014. **Erro! Indicador não definido.**

Capítulo II

Figura 1 Mapas de localização e média histórica dos dados climatológicos para temperatura média, mínima e máxima, precipitação, umidade relativa anual dos municípios Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí do estado do Piauí. 61

Figura 2 Gráfico do ganho de seleção (%) em relação à média para os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, PI, 2015. 61

LISTAS DE TABELAS

Referencial teórico

Tabela 1 Produção mundial de castanha de caju nos anos de 2009 e 2013. 18

Capítulo I

Tabela 1 Médias, máximos, mínimos, desvios padrões e coeficientes de variação dos caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez titulável (AC), sólido solúvel total (SST) e relação sólidos solúveis totais/ acidez (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí – PI, 2014..... 43

Tabela 2 Estimativas do coeficiente de repetibilidade (r) e determinação (R^2) e número de medidas (n^0) a 95% de probabilidade pelo método de componentes principais, com matriz de correlação, entre os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí, PI, 2014. 45

Tabela 3 Estimativas das correlações entre os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP) peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez titulável (AC), sólido solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/ acidez (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí – PI, 2014 48

Tabela 4 Autovalores, autovetores, variância explicada e variância acumulada para os dois primeiros componentes principais dos caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/ acidez (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí – PI, 2014.48

Capítulo II

Tabela 1 Coordenadas geográficas, altitudes, número de plantas amostradas e classe textual do solo dos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí.60

Tabela 2 Variâncias genéticas (σ_g^2), herdabilidade (h^2) e acurácia seletiva ($r_{\hat{g}g}$), variância residual (σ_e^2) e média para os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, em Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, 2015.64

Tabela 3 Estimativas das correlações genéticas para os caracteres peso total (PT), peso do pseudofrutotal (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC) e sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais e acidez (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, em Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, 2015.68

Tabela 4 Comparação entre médias de locais, Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí para os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos

solúveis totais/acidez titulável (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, PI, 2015.69

Tabela 5 Distribuição, baseado nos valores genotípicos dos 15 primeiros genótipos, valor genético (VG) valor da média mais efeito genético (U+G), ganho, nova média e desempenho relativo (DR), para os caracteres peso total (PT), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC) avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, em Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, em 2015.73

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cajueiro (*A. occidentale*) pertence à família Anacardiaceae, que inclui mais de 700 espécies em 82 gêneros (PELL, 2004). Sua importância reside no valor econômico e nutritivo da amêndoa, principalmente no mercado externo, sendo este comércio gerador de divisas (BARROS et al., 1999).

Os maiores produtores de castanha de caju, em milhões de toneladas, são o Vietnã (1.110,8), Nigéria (950,0) e Índia (753,0). O Brasil, outrora principal produtor, ocupa atualmente a décima primeira posição, com 109,68 milhões de toneladas, destacando-se também na produção de pseudofruto, com 1.805,00 milhões de toneladas (FAO, 2016).

A cajucultura, embora adaptada às condições edafoclimáticas da região Nordeste do Brasil e geradora de divisas com importância nacional e regional, sofre com os baixos índices de produtividade devido a pomares velhos (GUANZIROLI et al., 2009). Além da idade dos pomares, a sua formação com material de cajueiro comum proveniente de sementes, possuindo alta variabilidade, também causa baixa rentabilidade. Todavia, a heterogeneidade existente nas populações, devido ao sistema de reprodução alogâmico em plantios de castanhas, pode ser explorada para seleção de indivíduos superiores (BARROS, 1988).

A utilização de materiais melhorados em novos plantios ou na renovação de pomares antigos de cajueiro aumenta a vulnerabilidade genética, que pode ser caracterizada pelo pequeno número de clones em cultivo e pela estreita base genética que os originou. Para melhorar os rendimentos na exploração da cultura e reduzir essa vulnerabilidade, é necessário ampliar a base genética dos clones recomendados para plantio, pela seleção e obtenção de novos genótipos, possibilitando a renovação e a substituição de pomares poucos produtivos (PAIVA et al., 2003; 2005). Para tanto, necessário se faz conhecer, quantificar e proteger os recursos genéticos do cajueiro.

O estudo dos recursos genéticos envolve o conhecimento da diversidade, visando elucidar relações genéticas, quantificar ou predizer o nível de variabilidade total existente e a sua distribuição entre e/ou dentro de unidades taxonômicas, quer elas sejam indivíduos, acessos de bancos de germoplasma, linhagens, cultivares, populações (com sistemas controlados de acasalamento ou naturais) e espécies. Este conhecimento tem proporcionado importantes contribuições ao melhoramento

genético, ao gerenciamento de bancos de germoplasma, à conservação de recursos genéticos e ao entendimento dos processos evolutivos das espécies (PESSONI, 2007).

Na seleção de um genótipo, espera-se que as expressões fenotípicas de suas características ou o seu desempenho sejam mantidos por toda sua vida. Neste sentido, alguns parâmetros genéticos têm grande utilidade para fins de melhoramento em plantas perenes, a exemplo dos componentes da variância fenotípica, coeficiente de repetibilidade e herdabilidade (CRUZ et al., 2004). Para estimação destes parâmetros e predição dos valores genéticos das plantas faz-se necessário a aplicação de métodos estatísticos apropriados.

A metodologia dos modelos mistos tem despertado o interesse no melhoramento e seleção em culturas perenes (florestais ou frutíferas), sendo cada vez mais utilizada pelos melhoristas. Tal método possui várias características vantajosas, pois permite a avaliação de elevado número de genótipos, pode ser aplicado a dados desbalanceados, considera as diversas medições no mesmo indivíduo ao longo do tempo, além de maximizar a acurácia da predição dos valores genéticos (ASSUNÇÃO, 2014).

Nesse sentido, objetivou-se determinar a diversidade genética em população de cajueiro comum, no município de Ipiranga do Piauí – PI e estimar parâmetros genéticos em populações nos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, no estado do Piauí, visando selecionar genótipos com potencial para aproveitamento em programas de melhoramento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cajueiro comum

2.1.1. Taxonomia, origem e dispersão

A posição sistemática do gênero *Anacardium*, de acordo com Bailey (1942), é: IV divisão - Spermatophyta, II sub-divisão - Angiospermae, I sub-classe - Archichlamidae, 39ª ordem - Sapindales, família - Anacardiaceae.

A família Anacardiaceae possui distribuição ampla, concentrando-se nos trópicos, e não sendo encontrada apenas em áreas de altas latitudes e em algumas

regiões áridas. É economicamente importante, apresentando mais de 700 espécies distribuídas em 82 gêneros, sendo subdividida em cinco tribos: Anacardieae, à qual pertence o gênero *Anacardium*; Spondiadeae, na qual se encontra o gênero *Spondias*, do cajá; Semecarpeae, que inclui a espécie indiana *Semecarpus anacardium*; Rhoeeae, tribo do gênero *Rhus*; e Dobineae (PELL, 2004).

O gênero *Anacardium* é composto por 21 espécies (LIMA, 1988), entre as quais, encontra-se *A. occidentale*, única espécie cultivada e a de maior distribuição no gênero. Quanto a esse número, há controvérsia, pois 21 (vinte e uma) espécies foram identificadas pela taxonomia clássica e 10 (dez), pela taxonomia numérica, segundo Johnson (1973) e Mitchell e Mori (1987).

Na espécie cultivada, ainda não foi possível estabelecer variedades, sendo distinguidos apenas os tipos comum ou anão precoce (BARROS; CRISÓSTOMO, 1995).

Com relação à origem do cajueiro, algumas hipóteses foram formuladas, principalmente após Lineu, em 1753, ter denominado a espécie de *A. occidentale*, por considerá-la nativa da América e da Ásia (MAGALHÃES, 1913, apud BARROS et al., 1999).

O centro de origem ou de diversidade do cajueiro é atribuído ao Brasil, e este fato é baseado em provas circunstanciais, como as suas denominações em vários idiomas. Conforme Lucena (2006), o nome original tupi “acaiuba” significa cajueiro e a palavra caju é oriunda do termo indígena acaiu, que, em tupi, quer dizer noz que se produz. Em outros idiomas de regiões nas quais a planta é cultivada, nomes como cajou, cajuil, cashew e cadju derivam do português. Tais nomes evidenciam a origem brasileira do cajueiro, que é aceita por quase todos os autores modernos que se dedicam ao seu estudo. Porém, é importante ressaltar que as teorias atuais sobre a origem do cajueiro continuam fundamentadas em provas circunstanciais (BARROS; CRISÓSTOMO, 1995).

Quanto à dispersão, *A. occidentale* tem a distribuição natural confundida com a dispersão por cultivo, uma vez que o principal centro de diversidade do gênero é a região amazônica, com um centro secundário nos cerrados, e o cajueiro pode ser encontrado em diversos ecossistemas do Norte e Nordeste do Brasil (MITCHELLI; MORI, 1987; LIMA, 1988).

Na região litorânea do Nordeste brasileiro, o cajueiro é encontrado mais abundantemente, onde medra em estado aparentemente espontâneo, sobretudo na

vegetação das praias e dunas, não suportando a concorrência com outras espécies, comportamento diferenciado das demais espécies do gênero, que em outros habitats, como o cerrado e a mata amazônica, convivem normalmente com espécies florestais locais. Não é encontrado espontaneamente nas matas das zonas de transição com a faixa litorânea, na região Nordeste (CRISÓSTOMO et al., 1999).

Com relação à domesticação, destaca-se o fato do cajueiro ser a única espécie do gênero em que o fruto chega a 30 g de peso. Nas demais espécies, não ultrapassa a 4 g, variando de 2 g a 3 g. Igual contraste no padrão de variação morfológica observa-se no pseudofruto, com o peso na espécie cultivada alcançando 500 g, enquanto nas demais espécies variam de 15 g a 20 g (CRISÓSTOMO et al., 1999).

2.1.2. Importância econômica

Dentre os países produtores de castanha de caju, destacam-se Vietnã, Nigéria, Índia e Costa do Marfim, nos anos de 2009 e 2013 (Tabela 1). O Brasil, quinto produtor em 2009, teve sua produção diminuída ao longo do tempo, passando para o décimo primeiro lugar em 2013, em uma cultura adaptada e considerada como originária da região, com ampla diversidade a ser explorada.

Tabela 1 Produção mundial de castanha de caju, nos anos de 2009 e 2013.

2009		2013	
País	Produção(t)	País	Produção(t)
Vietnã	1.165.600	Vietnã	1.110.800
Nigéria	800.000	Nigéria	950.000
Índia	695.000	Índia	753.000
Costa do Marfim	350.000	Costa do Marfim	450.000
Brasil	220.505	Benin	180.000
Indonésia	147.403	Filipinas	146.289
Guiné-Bissau	123.000	Guiné-Bissau	138.195
Benin	117.000	Tanzânia	127.947
Filipinas	111.993	Indonésia	117.400
Tanzânia	79.100	Burkina Faso	115.000
Moçambique	64.000	Brasil	109.679
Tailândia	38.184	Moçambique	65.000

Fonte: FAO (2016)

A castanha de caju é a única *commodity* da cultura, relacionado entres os produtos exportados pelo Brasil, ocupando 149º no ordenamento financeiro, em 2016, gerando cabedal de aproximadamente 130 milhões de US\$ (MDIC, 2016).

A cajucultura é geradora de divisas ao país, porém sofre com baixos índices de produtividade, sendo atualmente menos de 142 kg de castanha por hectare (IBGE, 2017). Segundo Guanzirolí et al. (2009), a baixa produtividade da cultura se deve a pomares com quase 30 anos em produção, que apresentaram um pequeno acréscimo de rendimento médio, passando de 250 kg/ha em 1995, para 350 kg/ha em 2006, com a adoção de novas tecnologias, incluindo plantios de clones melhorados de cajueiro anão precoce.

No Brasil, a produção de castanha, o principal produto do cajueiro, é concentrada na região Nordeste, sendo registradas pequenas contribuições de produções nas regiões Norte e Centro-oeste. Os principais estados produtores são: Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (IBGE, 2017) (Figura 1).

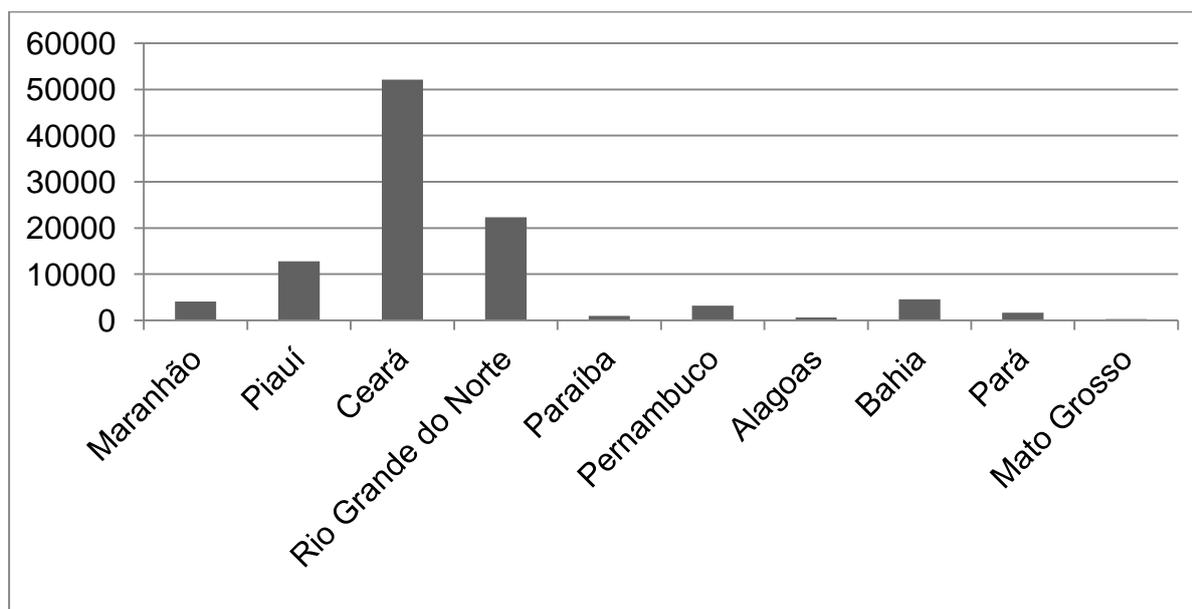


Figura 1 Produção de castanha de caju (t) nos estados do Brasil, ano de 2015. Fonte: IBGE (2017).

Comparando o Brasil com seus principais concorrentes internacionais, quanto à produção de caju, verifica-se no campo, o crescimento da utilização do cajueiro anão precoce, mais produtivo, por exemplo, na Índia e Vietnã, enquanto no Brasil, a adoção destes clones melhorados ainda é muito pequena. Outro aspecto é o modelo com automação tradicional utilizado no Brasil, para o processamento da castanha,

que apresenta baixo índice de amêndoas inteiras. Além disso, no país ocorre concentração de beneficiadores da amêndoa, e nos concorrentes há a pulverização em um grande número de processadores, que resultam em produção maior, significando mais uma desvantagem para o modelo brasileiro de produção agroindustrial (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

A produção da cajucultura é importante fonte de recursos para produtores rurais do nordeste brasileiro, por ser uma alternativa de produção no período seco da região. O modelo de beneficiamento dessa produção é baseado em diversas fábricas de corte manual, gerando aproximadamente 26 mil empregos em toda região e com capacidade de beneficiamento de 20 mil toneladas de castanha por ano; e 23 indústrias com corte mecanizado, localizados nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (PAIVA; SILVA NETO, 2004). A concentração da indústria de processamento de castanha ocorre no estado do Ceará, que detém cerca de 70% da capacidade instalada do Nordeste, empregando cerca de 20 mil trabalhadores e gerando 280 mil empregos no campo (MAZZETTO; LOMONACO; MELE, 2009).

O cajueiro possui inúmeros produtos que podem ser explorados, além da amêndoa, como o líquido de castanha de caju (LCC), que provém do mesocarpo alveolado do fruto do cajueiro, e é um líquido escuro quase preto, cáustico e inflamável, conhecido internacionalmente como *Cashew Nut Shell Liquid* (CNSL). O LCC pode ser matéria-prima básica para a fabricação de vernizes, tintas, plásticos, lubrificantes e inseticidas. As possibilidades de exploração desta matéria-prima são muitas, porém concentradas em segmentos de baixo valor agregado. O parque industrial instalado no Brasil para aproveitamento do LCC tem capacidade de processamento aproximado de 360 mil toneladas ano de castanha, gerando 70 mil toneladas de amêndoas e 45 mil toneladas de LCC por ano (PAIVA; SILVA NETO, 2004; MAZZETTO; LOMONACO; MELE, 2009).

Outro produto é a goma do cajueiro, que produz uma cola de madeira quando misturada com água, com grande utilização na encadernação de livros. Apresenta ação fungicida e inseticida e existe a possibilidade de ser matéria prima de tinta e vernizes. Esta goma é obtida da exsudação natural ou através de incisões efetuadas nos troncos e ramos da planta. Além desse, existe também o tanino, que é obtido da película da amêndoa, sendo utilizado com grande aplicação na indústria química. (PAIVA; SILVA NETO, 2004).

O aproveitamento do pedúnculo apresenta uma gama imensa de possibilidades de produtos, que vão desde o consumo *in natura* até produtos industrializados e mais sofisticados, como por exemplo: suco integral, néctar ou suco, refrigerante, licor, vinho, espumante, vinagre, xarope, álcool, polpa congelada, compota, doce em massa, doce em calda, doce cristalizado, caju ameixa e cajuína (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

O Brasil é o único país do mundo que possui tecnologia, experiência e hábito de consumo do pedúnculo, nas suas diferentes formas, o que é uma oportunidade de comércio interno e um desafio na busca de novos mercados, tanto interna como externamente (RAMOS et al., 1996). Em peso, o caju é composto por 10% de castanha e 90% de pedúnculo. Destas duas partes, o pedúnculo apresenta a menor percentagem de industrialização e menor aproveitamento. Contudo, o crescimento do consumo de pedúnculo como fruta de mesa vem aumentando consideravelmente a cada safra. Isto ocorreu devido principalmente ao desenvolvimento dos clones de cajueiro-anão precoce que, pelo baixo porte, permitem a colheita manual com maior aproveitamento e redução de perdas e abertura de novos mercados (MOURA et al., 2001).

2.1.3. Recursos genéticos

A biodiversidade é representada por todas as espécies de plantas, animais, microrganismos, em interação com os ecossistemas e os processos ecológicos dos quais essas espécies fazem parte, podendo ser considerada em três níveis: diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas. A diversidade genética é a soma total da informação genética contida nos genes e os recursos genéticos a manifestação física da biodiversidade, ou seja, os organismos que são cruciais ao bem-estar da humanidade, no presente ou futuro (GOEDERT, 2007).

Os recursos genéticos vegetais devem conter plantas portadoras de genes de grande importância ao melhoramento genético das respectivas espécies e podem ser informativos das ameaças de extinção destes indivíduos por várias causas, dependendo da espécie. A conservação e o conhecimento da diversidade nas espécies é importante, especialmente naquelas com pequena variabilidade genética existente nos genótipos cultivados, como é o caso das cucurbitáceas, melão,

melancia e abóbora, nas quais poucos genótipos são cultivados no Brasil. Situação semelhante ocorre com as cultivares de mangueira, Tomy Atkins e Haden, que representam a maior parte da área cultivada no país (QUEIROZ, 1999).

As pesquisas com recursos genéticos e melhoramento vegetal, tem sido uma das atividades de inovação mais relevantes para o país, e de sua prática vem os principais ganhos significativos, qualitativos e quantitativos, alcançados em várias culturas da agricultura brasileira, nas últimas décadas. Alguns exemplos dessas culturas são milho, soja e feijão. O melhoramento genético é dependente da amplitude da base genética disponível, que é influenciada pelos recursos genéticos úteis, na forma de materiais coletados e caracterizados, mantidos nos bancos de germoplasma (QUEIROZ; LOPES, 2007).

O cajueiro é uma planta perene, de porte médio e ramificação baixa, variando de compacta a esparsa, sendo que, nas áreas costeiras, a copa é normalmente espreada em razão dos ventos. O porte pode ser influenciado pelo genótipo e pelas condições ambientais, chegando a atingir mais de 15 m, em condições favoráveis ao crescimento (VIDAL NETO et al., 2013). O caju é dividido em duas partes: o fruto, conhecido popularmente como castanha, e o pseudofruto, chamado tecnicamente pedúnculo floral, que é a parte vendida como fruta (LIMA, 1988; LUCENA, 2006).

Esta espécie é perene e alógama, propagada naturalmente por sementes. A conservação dos recursos genéticos desta espécie visa manter a máxima variabilidade genética, o que torna necessário determinar a heterogeneidade genética entre e dentro de populações, de modo que uma amostra representativa da variabilidade seja mantida com menor custo possível. Esta divergência é altamente importante no auxílio a programas de melhoramento. Assim, a proposta para a manutenção dos recursos genéticos do cajueiro, em coleção base e/ou coleção ativa, inclui a realização de atividades de coleta, avaliação, caracterização e documentação (BARROS et al., 1999).

O banco de germoplasma de cajueiro é localizado na Embrapa Agroindústria Tropical no Campo Experimental de Pacajus, localizado no Município de mesmo nome. A coleção de germoplasma de caju consta de 565 da espécie cultivada *A. occidentale* e 56 de outras espécies do gênero, como *A. microcarpum* Ducke, *A. othonianum* Rizz, *A. humile* e *Anacardium* sp, totalizando 621 acessos (PAIVA et al., 2003).

Na década de 1940, tiveram início introduções de plantas no campo experimental de Pacajus, CE, oriundas de populações naturais existentes na região litorânea. Na década de 1960 ocorreu expansão baseada em plantio direto de sementes de indivíduos selecionados para produção de castanha em plantas individuais. Nas décadas de 1970 e 1980 foram lançados os clones tipo anão precoce (CCP 76, 09 e 1001) que eram originários de um pequeno número de plantas introduzidas nos campos experimentais (CRISÓSTOMO et al., 1999).

A estreita base genética do cajueiro tem origem na utilização de materiais melhorados, os clones de cajueiro anão-precoce, em novos plantios ou na renovação de pomares antigos, tendo em vista que são caracterizados pelo pequeno número de clones em cultivo, que por sua vez são originários de uma base genética estreita. Portanto, é certo que existe perda de variabilidade genética na substituição destes pomares, o que vem ocorrendo gradativamente, principalmente devido ao pouco interesse em conservar clones que não apresentem características desejáveis. Por isso, é necessário ampliar a base genética dos clones e uma das estratégias tem sido introduzir novos genótipos selecionados em plantios feitos por sementes (CRISÓSTOMO et al., 1999; BARROS et al., 1999; PAIVA et al., 2003 e 2005).

2.1.4. Melhoramento genético

O melhoramento de plantas é definido como “a arte e a ciência que visam modificações genéticas nas plantas para torná-las mais úteis ao homem”. Esta prática começou quando agricultores iniciaram a seleção de plantas mais desejáveis, há vários anos atrás e nos dias atuais permanece de forma mais elaborada e fundamentada em várias áreas do conhecimento como a genética, fisiologia, estatística, botânica, bioquímica e agronomia (BORÉM, 2009).

O principal objetivo do melhoramento de plantas é o aumento da produção, conseguido com o desenvolvimento de novas variedades mais produtivas. O desenvolvimento de variedades melhoradas para novas áreas agrícolas é um outro objetivo do melhoramento, que pode ser alcançado, por exemplo, com o ajuste do ciclo de crescimento de variedades para melhor adaptação climática. Uma outra contribuição consiste no melhoramento de plantas com relação a caracteres

agronômicos, e uma das mais importantes contribuições é o desenvolvimento de variedades resistentes a doenças e insetos (ALLARD, 1971).

O melhoramento de espécies perenes, como as florestais e frutíferas, apresentam várias particularidades, o que torna o processo de melhoramento bastante diferenciado das culturais anuais. Nas perenes, encontra-se sobreposição geográfica, ciclo reprodutivo longo, modo de reprodução assexuada ou sexuada, expressão dos caracteres ao longo das várias idades. Como consequência, tem-se que o material selecionado será utilizado para produção por vários anos, fato que determina muito rigor e precisão (RESENDE, 2001).

Devido ao sistema reprodutivo alogâmico, há um alto nível de heterogeneidade nas populações de cajueiro (BARROS, 1988), e como a propagação é naturalmente por reprodução sexuada, não sendo relatados autoincompatibilidade na espécie, é assegurada a preservação da diversidade. Como consequência deste modo de reprodução, apresenta depressão por endogamia, ou seja, perda de vigor causada pela homozigose, que trazem graves consequências para a produção comercial da planta, principalmente quando os pomares são oriundos de sementes, o que acarreta irregularidade no porte, na precocidade das plantas e na produção de frutos, com forma, cor, textura, tamanho e sabores diversos (CAVALCANTI et al., 1999).

O interesse do melhoramento pelo cajueiro comum restringe-se ao fato da existência de muita variabilidade genética para os caracteres relacionados à produção de castanha e pseudofruto, disponível nos plantios comerciais implantados por sementes.

O melhoramento genético do cajueiro visa ao atendimento das demandas da cadeia produtiva, por meio do desenvolvimento e disponibilização de cultivares. Para atingir os objetivos desejáveis, é necessário o conhecimento das características de importância econômica, que subsidiarão a definição dos critérios de seleção. Tais características relacionadas à planta são: produção por planta, precocidade, porte e arquitetura da planta, período de frutificação, resistência e tolerância à restrição hídrica, resistência a pragas e doenças; e ao fruto, qualidade da amêndoa e pedúnculo (VIDAL NETO et al., 2013).

Os programas de melhoramento genético do cajueiro têm como meta alcançar os seguintes objetivos: selecionar plantas com tolerância ou resistência às principais pragas e doenças, adaptabilidade a diferentes ambientes, porte adequado

à colheita, produtividade de castanha superior a 1300 kg/ha, castanhas com peso médio superior a 10 g, resistência a formação de "bandas", facilidade na despeliculagem da amêndoa e coloração dentro dos padrões internacionais (CRISÓSTOMO et al., 1999).

De acordo com Vidal Neto et al. (2013), o objetivo de muitos programas de melhoramento genético, em cajueiro, remete a seleção de cultivares com alto potencial produtivo, características agronômicas superiores (porte, precocidade, resistência a pragas e doenças, e qualidades nutricionais e industriais), adaptabilidade a diferentes ambientes e estabilidade de produção. Estes caracteres devem estar alinhados às demandas da cultura. Os objetivos dos programas de melhoramento de cajueiro visam o aproveitamento da amêndoa e do pedúnculo, destinado principalmente à indústria de processamento de suco para o consumo *in natura*, que se encontra em crescimento nos principais mercados do País.

Nesse contexto, a seleção deve ser orientada para plantas com boa retenção de frutos, porte baixo e colheita manual. Pedúnculo com características de coloração, sabor, textura, maior período de conservação, consistência da polpa e teor de tanino adequados às preferências do consumidor. Castanha com facilidade de destaque do pedúnculo, rendimento maior de 25% de amêndoa (VIDAL NETO et al., 2013).

Em espécies com propagação assexuada, como o caju, os procedimentos mais comuns adotados para o melhoramento são, introdução de plantas, seleção clonal e hibridação. Todavia pode ser utilizado indução de mutação ou de poliploidia e cultura de tecidos (CRISÓSTOMO et al., 1999).

O programa de melhoramento do cajueiro possui diversas estratégias, como já mencionado. Porém, novas estratégias vêm sendo propostas, como a "seleção precoce intensiva" e sua viabilidade e aplicação em relação ao método convencional de melhoramento, por Cavalcanti et al. (2010). O método consiste no adensamento de plantas, com número quatro vezes ao normal, e seleção precoce para caracteres de alta herdabilidade nos dois primeiros anos de idade da planta.

Além do objetivo de aumentar o ganho genético, existem outras preocupações nos programas de melhoramento do cajueiro, como a limitação, manutenção de áreas experimentais e adaptabilidade dos clones às diversas condições de plantio, como às condições de clima e solo. Neste sentido, Paiva et al. (2005) realizou experimentos em áreas de produtores, para selecionar clones de

cajueiro no município de Aracati - CE. O estudo foi focado na produção de castanha e na conformação da copa da planta.

Estudando a interação entre genótipos e ambientes, com auxílio da metodologia dos modelos mistos, para identificar clones de cajueiro anão precoce que reúnam simultaneamente, alta produtividade, adaptabilidade e estabilidade, Maia et al. (2009) observaram em diferentes ambientes alterações no ordenamento dos indivíduos, em conformidade com as correlações genéticas, entre ambientes, e a alta variância da interação genótipo x ambiente, demonstrando a dificuldade da seleção de genótipos com ampla adaptabilidade. A herdabilidade foi de moderada a alta, com boa acurácia seletiva, possibilitando seleção.

O sucesso no cultivo do cajueiro, nos diferentes ecossistemas, depende da definição do sistema de produção, razão pela qual cabe ao melhoramento genético o papel de viabilizar economicamente a cultura, gerando clones que apresentem qualidade para atender as demandas das indústrias e produtividade adequada que renumere o setor produtivo.

As agroindústrias de castanha representam um importante elo com o segmento da produção, principalmente pelos avanços tecnológicos obtidos pela pesquisa e experimentação, com a obtenção de clones com maior produtividade e adaptação às regiões produtoras, tendo uma participação importante no sucesso do empreendimento e na agregação de valor para a matéria-prima, gerando empregos no campo e renda para o produtor de castanha (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL 2010).

2.2. Parâmetros genéticos e métodos estatísticos de análises

2.2.1 Repetibilidade

O conceito de repetibilidade é dado como uma correlação existente entre medidas de um caráter, de um mesmo indivíduo, com avaliações realizadas no tempo ou no espaço. Na seleção de um genótipo, espera-se que suas características ou o seu desempenho sejam mantidos por toda a vida, e tal expectativa pode ser confirmada pela determinação do coeficiente de repetibilidade da característica desejada (CRUZ et al., 2004).

A importância do valor da repetibilidade está em permitir avaliar o ganho de precisão com a realização de várias medidas, pois o aumento do número de medidas reduzirá o valor da variância ambiental e a redução da variância fenotípica representará ganho em precisão. Quando a repetibilidade for alta, o aumento no número de medições proporcionará pequenos acréscimos de precisão, mas se baixa, as medidas múltiplas poderão conduzir a um ganho de precisão. Para valores medianos, raramente é vantajoso aumentar o número de medidas para aumentar a precisão (FALCONER, 1981; CRUZ et al., 2004).

Em trabalho com cajazeira, utilizando os métodos de análise de variância, componentes principais e análise estrutural, Soares et al. (2008) observaram que os resultados obtidos apresentaram-se bastante próximos. Contudo, os valores de repetibilidade foram ligeiramente inferiores quando calculados pelo método da análise de variância e mais elevados, pelo método dos componentes principais.

Os diferentes métodos podem também aferir valores semelhantes para repetibilidade, como exemplifica Danner et al. (2010b), que não observaram diferenças nos coeficientes de repetibilidade entre os métodos utilizados para o peso de fruto e a duração do ciclo em ameixeira e pessegueiro.

A metodologia da análise de componentes principais, com uso da matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas ou de correlação, tem se mostrado eficiente para a estimação do coeficiente de repetibilidade, com valores do coeficiente de determinação altos, validando as estimativas com boas acurarias em diversos trabalhos com plantas frutícolas. Silva Negreiros et al. (2008), trabalhando com laranjeiras-doces, predisseram um número de cinco medidas, com 90% de acurácia, para peso médio de frutos. Danner et al. (2010a), para araçazeiro e pitangueira, verificaram que uma avaliação é suficiente para predizer o valor peso de fruto. Cavalcanti et al. (2000) também constataram a eficiência deste método na estimação de coeficientes de repetibilidade para caracteres de produção e porte da planta, sendo viável sua utilização no melhoramento do cajueiro-anão precoce.

2.2.2 Correlação

A correlação reflete o grau de associação entre dois caracteres. Seu conhecimento é importante porque possibilita ao melhorista saber como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros caracteres, e também porque nos

programas de melhoramento, geralmente, além de melhoria de um caráter principal, busca-se o aprimoramento de outros caracteres da planta (CRUZ et al., 2004).

Em cajuí, Borges (2015) observou forte relação entre os caracteres de castanha e pseudofruto, estando estes correlacionados positivamente. O mesmo efeito positivo de correlação fenotípica foi encontrado para os descritores de inflorescências, entre altura da planta e diâmetro da copa, e entre sólidos solúveis totais e a relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável.

Avaliando correlações fenotípicas no cajueiro, em atributos como altura da planta, ramos primários e secundários, envergadura da copa, diâmetro do caule e relação altura da planta/diâmetro do caule, Tavares et al. (2011) relataram que a maioria das relação entre os caracteres foram positivas e significativas. A estimativa de correlação na cultura proporcionou a descrição da ligação negativa do diâmetro do caule com a relação altura da planta/diâmetro do caule (AP/DC). Portanto, à medida que há o crescimento do caule (aumento do diâmetro da planta), proporcionalmente ocorre à diminuição desta relação (AP/DC).

Diversos autores ressaltam a importância de correlações de alta magnitude na análise multivariada de componentes principais. A retenção da variação em poucos componentes principais só é possível quando as variáveis originais têm correlações fortes (MANLY, 2008). Na análise de componentes principais e da quantificação da diversidade genética em cajuí, usando 18 descritores morfoagronômicos e químicos, Borges (2015) constatou que a validação da análise multivariada é feita pelas altas correlações fenotípicas.

2.2.3 Análise Multivariada

As inúmeras variáveis estimadas, das unidades amostrais ou experimentais, possuem um relacionamento, que devem ser exploradas. A análise univariada desconsidera estes efeitos, enquanto a fascinante estatística multivariada ajuda a observar, analisar e estudar as respostas de forma simultânea (FERREIRA, 2008).

O método multivariado mais simples é a análise de componentes principais, técnica que foi inicialmente desenvolvida por Karl Pearson e depois aperfeiçoada por Hotelling. O objetivo principal desta técnica é ter “n” variáveis aleatórias (X) e encontrar combinações, componentes principais (Z), que não sejam correlacionados e que retenham a variância total dos dados (MANLY, 2008).

A análise de componentes principais pode servir para classificação da importância, e ou para o descarte de variáveis, sendo feita a discriminação pelos escores dos caracteres nos autovetores. Em trabalho realizado com esta técnica, utilizando descritores fenotípicos de *A. humile*, Santos e Santos Júnior (2015) consideraram de maior importância a variável comprimento de pedúnculo e a de menor, o peso do pedúnculo. Deste modo, a primeira contribui para a divergência enquanto a segunda foi sugerida para o descarte.

As técnicas multivariadas vêm ajudando na avaliação da diversidade genética. Rabbani et al. (2012), estudando oito clones de cajueiros comerciais por meio de marcadores RAPD, oriundos do Banco de Germoplasma da Embrapa Agroindústria Tropical (EMBRAPA-CNPAT) e utilizando a análise de agrupamento pelo método UPGMA, observaram a formação de quatro grupos, sendo os clones CCP 06 e Embrapa 51 os mais distantes. A formação de aglomerados, tanto pelo método de agrupamento UPGMA, quanto pela análise de coordenadas principais (ACoP), foi possível, em função da similaridade genética e morfológica dos clones comerciais. Pelos resultados é possível verificar a eficiência dos marcadores RAPD e dos métodos multivariados usados para quantificar a variabilidade genética.

Em estudo utilizando o agrupamento baseado na distância de Gower, para medir a divergência genética entre 20 variedades de cajueiro, SAMAL et al. (2003) trabalharam com caracteres morfométricos, como: padrão de ramificação, florescimento, razão sexual entre flores na panícula e produção de castanha, em três anos consecutivos. No dendrograma gerado pelo método da ligação média, UPGMA, houve a formação de quatro grupos distintos, sendo o maior grupo formado por 12 genótipos, enquanto dois tiveram apenas um representante. Já Frota Júnior et al. (2014), observaram a formação de 11 grupos pela análise de agrupamento, com a formação do dendrograma baseado no método UPGMA, em cinquenta progênies avaliadas. Pelas análises, há variabilidade genética na população em estudo, que pode ser explorada em programa de melhoramento genético por meio da seleção de genitores para formar combinações híbridas desejáveis para a obtenção de genótipos superiores.

2.2.4 Modelos mistos

A seleção é um problema puramente estatístico, pois o objetivo é selecionar uma parte da população. Essa fração selecionada pode ser identificada pelos seus valores genéticos que seguem uma distribuição de probabilidade. Neste contexto, podem ser mencionados três momentos ou tipos de seleção estudados. No modelo I, os candidatos à seleção são de efeitos fixos, sendo os tratamentos representados por amostra aleatória de cada tratamento. No modelo II, os candidatos são variáveis aleatórias, considerados no melhoramento associado a índices de seleção e informações de parentesco. O modelo III ou modelo misto de seleção foi desenvolvido Henderson em 1973, e é baseado na seleção de candidatos considerados variáveis aleatórias, sendo o mérito julgado considerando a média da população mais o valor predito da variável, dependendo também dos efeitos fixos desconhecidos (RESENDE, 2007).

As peculiaridades em experimentos agrônômicos, especialmente a redução na sobrevivência em espécies perenes como o cafeeiro, tendem a gerar dados desbalanceados para a predição dos valores genéticos dos indivíduos. Assim, tem-se a necessidade de utilizar métodos especiais que substituam os métodos tradicionais de estimação baseados na análise de variância (RESENDE et al., 2001).

Os experimentos são feitos para inferir sobre os valores genéticos e para a ordenação dos genótipos com base nesses valores. Os efeitos de erros (bloco, parcela e erro aleatório) estão embutidos na média fenotípica, sendo assim a apresentação destas médias não é recomendável. Para aferição da qualidade da predição do valor genotípico do material é utilizado a acurácia seletiva ($r_{\hat{g}g}$), que se refere à correlação entre estes valores genotípicos preditos e verdadeiros (RESENDE, 2007).

Os modelos mistos podem retirar os efeitos prejudiciais da abordagem tradicional, sendo estes, normalmente considerados por muitos pesquisadores como mínimos, assim, não recompensáveis os esforços para adoção da metodologia. Em muitos casos, a ordenação dos genótipos não se altera no caso de ensaios que seguem delineamentos ortogonais e balanceados. Com isso, a estimação de médias em modelo fixo, quando na verdade o modelo é misto, não modificaria o resultado final da seleção (DUARTE; VENCOSKY, 2001).

A difusão e a utilização da metodologia do método da máxima verossimilhança restrita e da melhor predição linear não viciada (REML/BLUP) vem ocorrendo paulatinamente. Assunção (2014) relata que sua utilização é frequente em plantas perenes, sendo utilizada principalmente em plantas frutíferas e florestais como açazeiro, cacauzeiro, eucalipto e pinus. Porém, o mesmo autor informa que esta metodologia REML/BLUP vem sendo empregado em plantas como cana-de-açúcar e até mesmo em culturas anuais como arroz, feijão e milho, obtendo ganhos satisfatórios por seleção.

O destaque do método REML/BLUP vem da flexibilidade para a estimação dos parâmetros genéticos, apresentando vantagem como: aplicação a dados desbalanceados, utilização de informação de gerações e anos, menos exigência quanto à estruturação da experimentação (RESENDE; DIAS, 2000).

O método de estimação de componentes de variância e predição de componentes de média (REML/BLUP) permite a seleção de indivíduos com os maiores valores genéticos, sendo plausível sua utilização para seleção. O uso dos valores genéticos preditos pelo procedimento, em espécies vegetais perenes, é uma boa maneira de selecionar plantas destas espécies. Esses processamentos estatísticos genéticos mais acurados têm crescido no melhoramento, pois, ainda fornecem parâmetros genéticos na identificação de indivíduos selecionáveis (SILVA et al., 2012).

O procedimento BLUP para ser utilizado, precisa-se definir duas questões bastante discutidas na literatura, que são: a natureza do efeito de genótipos no modelo estatístico e a definição sobre estimação ou predição. Para a natureza dos efeitos, o termo estimação é usado para efeitos fixos e predição para efeitos aleatórios. Resende (2002) faz referência a nomenclatura usada (estimação ou predição), relatando que a discussão sobre os termos utilizados não modifica o método estatístico e Nunes (2006) enfatiza que no melhoramento vegetal a busca é cotidiana para mérito genético dos indivíduos para a seleção.

A utilização de modelos mistos para seleção ou predição de parâmetros genéticos já é realizada com sucesso em plantas perenes como eucaliptos, café, leucena e frutíferas. Porém, em plantas anuais, ainda são esporádicos o uso desta teoria, especialmente no Brasil. Alguns entraves podem ser elencados como, dificuldades de cálculos e modelagem e pela necessidade de recursos

computacionais. Porém, essa realidade vem mudando com desenvolvimento de *softwares* de programação em programas estatísticos (BORGES et al., 2010).

Valores genotípicos devem ser os preferíveis pelos melhoristas, pois são estes os verdadeiros valores a serem preditos. Valores de nova média são as predições feitas pelo BLUP para os cultivos comerciais, ou seja, nos cultivos comerciais os clones deverão produzir, em média, tais valores (BORGES et al., 2010). Utilizando os valores genéticos para seleção de clones de cajueiro anão precoce, Silva et al. (2012; 2013) relatam a concordância de 60 a 80% na ordenação dos genótipos selecionados para os caracteres diâmetro da copa e altura de planta.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo, SP. Edgard Blücher, 1971. 381 p.

ASSUNÇÃO, M. P. **Estimativas de parâmetros genéticos e estratégias de seleção no maracujazeiro azedo**. 2014. 54 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2014.

BAILEY, L.H. **The standard cyclopedia of horticulture**. New York: MacMillan, 1942. 1200p.

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

BARROS, L. de M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. Recursos genéticos de cajueiro: situação atual e estratégias para o futuro. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

BARROS, L. M. Melhoramento. In: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza, CE: BNB/ETENE Estudos Econômicos e Sociais, 1988. p.321-356.

BOREM, A.; VIEIRA, G. **Melhoramento de plantas**. 5ª Ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 529 p.

BORGES, A. N. C. **Caracterização genética em germoplasma de cajuí (*Anacardium spp.*) por meio de marcadores morfoagronômicos e moleculares ISSR**. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.

BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; E SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum**. Maringá, PR. v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.

CAVALCANTI, J. J. V.; PAIVA, J. R.; BARROS L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; CORRÊA, M. P. F. Repetibilidade de caracteres de produção e porte da planta em clones de cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF. v. 35, n. 4, p. 773-777. 2000.

CAVALCANTI, J. J. V.; PAIVA, J. R.; BARROS L. M.; CRISÓSTOMO, J. R. **Banco ativo de germoplasma de caju**: variabilidade, caracterização e utilização. 1999. 9p. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigos_2584.pdf> Acesso em: 30 maio. 2016.

CAVALCANTI, J. J. V.; RESENDE, M. D. V. Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP. v. 32, n. 4, p. 1279-1284. 2010.

CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. Melhoramento genético do cajueiro. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido/Embrapa /Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/cajumelhoramento.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

CRUZ, C. D. REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v.1 .480p.

DANNER, M. A.; RASEIRAS, M. do C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS. v. 40, n. 10, p. 2086-2091, 2010(a).

DANNER, M. A.; RASEIRAS, M. do C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de peso de fruto e de duração do ciclo em ameixeira e pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 45, n. 8, pp. 872-878. 2010(b).

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. Estimação e predição por modelo linear misto com ênfase na ordenação de médias de tratamentos genéticos. **Scientia Agricola**, São Paulo, SP. v. 58, n. 1, p. 109-117. 2001.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imp. Universitária, 1981. 279p.

FAOSTAT. Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de caju. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E>. Acesso em: 30 maio. 2016.

FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 661p.

FROTA JÚNIOR, J. I.; LIMA, E. N.; ARAÚJO, M. E. B.; LIMA, I. B.; SILVA LIMA, J. Divergência genética entre progênies de meios-irmãos de cajueiro anão precoce utilizando caracteres morfológicos. **Agrarian Academy**, Goiânia, GO. v. 1, n. 2, p. 47-59. 2014.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Os frutos sociais do caju**. in: (Org.) GOMES, J. São Paulo, Todos os Bichos. 2010. 203p.

GOEDERT, C. O. Histórico e Avanços em Recursos Genéticos no Brasil. In: NASS, L. L. (Ed). **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007, p. 23-59.

GUANZIROLI, E. C.; MEIRELLES de SOUZA, H.; VALENTE JÚNIOR, A.; BASCO, C. A. Entraves ao desenvolvimento da cajucultura no nordeste: margens de comercialização ou aumentos de produtividade e de escala? **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, RS. v.16, n.18, p. 96 – 122. 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. LSPA – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, 2017. [on line] Disponível na internet via [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201701.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201701.pdf). Arquivo consultado em 22 de Fev. de 2017.

JOHNSON, D.V. The botany, origin and spread of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of plantation crops**. Kasaragod, v.1, n.1, p.1-7, 1973.

LIMA, V. P. M. S. Botânica. In: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1988. p. 15-61.

LUCENA, V. M. X. **Diversidade genética entre genótipos de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) e qualidade do fruto e pseudofruto**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2006.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. R.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. B. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos misto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, GO. v. 39. n. 1. p. 43-50. 2009.

MANLY, B. J. F. **Métodos estatísticos multivariados**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

MAZZETO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Cashew nut oil: opportunities and challenges in the context of sustainable industrial development. **Química Nova**. São Paulo, v. 32, n. 3. p. 732–741. 2009.

MDIC, Dados do Comércio Exterior. Rio de Janeiro: Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior, Abril 2003. Anual. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano?layout=edit&id=2205>. Acesso em: 22 de Fev. de 2017.

MITCHELL, J.D.; MORI, S.A. The cashew and its relatives (*Anacardium*: *Anacardiaceae*). **Memories on the New York botanical garden**, v.42, p.1-76, 1987.

MOURA, C. A. H.; ALVES, R. E. INNECCO, R.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOSCA, J. R.; PINTO, S. A. A. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 537-540. 2001.

NUNES, J. A. R. **Incorporação da informação de parentesco no método genealógico pelo enfoque de modelos mistos**. 2006. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

PAIVA, F. F. de A.; SILVA NETO, R. M. **Industrialização da castanha de caju: processo manual**. Teresina: SEBRAE/PI, 2004. 50p.

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; LIMA, A.C.; CORRÊA, M. C. M.; MELO, D. S.; PORTO, Z. B. Seleção de clones de cajueiro-anão precoce para plantio comercial no Município de Aracati, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n.3, p.338-343. 2005.

PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. M. **Recursos genéticos do cajueiro**: coleta, conservação, caracterização e utilização. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 43p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 65).

PELL, S.K. **Molecular systematic of the cashew family (Anacardiaceae)**. Ph.D. 2004. 193f. Dissertation (Mestrado em Biologia). Louisiana State University: Baton Rouge. 2004.

PESSONI, L. A. **Estratégias de análise da diversidade em germoplasma de cajueiro** (*Anacardium* spp. L.). 2007. 174 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.

QUEIRÓZ, M. A.; LOPES, M. A. Importância dos recursos genéticos para o agronegócio. In: NASS L. L.(ed.) **Recursos genéticos vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2007. p. 281 – 305.

QUEIROZ, M. A. Os recursos genéticos vegetais e os melhoristas de plantas. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste Brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido/Embrapa /Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/cajumelhoramento.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

RABBANI, A. R. C.; SILVA, A. V. C.; MUNIZ, E. N.; LÉDO, A. S.; QUIRINO, Z. B. R. Desempenho fenológico de progênies de meio-irmãos de cajueiro anão precoce na região central do Tocantins no primeiro ano de plantio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.6, n.1, 98-104. 2011.

RAMOS, A. D.; BLEICHER, E.; OLIVEIRA FREIRA, F. das C.; CARDOSO, J. E.; PARENTE, J. I. G.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; FROTA, P. C. E.; CORRÊA, M. P. F.; PAULA PESSOA, P. F. A.; SILVA MELO, Q. M.; OLIVEIRA, V. H. **A cultura do caju**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1996. 96p. (Coleção Plantar, 34).

RESENDE, M. D. V. de; DIAS, L. A. S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos aditivos e genotípicos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP. v. 22, n. 1, p. 44-52, 2000.

RESENDE, M. D. V. de; FURLANI-JUNIOR, E.; MORAES, M. L. T. de; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento de cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**. Campinas, SP. v. 60, n.3, p. 185-193. 2001.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Floresta, 2007. 362p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimento e no melhoramento genético**. Brasília, DF: Editora Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de espécies perenes. In: NASS, L. L. et al. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. p. 357-421.

SAMAL, S.; ROUT, G.R.; LENKA, P.C. Analysis of genetic relationships between populations of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by using morphological characterization and RAPD markers. **Plant Soil Environ**, Praga, v. 49, n. 4, p. 176-182. 2003.

SANTOS, R. da C. dos; SANTOS JUNIOR, J. E. dos. Divergência genética por análise multivariada de caracteres fenotípicos de *Anacardium humile* (St. Hilaire). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 6, p. 553-560. 2015.

SILVA NEGREIROS, J. R.; da SARAIVA, L. L.; KAMEL de OLIVEIRA, T.; ALVARES, V. S.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 43, n. 12, p. 1763-1768. 2008.

SILVA, S. S. da.; PORDEUS, R. V.; PEREIRA, J. O.; DANTAS NETO, J.; BEZERRA, J. M. Estimativa de parâmetros genéticos do cajueiro anão precoce em um solo arenoso pelo procedimento reml/blup. **Revista Verde**, Mossoró, RN. v. 8, n. 3, p. 41-51. 2013.

SILVA, S. S. da.; PORDEUS, R. V.; MARQUES, G. V.; CUNHA, E. M. da; PEREIRA, J. O.; AZEVEDO, M. R. de Q. A. Caracterização genética do cajueiro anão precoce no sertão central do Rio Grande do Norte sua predição pelo procedimento REML/BLUP. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, PB. v. 8, n. 3, p. 07-19. 2012.

SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CAMPELO, J. E. G. C.; LOPES, A. C. A. L.; MATOS FILHO, C. H. A. Repetibilidade e correlações entre caracteres morfoagronômicos de cajazeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG. v. 32, n. 6, p. 1851-1857. 2008.

TAVARES, T. M.; SCIBENEICHLER, S. C.; CAVALCANTI, J. J. V.; AFÉRI, F. S.; SOUZA, C. M.; NUNES, T. V. Desempenho fenológico de progênies de meios-irmãos de cajueiro-anão-precoce na região central do Tocantins, no primeiro ano de plantio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6 n.1, p.98-104, 2011.

VIDAL NETO, F. Das C.; BARROS L. M. CAVALCANTI, J. J. V. MELO, D. S. Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. In: ARAÚJP, J. P. P. de (Ed.) **Agroegócio caju: prática e inovações**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. cap. 2 p. 481 – 508.

4 CAPÍTULO I

Diversidade genética em população de cajueiro comum

RESUMO

O cajueiro (*A. occidentale*) possui ampla distribuição e adaptação na região Nordeste do Brasil. Assim, objetivou-se realizar caracterização agromorfológica e estimar diversidade genética em população de cajueiro comum, visando selecionar indivíduos com potencial para aproveitamento em programas de melhoramento. Quanto à variabilidade observada, destacaram-se os caracteres peso total, pesos do fruto, comprimento do pseudofruto, peso da amêndoa e acidez total. Os dois primeiros componentes principais explicaram 79,74% da variação total observada. No primeiro componente (CP1), os autovetores dos caracteres do pseudofruto, amêndoa e fruto foram equitativamente distribuídos, sendo que sólidos solúveis totais apresentou menor peso. Para o segundo componente (CP2), os caracteres acidez titulável e sólidos solúveis totais, tiveram os maiores pesos e a relação sólidos solúveis totais e acidez titulável em sentido contrário aos dois primeiros, sendo que todos estes caracteres são relacionados ao suco. O primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes são novas variáveis que refletem os caracteres com maior expressão para fruto e amêndoa e pseudofruto no primeiro e para os descritores de suco no segundo, demonstrando a expressão destes na variabilidade. O gráfico biplot evidencia a divergência genética encontrada na área de cultivo, sendo os genótipos 28, 4 e 43 os mais divergentes. A acidez titulável apresentou importante contribuição na dispersão dos genótipos, destacando-se 4 e 10, 35 e 36 por apresentarem baixa e alta magnitude, respectivamente. No dendrograma, ocorreu a formação de seis grupos com os 43 genótipos de cajueiro comum avaliados. A seleção de genótipos com caracteres desejáveis de fruto, pseudofruto, amêndoa e sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) pode ser eficiente, considerando a presença de variabilidade genética na população e o comportamento independente destes caracteres, sobressaindo-se os indivíduos 17, 26, 28 e 37. Os genótipos 10 e 28 destacaram-se quanto ao peso total e espessura do pseudofruto, enquanto 7 e 24 destacam-se na produção de castanha e amêndoa.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, variabilidade genética, castanha, amêndoa, análise multivariada.

ABSTRACT

Cashew tree (*A. occidentale*) has a wide distribution and adaptation in the Northeast region of Brazil. Thus, the objective was to perform agro-morphological characterization and to estimate genetic diversity in common cashew population, in order to select individuals with potential for use in breeding programs. Regarding the observed variability, the following were the total weight, fruit weights, accessory fruit length, almond weight and total acidity. The first two main components explained 79.74% of the total variation observed. In the first component (CP1), the eigenvectors of the accessory fruit, almond and fruit characters were evenly distributed, with total soluble solids having a lower weight. For the second component (CP2) the titratable acidity and total soluble solids had the highest values and the ratio of total soluble solids and acidity titratable in the opposite direction to the first two, all of which are related to the juice. The first (CP1) and second (CP2) components are new variables that reflect the characters with greater expression for fruit and almond and accessory fruit in the first and for the descriptors of juice in the second, demonstrated the expression of these in variability. The biplot graph shows the genetic divergence found in the cultivation area, with genotypes 28, 4 and 43 being the most divergent. The titratable acidity presented an important contribution in the dispersion of the genotypes, standing out 4 and 10, 35 and 36 because they presented low and high magnitude, respectively. In the dendrogram, six groups with the 43 common cashew genotypes were evaluated. The selection of genotypes with desirable fruit, pseudofruit, almond and total soluble solids (°Brix) genotypes can be efficient, considering the presence of genetic variability in the population and the independent behavior of these characters, standing out the individuals 17, 26, 28 and 37. Genotypes 10 and 28 stood out for the total weight and thickness of the accessory fruit, whereas 7 and 24 stood out in the production of chestnut and almond.

Key words: Genetic variability, genetic variability, nut, almond, multivariate

4.1 Introdução

O cajueiro (*A. occidentale*) pertence à família Anacardiaceae, que inclui mais de 700 espécies em 82 gêneros (PELL, 2004). Esta espécie tem a distribuição natural confundida pela dispersão por cultivo, sendo encontrada mais

abundantemente na região litorânea do Nordeste do Brasil, onde medra em estado aparentemente espontâneo (CRISÓSTOMO et al., 1999).

A cultura do caju é importante para os produtores rurais do nordeste brasileiro, por ser uma alternativa de produção no período seco da região, gerando divisa em diferentes produtos como a amêndoa, o LCC (líquido de castanha de caju) e o pseudofruto, com suas inúmeras utilizações (PAIVA; SILVA NETO, 2004; MAZZETTO; LOMONACO; MELE, 2009). Sua importância reside no valor econômico, nutritivo da amêndoa, no mercado externo, principal comércio gerador de divisas da cultura (BARROS et al., 1999). O Brasil, que ocupava posição de destaque como um dos principais produtores de castanhas, no ano de 2013 ficou na décima primeira posição, com 109,679 milhões de toneladas, mas ainda se destaca na produção de pseudofruto, com 1.805,00 milhões de toneladas (FAO, 2016).

A cajucultura é adaptada às condições edafoclimáticas da região Nordeste do Brasil e geradora de cabedal ao país, porém sofre com baixos índices de produtividade, sendo atualmente menos de 142 kg de castanha por hectare (IBGE, 2017). O principal problema para a baixa rentabilidade e a formação de pomares de cajueiro comum proveniente de sementes, possuindo alta variabilidade, devido ao sistema alogâmico de reprodução. Essa variabilidade, contudo, representa matéria prima para seleção de indivíduos com fenótipos desejáveis para os caracteres de interesse.

Pesquisas com recursos genéticos e melhoramento vegetal têm sido uma das atividades mais relevantes para o País, resultando em ganhos para caracteres qualitativos e quantitativos para várias culturas na agricultura brasileira nas últimas décadas (QUEIROZ; LOPES, 2007). Por isso, necessário se faz conhecer, quantificar e proteger os recursos genéticos.

A utilização de clones de cajueiro melhorados em novos plantios ou na renovação de pomares antigos aumenta a vulnerabilidade genética, que pode ser caracterizada pelo pequeno número de clones em cultivo e a estreita base genética que os originou. É necessário, então, ampliar a base genética dos clones adaptados, que aprimorem o agronegócio, possibilitando a renovação e a substituição de pomares poucos produtivos (PAIVA et al., 2003; PAIVA et al., 2005) e também conhecer a manutenção dos caracteres pela vida dos indivíduos.

A repetibilidade permite avaliar o ganho de precisão com a realização de várias medidas, pois o aumento do número de medidas reduzirá o valor da variância

ambiental e a redução da variância fenotípica representará ganho em precisão (FALCONER, 1981). Em trabalhos com fruteiras, a eficiência do método dos componentes principais para estimação da repetibilidade tem sido atestada. Silva Negreiros et al. (2008), trabalhando com laranjeiras-doces, estimaram que cinco medidas são suficientes, para peso médio de frutos, com 90% de acurácia. Danner et. al. (2010), para araçazeiro e pitangueira, observaram que uma avaliação é suficiente para predizer o valor do peso de fruto.

As análises multivariadas são utilizadas para averiguar a divergência genética e conseguem inferir sobre a existência de variabilidade genética na população em estudo, podendo esta ser explorada em programa de melhoramento genético por meio da seleção de genitores, para formar combinações híbridas desejáveis que gerem genótipos superiores (FROTA JÚNIOR et al., 2014).

Nesse sentido, objetivou-se estimar a diversidade genética em população de cajueiro comum com base em caracteres do fruto, amêndoa e pseudofruto, visando selecionar indivíduos com potencial para aproveitamento em programas de melhoramento, para atender a cadeia produtiva do cajueiro.

4.2 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em área de plantio comercial de cajueiro comum, localizada no município de Ipiranga do Piauí, Piauí, Brasil, em 2014, com coordenadas 6° 49' 40" S e 41° 44' 27" W (Figura 1), cuja escolha foi devido ao plantio da espécie ser oriundo de castanhas, o que possibilita a existência de variabilidade genética. O solo da área tem textura franco argilo arenosa na camada de 0 a 40 cm de profundidade e classificação climática, segundo Köppen é de clima Aw. Para obtenção dos dados, 43 plantas de cajueiro comum, no mês de outubro de 2014, foram selecionadas aleatoriamente, identificadas por etiquetas e georreferenciadas, nas quais foram selecionados dez frutos e pseudofrutos ao acaso.

A área não possui espaçamento definido entre plantas, e os tratamentos culturais se resumem ao controle das plantas daninhas, por roçado manual nas proximidades da colheita. As plantas amostradas não possuem registro de data de plantio.

A avaliação biométrica da diversidade genética nos cajueiros foi realizada com base nos caracteres agromorfológicos: peso total, referente ao peso do fruto e pseudofruto (PT), peso do pseudofruto (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), espessura do fruto (EF), peso da amêndoa (PA), comprimento da amêndoa (CA), largura da amêndoa (LA), espessura da amêndoa (EA), comprimento do pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS) e diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); e físico-químicos: acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC), selecionados na lista de descritores de caju publicados pelo IBPGR (2005), atualmente *Biodiversity International*.

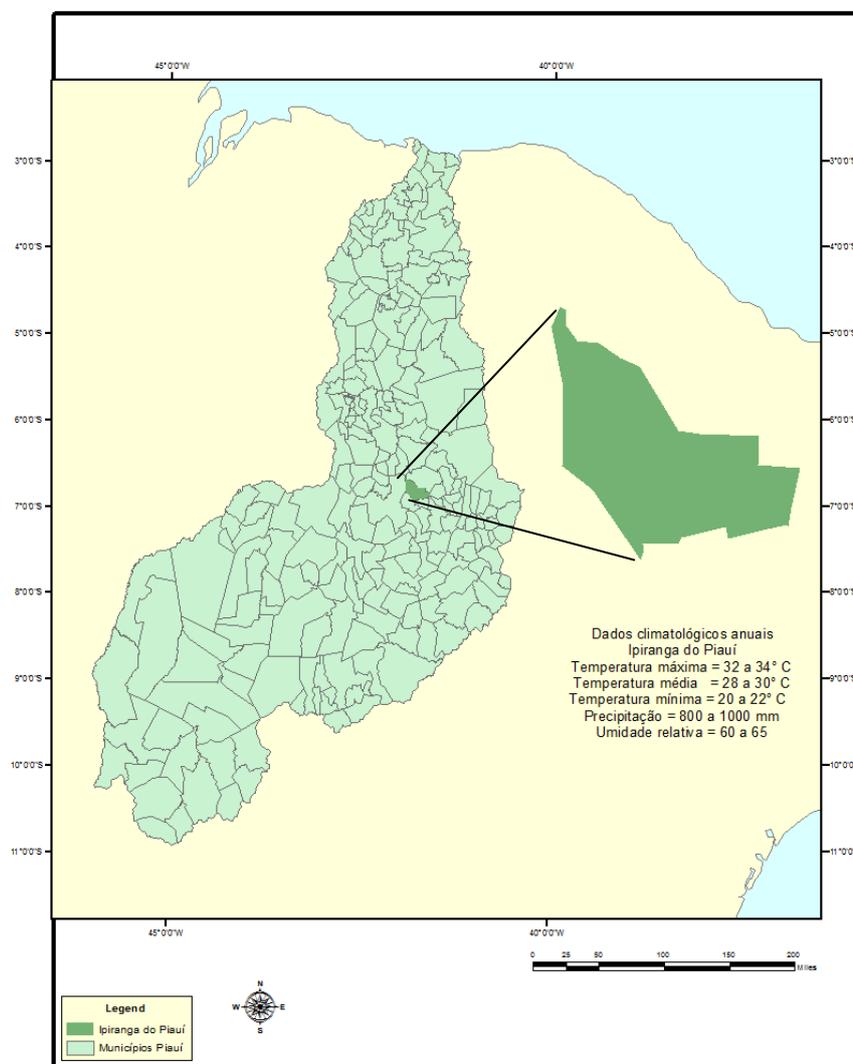


Figura 1 Mapas de localização e média histórica dos dados climatológicos para temperaturas média, mínima e máxima, precipitação e umidade relativa anual do município de Ipiranga do Piauí do estado do Piauí.

Fontes: Andrade et al. 2004 e IBGE (2016).

As mensurações de frutos, pseudofrutos e amêndoa foram realizadas com auxílio de balança analítica e paquímetro digital, sendo os pesos em g; os comprimentos, larguras e espessuras em mm. Os sólidos solúveis totais foram determinados com auxílio de refratômetro de bancada e expressos em escala de graus Brix, e a acidez titulável, de acordo com metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), foi expressa em % de ácidos orgânicos.

As análises estatístico-genéticas foram baseadas em médias e componentes principais, com matriz de correlação dos dados padronizados, que permitem a combinação e a ordenação em importância dos caracteres. Para averi a diversidade genética foi utilizado o método da ligação média entre grupos ou UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) para a composição do dendrograma e formação de grupos, utilizando-se a distância euclidiana média. A relação entre os caracteres foi aferida pela análise de correlação, e as relações entre os genótipos e os caracteres estudados foram determinadas no biplot. Para medir a capacidade da planta em expressar um caráter foi estimado o coeficiente de repetibilidade no espaço e o número de medidas necessárias para estimar o referido caráter, com coeficiente de determinação de 95%. As análises estatístico-genéticas foram realizados de acordo com Cruz et. al. (2004) com auxílio dos software SAS University Edition (SAS, 2008), R (R CORE TEAM, 2017) e Genes (CRUZ, 2013).

4.3 Resultados e Discussão

A população de cajueiro comum, constituída por plantas oriundas de castanha, analisada com base nas médias de cada genótipo, média geral e coeficiente de variação, apresentaram variabilidade genética em acordo com os maiores coeficientes de variação (Tabela 1), sendo que as maiores amplitudes de variação foram encontradas para peso total (27,15 a 143,5 g), peso do fruto (3,14 a 12,48 g), peso da amêndoa (0,75 a 3,15 g), comprimento do pseudofruto (35,19 a 95,44 mm), acidez titulável (0,065 a 1,35% de ácidos orgânicos) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (8,57 a 113,86), com os correspondentes valores de mínimo e máximo observados.

Com elevados valores para o peso total, os genótipos 10 (CPS = 91,21 mm; DBPS = 51,18 mm; DAPS = 42,88 mm) e 28 (CPS = 67,39 mm; DBPS = 58,19 mm; DAPS = 51,29 mm) se destacaram devido aos caracteres relacionados ao

pseudofruto. Comparando com os resultados obtidos por Moura et al. (2001), verifica-se que poucos indivíduos deste trabalho estão acima da média do clone CCP -76 e dos outros clones testados para o comprimento, diâmetros basais e apicais do pseudofruto. Isto possivelmente ocorreu devido aos anos atípicos de seca e a baixa produção dos pomares de cajueiro comum no estado do Piauí.

Tabela 1 Médias, máximos, mínimos, desvios padrões e coeficientes de variação dos caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez titulável (AC), sólido solúvel total (SST) e relação sólidos solúveis totais/ acidez (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí – PI, 2014.

Caracteres	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV (%)
PT	72,92	27,15	143,50	31,52	43,23
PP	65,98	23,79	133,21	29,20	44,26
PF	6,95	2,71	3,14	2,71	38,97
CF	33,41	23,42	44,52	5,61	16,77
LF	24,99	18,87	32,55	3,89	15,56
EF	16,01	10,42	21,30	2,60	16,24
PA	1,92	0,75	3,15	0,67	35,13
CA	25,40	16,57	32,75	3,96	15,60
LA	16,77	10,53	21,11	2,56	15,29
EA	11,43	8,42	14,32	1,85	16,20
CPS	58,74	35,19	95,44	14,75	25,11
DBPS	43,51	30,74	58,19	6,50	14,94
DAPS	32,24	20,01	51,28	6,51	20,22
AC	0,439	0,065	1,35	0,34	76,82
SST	11,43	6,41	16,25	1,98	17,31
SST/AC	39,46	8,57	113,86	22,69	57,51

Para os caracteres relacionados à produção de castanha, os genótipos 7 e 24 se destacaram, com médias mais elevadas para peso de amêndoa com 3,03 g e 3,15 g, respectivamente (Tabela 1A). Todavia o primeiro também destaca-se para, largura e comprimento do fruto, enquanto o segundo para comprimento e espessura da amêndoa.

Quanto a acidez, os menores teores foram apresentados pelos genótipos 4 e 10, e os maiores teores ocorreram em 35 e 36. Nos genótipos 17, 26, 28 e 37, os

teores de sólidos solúveis totais foram altos (16,25; 14,67; 14,50 e 14,80 °Brix, respectivamente), enquanto nos genótipos 3 (8,17 °Brix) e 4 (6,47 °Brix), os teores foram mais baixos. Damasceno Júnior e Bezerra (2002), trabalhando com cajueiro anão precoce, obtiveram sólidos solúveis totais máximo de 13 °Brix, valor inferior ao apresentado por alguns genótipos neste estudo, cuja amplitude de variação foi de 6,47 a 16,25 °Brix. A variabilidade existente para sólidos solúveis totais permite selecionar genótipos que atendem às exigências previstas na legislação (BRASIL, 2000), que para polpa e suco clarificado é de no mínimo 10 °Brix.

A ocorrência dos valores extremos dos caracteres avaliados em diferentes genótipos evidencia a variabilidade genética encontrada na área estudada, oriunda de plantio de castanhas, mostrando a importância da conservação dos recursos genéticos.

Para seleção com máxima eficiência e um menor custo, deve-se considerar a magnitude da estimativa de repetibilidade a fim de definir o número de medidas necessárias com o propósito de aferir o desempenho do indivíduo. Se a repetibilidade for baixa, o maior número de medidas aumenta a precisão; sendo a repetibilidade alta, o maior número de medidas pouco aumenta a precisão; quando o coeficiente é mediano, raramente é vantajoso fazer mais medidas para aumentar a precisão (CRUZ et al., 2004). Os valores estimados de repetibilidade foram de medianos a altos (Tabela 2).

O aumento no número de medidas pouco influenciaria na elevação da precisão, confirmados pelos valores do coeficiente de determinação (R^2), que foram acima de 90%. Assim, a adoção de dez medidas é um valor satisfatório para a mensuração nos frutos, pseudofruto e amêndoa. Para acidez e sólido solúveis totais, apenas uma medida seria necessária, porém para expressão da variabilidade foram feitas três medidas.

Os diversos métodos de análise para estimar a repetibilidade foram testados em vários estudos com frutíferas e os resultados reforçam a eficiência do método de componentes principais. Cavalcanti et al. (2000) destacam a eficiência dos componentes utilizando a matriz de variância e covariância, em caracteres de produção e porte de planta. Soares et al. (2008) também destacam a eficiência desse método, além da análise estrutural, em cajazeira.

Tabela 2 Estimativas do coeficiente de repetibilidade (r) e determinação (R²) e número de medidas (n^o) a 95% de probabilidade pelo método de componentes principais, com matriz de correlação, entre os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí, PI, 2014.

Caracteres	r	R ²	n ^o
PT	0,75	95,55	6
PP	0,73	95,00	7
PF	0,82	96,92	4
CF	0,76	95,75	6
LF	0,73	94,89	7
EF	0,65	92,78	10
PA	0,74	95,19	7
CA	0,79	96,39	5
LA	0,76	95,76	6
EA	0,69	93,91	9
CPS	0,81	96,77	4
DBPS	0,59	91,14	12
DAPS	0,65	92,79	10
AC	0,99	99,93	1
SST	0,99	99,78	1
SST/ AC	0,99	99,78	1

A metodologia da análise de componentes principais, com uso da matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas ou correlação, foi usada com resultados significativos em plantas frutíferas para averiguação do valor de repetibilidade. Silva Negreiros et al. (2008), em laranjeiras-doces, para peso médio de frutos, estimaram um número de cinco medidas, com 90% de acurácia. Danner et al. (2010), para araçazeiro e pitangueira, determinaram que uma avaliação é suficiente para prever o valor do peso de fruto. Estes resultados corroboram com as estimativas encontradas, pois o valor de acurácia foi acima de 95% e as mensurações de repetibilidade não foram superiores a dez para maioria dos caracteres morfológicos, e para os descritores físico-químicos, apenas uma medição foi estimada.

Para averiguar a relação entre os descritores e ter mais precisão na análise de componentes principais, estimou-se os coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres e suas significâncias (Tabela 3). Tais estimativas, em sua maioria,

foram significativas, positivas e de média a alta magnitude ($\geq 0,40$). Contudo, sólidos solúveis totais não se correlacionou com os demais caracteres, exceto com acidez titulável, cujo coeficiente foi positivo e de baixa magnitude ($< 0,40$); já a acidez apresentou correlações negativas com todos os outros caracteres.

A inexistência de correlação entre sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) com os caracteres do fruto, pseudofruto e amêndoa evidencia o potencial para seleção de genótipos superiores para esses caracteres. Por outro lado, a seleção de genótipos com caracteres desejáveis do fruto, pseudofruto e amêndoa, é facilitada pelas presenças de correlações positivas e significativas entres estes, podendo ser realizada seleção indireta por meio de descritores de fácil mensuração (CRUZ et al., 2004).

O coeficiente de correlação entre o diâmetro apical e o comprimento do pseudofruto, foi à única relação não significativa entre os caracteres morfológicos avaliados. Deste modo, a seleção de genótipos com caracteres desejáveis para pseudofruto e amêndoa em uma única planta é possível. O peso do pseudofruto pode ser selecionado indiretamente pelos os diâmetros basal e apical do pseudofruto, devido a alta correlação, podendo o peso do pseudofruto ser descartado.

Tabela 3 Tabela 3 Estimativas das correlações entre os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP) peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez titulável (AC), sólido solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/ acidez (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí – PI, 2014.

Caracteres	PP	PF	CF	LF	EF	PA	CA	LA	EA	CPS	DBPS	DAPS	AC	SST	SST/AC
PT	0,99**	0,87**	0,89**	0,88**	0,71**	0,89**	0,88**	0,87**	0,72**	0,82**	0,88**	0,77**	-0,58**	0,00 ^{n.s}	0,60**
PP	1	0,85**	0,88**	0,86**	0,69**	0,88**	0,87**	0,86**	0,71**	0,82**	0,88**	0,78**	-0,59**	0,00 ^{n.s}	0,61**
PF		1	0,90**	0,92**	0,73**	0,91**	0,88**	0,86**	0,74**	0,73**	0,79**	0,61**	-0,44**	0,09 ^{n.s}	0,40**
CF			1	0,94**	0,66**	0,90**	0,94**	0,88**	0,72**	0,73**	0,81**	0,71**	-0,54**	0,04 ^{n.s}	0,47**
LF				1	0,72**	0,94**	0,94**	0,93**	0,80**	0,68**	0,82**	0,73**	-0,58**	0,03 ^{n.s}	0,51**
EF					1	0,71**	0,63**	0,62**	0,79**	0,51**	0,66**	0,56**	-0,49**	0,17 ^{n.s}	0,43**
PA						1	0,95**	0,92**	0,86**	0,72**	0,79**	0,68**	-0,56**	0,06 ^{n.s}	0,50**
CA							1	0,95**	0,77**	0,73**	0,80**	0,71**	-0,56**	0,01 ^{n.s}	0,70**
LA								1	0,77**	0,67**	0,81**	0,73**	-0,58**	0,03 ^{n.s}	0,57**
EA									1	0,60**	0,60**	0,54**	-0,59**	0,15 ^{n.s}	0,48**
CPS										1	0,57**	0,36 ^{n.s}	-0,39**	0,05 ^{n.s}	0,43**
DBPS											1	0,87**	-0,57**	0,01 ^{n.s}	0,54**
DAPS												1	-0,57**	-0,11 ^{n.s}	0,55**
AC													1	0,30*	-0,79**
SST														1	-0,18 ^{n.s}

** , * e ^{n.s} significativo a 1%, e a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste t.

Os dois primeiros componentes principais explicaram 79,74% da variação total observada (Tabela 4). No primeiro componente (CP1), os elementos dos autovetores dos caracteres do pseudofruto, amêndoa e fruto foram equitativamente distribuídos, sendo que sólidos solúveis totais apresentou menor peso. Para o segundo componente (CP2), os caracteres acidez titulável e sólidos solúveis totais, tiveram os maiores pesos e a relação sólidos solúveis totais e acidez titulável em sentido contrário aos dois primeiros, sendo que todos estes caracteres são relacionados ao suco. O primeiro (CP1) e segundo (CP2) componentes são novas variáveis que refletem os caracteres com maior expressão para fruto e amêndoa e pseudofruto no primeiro e para os descritores de suco no segundo, demonstrando a expressão destes na variabilidade.

Tabela 4 Autovalores, autovetores, variância explicada e variância acumulada para os dois primeiros componentes principais dos caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez (SST/AC), avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum em Ipiranga do Piauí – PI, 2014.

Autovalores	Componentes	
	CP1	CP2
Variância explicada (%)	70,35	9,39
Variância acumulada (%)	70,35	79,74
Variáveis	Autovetores	
PT	0,2867	0,0063
PP	0,2843	-0,0104
PF	0,2718	0,1869
CF	0,2796	0,0842
LF	0,2852	0,0683
EF	0,2288	0,1331
PA	0,2842	0,0997
CA	0,2827	0,0617
LA	0,2800	0,0236
EA	0,2475	0,1165
CPS	0,2268	0,1356
DBPS	0,2638	-0,0552
DAPS	0,2349	-0,2011
AC	-0,1977	0,4740
SST	0,0047	0,6523
SST/AC	0,1875	-0,4418

A variação total observada explica a divergência presente nos genótipos de cajueiro-comum, sendo que a soma dos autovalores representam significativamente a variância total observada nos dados. Já a importância dos caracteres nos componentes principais pode ser avaliada pelos autovetores. Os caracteres mais explicativos foram peso total e do pseudofruto, comprimento, largura e peso da amêndoa, acidez titulável, sólidos solúveis totais e relação sólidos solúveis totais e acidez titulável, ou seja, a combinação dos caracteres serviu para a classificação das variáveis (BARROS, 1991).

Pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, foram formados seis grupos, sendo o grupo 1 composto por 14 genótipos, o grupo 2 por 10 genótipos, e os grupos 3 e 5 com apenas um representante, já o grupo 4 conteve 14 genótipos e o grupo 6 com 3 indivíduos (Figura 3).

Baseado nas médias dos indivíduos e no Biplot (Figura 3), os grupos formados, no dendrograma, podem ser discriminados conforme a seguir: no grupo 1, composto principalmente por indivíduos com valores médios para caracteres do fruto, pseudofruto e amêndoa; o grupo 2, formado por indivíduos com altos peso total e de pseudofruto e com relação SST/AC acima da média. O grupo 3, com um único indivíduo, separado pela alta relação SST/AC e acidez titulável. Os genótipos do quarto grupo foram reunidos pelo valores abaixo da média, para maioria dos caracteres. O grupo 5, é representado pelo genótipo 10, sendo separado por mensurações muita acima da média, em especial acidez e a relação SST/AC. O grupo 6, formando por indivíduos com elevadas médias para peso total e mediana relação SST/AC.

A relação SST/AC é importante na análise da qualidade e do sabor dos pseudofrutos de caju, sendo descrita por Lima et al. (2007) como um indicativo do equilíbrio entre o sabor doce e ácido da fruta, e importante índice de maturidade do fruto, embora não seja uma garantia da qualidade dos mesmos.

Os sólidos solúveis totais tiveram comportamento independente das características de fruto, pseudofruto e amêndoa. Damasceno Júnior e Bezerra (2002), trabalhando com cajueiro anão precoce, obtiveram sólido solúveis totais máximo de 13 °Brix, valor inferior ao apresentado por alguns genótipos neste estudo, cuja amplitude de variação foi de 6,41 a 16,25 °Brix. A variabilidade existente para sólidos solúveis totais permitiu selecionar genótipos que atendem às exigências

previstas na legislação (BRASIL, 2000) que para polpa e suco clarificado é de no mínimo 10 °Brix.

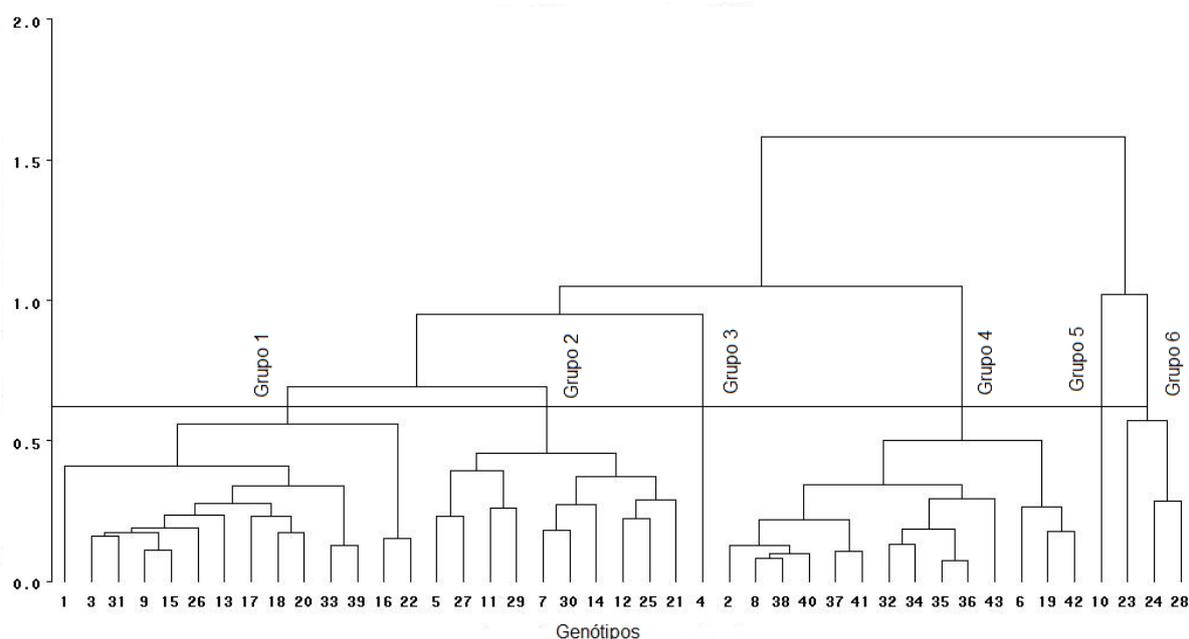


Figura 2 Dendrograma obtido pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA, com uso da distância euclidiana média, havendo a formação de 6 grupos com 43 genótipos de cajueiro comum, avaliados em Ipiranga do Piauí, PI, 2014.

O biplot é uma ferramenta descrita por Gabriel (1971), que fornece análise útil dos dados, permitindo a avaliação visual da matriz gerada. Na análise de componentes principais, revela distâncias entre os genótipos, mostrando o agrupamento destes, bem como as correlações entre as variáveis.

A divergência genética, da área de cultivo de cajueiro comum, foi evidenciada pelo biplot (Figura 2), principalmente para os genótipos 4, 10, 24, 28 e 43, como os mais divergentes. Os genótipos 4, 43 foram influenciados pelo vetor da acidez, enquanto o 10, 24 e 28, pelos vetores relacionados a fruto, amêndoa e pseudofruto. O indivíduo 9 apresentou valores próximos aos das médias gerais, para a maioria dos caracteres estudados.

O vetor de comprimento do pseudofruto foi o de menor expressão, nos descritores morfoagronômicos utilizados, Este resultado concorda com o trabalho de Santos e Santos Júnior (2015), que trabalhando com *A. humile*, descreveram o comprimento de pedúnculo como o caráter de menor importância.

A acidez titulável foi a responsável pela dispersão de vários genótipos e atuou no sentido contrário dos caracteres estudados, exceção aos sólidos solúveis totais, com os quais apresentou correlação positiva e significativa, embora de baixa magnitude ($r < 0,4$). A dispersão do genótipo 17 foi devida aos sólidos solúveis totais (16,25 °Brix), que se correlacionou apenas com a acidez.

A acidez titulável e a relação sólidos solúveis totais/acidez teve importância na formação do grupo do dendrograma, e dispersou inúmeros genótipos no biplot, devido à variabilidade observada nos indivíduos estudados (min=0,065; max=1,351 e min=8,57; max=113,86, respectivamente). Tal comportamento pode ser atribuído à diversidade genética e esta variabilidade possibilita a seleção de genótipos que atendam às exigências previstas na legislação, que requer no mínimo de 0,30 de acidez (BRASIL, 2000). A acidez e sólidos solúveis totais são influenciadas pelo ambiente, Figueiredo (2000) relata a influência da maturação dos frutos e segundo Lucena (2006) as condições climáticas também influenciam nas variáveis físicas (sólidos solúveis totais e acidez titulável) como em descritores morfométricos do pseudofruto.

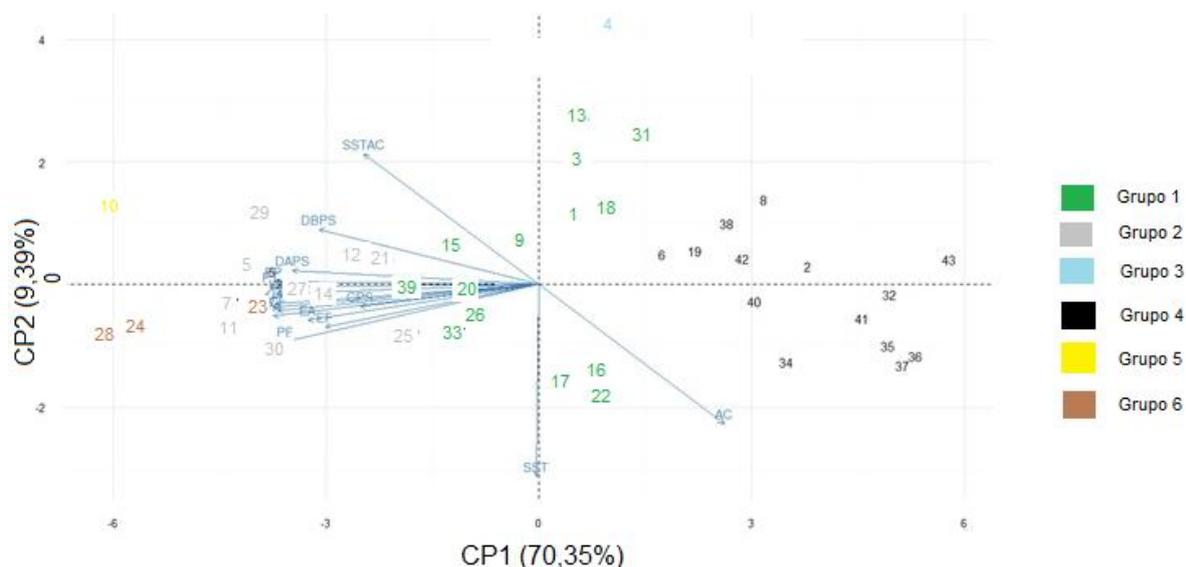


Figura 3 Biplot com os caracteres peso total (PT), peso de pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), Largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso da amêndoa (PA), comprimento da amêndoa (CA), largura da amêndoa (LA), espessura da amêndoa (EA), comprimento do pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC) avaliados em 43 genótipos de cajueiro comum, em Ipiranga, PI, 2014.

Pelo exposto, verificou-se que os caracteres mensurados explicam a divergência genética dos genótipos de cajueiro comum estudados.

4.4 Conclusões

Existe variabilidade genética na população para os caracteres estudados, sendo os genótipos 28, 4 e 43 os mais divergentes.

A acidez titulável apresenta contribuição na dispersão dos genótipos, destacando-se 4 e 10, 35 e 36 por apresentarem baixa e alta magnitude, respectivamente.

A seleção de genótipos com caracteres desejáveis de fruto, pseudofruto, amêndoa e sólidos solúveis totais pode ser eficiente, considerando a presença de variabilidade genética na população e o comportamento independente destes caracteres, com destaque para os indivíduos 17, 26, 28 e 37.

Os genótipos 10 e 28 destacam-se quanto ao peso total e para os diâmetros do pseudofruto, enquanto 7 e 24 pela produção de castanha e amêndoa.

Com dez repetições temos o número de medidas necessárias para estabilidade fenotípica dos caracteres agromorfológicos estudados.

Referências

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. de. **Atlas climatológico do Estado do Piauí**. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2004. 151p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 101).

BARROS, L. M. **Caracterização, morfológica e isoenzimática do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) tipos comum e anão precoce, por meio de técnicas multivariadas**. 1991. 256 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1991.

BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. Recursos genéticos de cajueiro: situação atual e estratégias para o futuro. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1, de 7 janeiro 2000, do Ministério da Agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, DF. n. 6, 10 janeiro 2000. Seção I, p. 54-58. Aprova

os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas.

CAVALCANTI, J. J. V.; PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; CORRÊA, M. P. F. Repetibilidade de caracteres de produção e porte da planta em clones de cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 35, n. 4, p. 773-777. 2000.

CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. Melhoramento genético do cajueiro. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido/Embrapa /Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/cajumelhoramento.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

CRUZ, C.D. REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v.1 .480p.

CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá , v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013 .

DAMASCENO JÚNIOR. J. A.; BEZERRA, F. C. Qualidade de pedúnculo de cajueiro-anão precoce cultivado sob irrigação e submetido a diferentes sistemas de condução e espaçamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP. v. 24, n. 1, p. 258-62. 2002.

DANNER, M. A.; RASEIRAS, M. do C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS. v. 40, n. 10, p. 2086-2091. 2010.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imp. Universitária, 1981. 279p.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

FAOSTAT. Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de caju. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E>. Acesso em: 30 maio. 2016.

FIGUEIREDO, R. W. **Desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro-anão precoce CCP - 76 sob influência do cálcio**. 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2000.

FROTA JÚNIOR, J. I.; LIMA, E. N.; ARAÚJO, M. E. B.; LIMA, I. B.; SILVA LIMA, J. Divergência genética entre progênies de meios-irmãos de cajueiro anão precoce utilizando caracteres morfológicos. **Agrarian Academy**, Goiania, GO. v. 1, n. 2, p. 47-59. 2014.

GABRIEL, K. R. The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. **Biometrika**, v. 58, n. 3. p. 453–467. 1971.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Cidades**. 2016. Disponível em <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?coduf=22&search=piaui&lang=>>. Acesso em: dez. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. LSPA – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, 2017. [on line] Disponível na internet via [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201701.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201701.pdf). Arquivo consultado em 22 de Fev. de 2017.

IBPGR. **Cashew descriptors**. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, 1986. Disponível em: <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/HTMLPublications/348>. Acesso em 14 ago. 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. (Coord): ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. São Paulo. Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

LIMA, E. S. L.; SILVA, E. G.; NETO, J. M. M.; MOITA, G. C. Redução de vitamina C em suco de caju industrializado e cajuína. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1143-1146, 2007.

LUCENA, V. M. X. **Diversidade genética entre genótipos de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) e qualidade do fruto e pseudofruto**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2006.

MAZZETO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Cashew nut oil: opportunities and challenges in the context of sustainable industrial development. **Química Nova**. São Paulo, SP. v. 32, n. 3. p. 732–741. 2009.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; INEECCO, R.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOSCA, J. L.; PINTO, S. A. A. Características físicas de pedúnculos de cajueiro-anão para comercialização in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP. v. 23, n. 3, p. 537-540. 2001.

PAIVA, F. F. de A.; SILVA NETO, R. M. **Industrialização da castanha de caju: processo manual**. Teresina, PI: SEBRAE/PI, 2004. 50p.

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; LIMA, A. C.; CORRÊA, M. C. M.; MELO, D. S.; PORTO, Z. B. Seleção de clones de cajueiro-anão precoce para plantio comercial no Município de Aracati, CE. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE. v. 36, n. 3. p. 338-343. 2005.

PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. M. **Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 43p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 65).

PELL, S.K. **Molecular systematic of the cashew family (*Anacardiaceae*)**. Ph.D. 2004. 193f. Dissertation (Mestrado em Biologia). Louisiana State University: Baton Rouge. 2004.

QUEIROZ, M. A.; LOPES, M. A. Importância dos recursos genéticos para o agronegócio. In: NASS L. L. (ed.) **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 281-305. 2007.

SANTOS, R. da C. dos; SANTOS JUNIOR, J. E. dos. Divergência genética por análise multivariada de caracteres fenotípicos de *Anacardium humile* (St. Hilaire). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 6, p. 553-560. 2015.

SAS-Statistical Analyses System. **Statistical Analysis System user's guide. Version 9.2**. Cary: Statistical Analyses System Institute, 2008.

SILVA NEGREIROS, J. R.; SARAIVA, L. L.; KAMEL de OLIVEIRA, T.; ALVARES, V. S.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 12, p. 1763-1768. 2008.

SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CAMPELO, J. E. G. C.; LOPES, A. C. A. L.; MATOS FILHO, C. H. A. Repetibilidade e correlações entre caracteres morfoagronômicos de cajazeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 32, n. 6, p. 1851-1857. 2008.

5 CAPÍTULO II

Seleção de genótipos de cajueiro comum a partir de plantios comerciais em municípios do estado do Piauí

RESUMO

O cajueiro comum (*A. occidentale*) é uma espécie de grande importância sócio-econômica, adaptada e amplamente distribuída na região Nordeste do Brasil. A variabilidade genética existente nos plantios em regiões produtoras deve ser descrita para fins de melhoramento. Assim, objetivou-se estimar parâmetros genéticos e selecionar genótipos promissores de cajueiro comum em plantios comerciais, em quatro ambientes do estado do Piauí. Na predição dos valores genotípicos, utilizou-se a abordagem de modelos mistos. As variâncias genéticas entre plantas, para todos os caracteres, nos ambientes avaliados foram significativas, com exceção do peso de amêndoa no município de Barro Duro. Os caracteres acidez titulável, sólidos solúveis totais e a relação sólidos solúveis totais/acidez titulável apresentaram mais variabilidade genética e foram menos influenciados pelo ambiente que os demais ($h^2 \geq 0,80$). As estimativas de correlação genética foram significativas, positivas e de média a alta magnitude ($r \geq 0,40$), com exceção da acidez titulável e sólidos solúveis totais, que apresentaram valores não significativos com os demais caracteres e entre si. Pelo raqueamento, Os genótipos destacados para os descritores morfoagronômicos foram 115, 110, 92, 38, 108 e 103; para acidez titulável, os 31, 118 e 74; para sólidos solúveis totais, 124 e 112; e para sólidos solúveis totais/acidez titulável, 109 e 47. O genótipo selecionado 115, que apresentou desempenho superior para a maioria dos caracteres.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, amêndoa, BLUP, herdabilidade, correlação.

ABSTRACT

The common cashew tree (*A. occidentale*) is a species of great socioeconomic importance, adapted and widely distributed in the Northeast region of Brazil. The genetic variability existing in crops in producing regions should be described for breeding purposes. Thus, the aim was to estimate genetic parameters and to select promising common cashew genotypes from commercial crops, in four environments of the state of Piauí. To predict the genotypic values, the mixed models approach was used. The genetic variances among plants, for all most traits, in the evaluated environments were significant, except for the almond weight in the municipality of Barro Duro. The traits titratable acidity, total soluble solids and the total soluble solids/titratable acidity ratio presented more genetic variability and were less influenced by the environment than the others ($h^2 > 0.80$). The genetic correlation estimates were significant, positive and of medium to high magnitude ($r > 0.40$), except for the titratable acidity and total soluble solids, which presented no significant values with the other characters and with each other. By hacking, the outstanding genotypes for the mor-phoagronomic descriptors were 115, 110, 92, 38, 108 and 103; For titratable acidity, 31, 118 and 74; For total soluble solids, 124 and 112; And for total soluble solids / titratable acidity, 109 and 47. The selected genotype 115, which presented superior performance for most of the characters.

Key words: *Anacardium occidentale*, almond, BLUP, heritability, correlation.

5.1 Introdução

A atividade frutícola brasileira produz cerca de 40 milhões de toneladas de frutas ao ano, representando apenas 2% do comércio mundial do setor, mas posicionando o Brasil como terceiro maior produtor (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2010). Essa atividade é responsável por geração de emprego, renda e ajuda no desenvolvimento rural do agronegócio brasileiro. A produção de frutas possui elevado efeito multiplicador social, pois é capaz de gerar divisas e oportunidades de empregos em grandeza suficiente para dinamizar economias locais, a exemplo dos polos frutícolas de Petrolina - PE e Juazeiro - BA (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

Várias espécies frutícolas nativas e exóticas tem sido exploradas comercialmente no Brasil. Um exemplo de destaque é o cajueiro (*A. occidentale* L.), cujo principal produto é a castanha. A produção é concentrada na região Nordeste, sendo registradas pequenas contribuições de produções nas regiões Norte e Centro-oeste do país. Os principais estados produtores são: Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (IBGE, 2017). Esta cultura é importante para os produtores rurais do Nordeste brasileiro, por ser uma alternativa de produção, geração de emprego e renda, especialmente no período seco (PAIVA; SILVA NETO, 2004).

A amêndoa da castanha de caju tem elevado valor nutricional e econômico, sendo muito apreciada pelo mercado interno e externo. Trata-se de uma importante *commodity* geradora de divisas (BARROS et al., 1999), que gerou em 2016 130 US\$ milhões em dividendos (MDIC, 2016). O pedúnculo constitui-se em outro produto importante do cajueiro, o qual pode ser consumido *in natura*, ou industrializado, na forma de cajuína, suco integral, néctar e refrigerante; ou participando da produção de licor, vinho, espumante, vinagre, xarope e álcool; e na forma de diversos tipos de doce, em massa, calda, cristalizado ou caju ameixa.

Contudo, mesmo tendo importância econômica para balança comercial brasileira, os pomares de caju apresentam baixos índices de produtividade, perdendo a competitividade. Várias são as causas do baixo rendimento como, uso de clones não melhorados, a idade dos pomares (GUANZIROLI et al., 2009), períodos de estiagem, formação e incentivos a plantio com material de cajueiro comum proveniente de sementes, gerando bastante heterogeneidade e a pequena adoção de práticas agrícolas com adubação, correção do solo, controle de plantas daninhas.

O melhoramento genético do cajueiro visa atender as demandas da cadeia produtiva, desenvolvendo variedades com base em critérios de seleção definidos, produção por planta, precocidade, porte e arquitetura da planta, período de frutificação, resistência e tolerância à restrição hídrica e resistência a pragas e doenças, qualidade da amêndoa e pedúnculo (VIDAL NETO et al., 2013).

Devido ao sistema reprodutivo alogâmico, há um alto nível de heterogeneidade nas populações de cajueiro (BARROS, 1988). Pomares de cajueiro comum provenientes de sementes possuem alta variabilidade e, provavelmente, adaptabilidade, que podem ser utilizadas para seleção. Logo, estas áreas têm notável valor estratégico para fins de melhoramento, no intuito de identificar

genótipos superiores. Todavia, para se proceder tal identificação faz-se necessário o emprego de métodos estatísticos, que permitam lidar mais adequadamente com situações de desbalanceamento, ausência de delineamento experimental formal e heterogeneidade de variâncias genéticas expressas nas populações. Neste sentido, a abordagem de modelos mistos formalmente apresentada e desenvolvida por Charles Roy Henderson e outros pesquisadores constitui-se numa opção de método estatístico robusto de seleção (RESENDE, 2002).

A abordagem de modelos mistos é amplamente utilizada na avaliação genética animal e tem progressivamente se expandido no melhoramento de espécies vegetais com diferentes sistemas reprodutivos (alógamas, autógamas e sistema misto), com destaque para as culturas perenes (florestais ou frutíferas) (PAIVA et al., 2002; REIS et al., 2011; SANTOS et al., 2014). Possui várias características vantajosas no sentido de obter estimativas ou predições acuradas (menor erro quadrático médio) dos parâmetros genéticos, com destaque para sua aplicabilidade a dados desbalanceados e flexibilidade na modelagem das estruturas de variâncias e covariâncias dos efeitos aleatórios, permitindo, inclusive, incorporar informações sobre o parentesco entre genótipos (BERNARDO, 2010; MRODE; THOMPSON, 2014). O emprego dessa abordagem tem sido relatado na cultura do cajueiro (CAVALCANTI et al., 2007; MAIA et al., 2009 SILVA et al., 2012; 2013), contudo, o cenário de seleção de clones ou genótipos a partir de populações em cultivos comerciais não tem sido contemplado.

Diante do exposto, objetivou-se selecionar genótipos promissores de cajueiro comum em plantios comerciais, de distintos ambientes do estado do Piauí usando a abordagem de modelos mistos, bem como caracterizar a associação existente entre caracteres agromorfológicos e físico-químicos da castanha e do pseudofruto.

5.2 Material e Métodos

O estudo foi realizado em quatro ambientes de cultivo, caracterizados por áreas de plantio comercial de cajueiro comum nos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, no estado do Piauí, Brasil (Tabela 1, Figura 1). A classificação climática de Köppen das áreas estudadas é o Aw, com chuvas de verão.

Tabela 1 Coordenadas geográficas, altitude, número de plantas amostradas e classe textural do solo dos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, Piauí, em 2015.

Municípios	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Nº de plantas	Textura	
					0 - 20 cm	20 - 40 cm
Piracuruca (P)	3° 55'41" S	41° 42' 33" W	60	50	Arenosa	Arenosa
Barro Duro (B)	5°49'01" S	42°30'47" W	200	34	Argilosa	Muito argilosa
Teresina (T)	5°5'20" S	42°48'7" W	72	16	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa
Ipiranga do Piauí (I)	6°49'47" S	41°44'29" W	410	25	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa

As plantas de cajueiro comum dessas áreas foram oriundas de plantio por meio de castanhas, o que possibilita a existência de variabilidade genética. Para obtenção dos dados, foram amostradas aleatoriamente plantas com produção de frutos nos meses de setembro e outubro de 2015, sendo estas georreferenciadas, identificadas e codificadas por letras simbolizando a procedência ou município seguida do número. De cada planta foram tomados ao acaso dez frutos e pseudofrutos. Os pomares, em sua maioria, não possuem espaçamento definido entre plantas, e os tratos culturais se resumem ao controle das plantas daninhas por roçado manual nas proximidades da colheita.

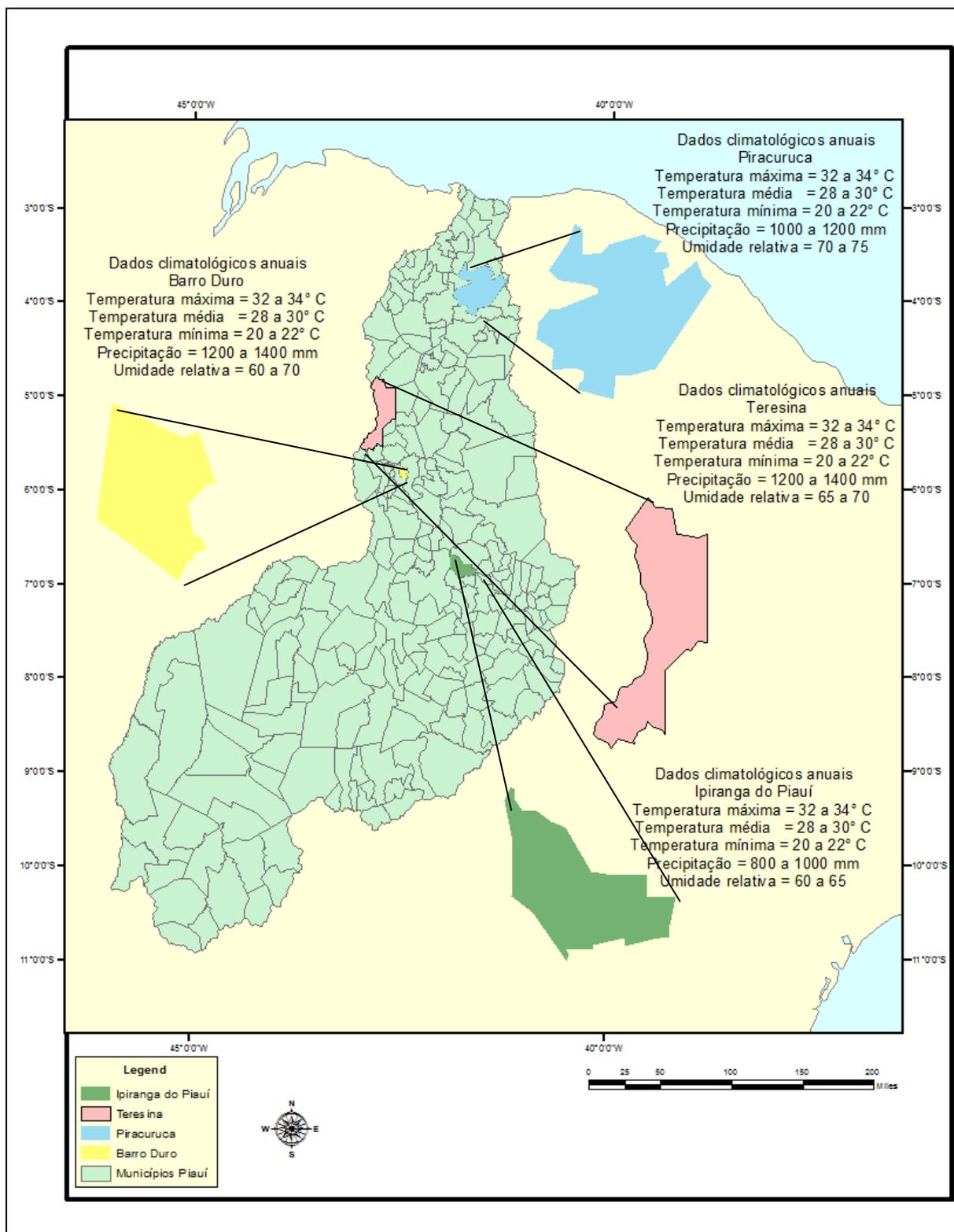


Figura 1 – Mapas de localização e média histórica dos dados climatológicos para temperatura média, mínima e máxima, precipitação, umidade relativa anual dos municípios Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí do estado do Piauí.

Fontes: Andrade Júnior et al. (2004) e IBGE (2016).

A avaliação biométrica dos cajueiros foi realizada com base nos seguintes caracteres agromorfológicos, selecionados na lista de descritores de caju publicados pelo IBPGR (2005), atualmente *Biodiversity International*: peso total (PT), referente ao peso do fruto e pseudofruto, peso do pseudofruto (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), espessura do fruto (EF), peso da amêndoa (PA), comprimento da amêndoa (CA), largura da amêndoa (LA), espessura da amêndoa (EA), comprimento do pseudofruto (CPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS) e diâmetro basal do pseudofruto (DBPS); e físico-químicos: acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis e acidez titulável (SST/AC).

As mensurações de frutos, pseudofrutos e amêndoa foram realizadas com auxílio de balança analítica e paquímetro digital, sendo os pesos mensurados em gramas; e os comprimentos, larguras e espessuras, em milímetros. Os sólidos solúveis totais foram determinados com auxílio de refratômetro de bancada e expressos em escala de graus Brix, e a acidez titulável, de acordo com metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), foram expressas em % de ácidos orgânicos.

As análises estatísticas foram realizadas de acordo com o modelo linear misto descrito a seguir:

$$y = Xb + Zg + e,$$

em que:

y: vetor de observações fenotípicas; X: matriz de incidência dos efeitos fixos; b: vetor de efeitos fixos (intercepto e ambientes de cultivo ou procedências); Z: matriz de incidência dos efeitos aleatórios; g: vetor de efeitos aleatórios das plantas ou genótipos; sendo $g \sim NMV(0, G)$. Para a matriz de covariâncias G, assumiu-se heterogeneidade das variâncias genéticas nos ambientes ou procedências, conforme mostrado a seguir:

$$G = \begin{bmatrix} I_{(50)}\sigma_{g(P)}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_{(34)}\sigma_{g(B)}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{(16)}\sigma_{g(T)}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{(25)}\sigma_{g(I)}^2 \end{bmatrix}$$

e - Vetor dos efeitos aleatórios dos erros, sendo $e \sim NMV(0, I\sigma_e^2)$.

Os componentes da variância foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML). A significância desses componentes foi avaliada pelo teste de Wald, a 5% de probabilidade (WALD, 1943). O ajuste do modelo linear misto e obtenção das soluções BLUE (melhor estimativa linear não-tendenciosa) dos efeitos fixos e predições BLUP (melhor predição linear não-viesada) dos valores genotípicos foi feito via Proc Mixed do SAS (LITTELL et al., 2006). Estimou-se também as acurácias das predições BLUP ($r_{\hat{g}g}$) e a herdabilidade para seleção em nível de planta (RESENDE, 2002).

A associação entre caracteres foi aferida pela estimativa da correlação genética, cuja significância foi testada usando-se o método bootstrap não-paramétrico, realizado com o auxílio do *software* Genes (CRUZ, 2013). Foi estimado o ganho genético a partir da média das predições BLUP dos valores genotípicos das plantas selecionadas. Foram também comparadas as médias ajustadas dos ambientes de cultivos, pelo teste de Tukey-Kramer (SAS, 2008).

5.3 Resultados e Discussão

As variâncias genéticas entre plantas para os caracteres avaliados, nos quatro ambientes, foram significativas ($P < 0,05$) pelo teste de Wald, com exceção do peso de amêndoa, no município de Barro Duro (Tabela 2). Observou-se também heterogeneidade das variâncias genéticas entre os ambientes de cultivo, com destaque para Ipiranga do Piauí, cujas variâncias apresentaram maior magnitude. Isso indica a existência de variabilidade genética nas populações, que é fundamental para a prática da seleção e deve estar relacionada com o sistema reprodutivo alogâmico e a formação de pomares de caju via sementes (BARROS et al., 1999; BARROS, 1988).

A seleção de genótipos de cajueiro comum com boas características pode auxiliar os programas de melhoramento que visam explorar a heterose. Em experimento para avaliar a combinação entre os clones comerciais de cajueiro anão precoce e cajueiro comum, Cavalcanti et al. (2000) mensuraram altura da planta, diâmetro da copa, número da castanhas por planta, produtividade de castanhas, peso médio da castanha, peso médio da amêndoa e relação peso da amêndoa/peso da castanha e constataram presença de heterose. Os referidos autores ressaltaram

Tabela 2 Variâncias genéticas (σ_g^2), acurácia seletiva ($r_{\hat{g}g}$) e herdabilidade (h^2), variância residual (e) e média para os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, nos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, em 2015.

Caracteres	Piracuruca			Barro Duro			Teresina			Ipiranga do Piauí			σ_e^2	Média
	σ_g^2	$r_{\hat{g}g}$	h^2	σ_g^2	$r_{\hat{g}g}$	h^2	σ_g^2	$r_{\hat{g}g}$	h^2	σ_g^2	$r_{\hat{g}g}$	h^2		
PT	575,76*	0,96	0,65	478,59*	0,95	0,61	896,14*	0,95	0,74	1242,49*	0,96	0,80	310,97	72,72
PP	498,51*	0,96	0,61	425,93*	0,95	0,58	800,73*	0,95	0,72	1100,77*	0,96	0,78	312,22	65,35
PF	4,87*	0,98	0,83	2,83*	0,97	0,75	4,97*	0,96	0,84	6,00*	0,97	0,86	0,96	7,33
CF	26,52*	0,98	0,81	14,56*	0,96	0,70	27,29*	0,96	0,81	32,12*	0,97	0,84	6,28	35,50
LF	11,90*	0,98	0,84	5,66*	0,97	0,72	11,77*	0,96	0,84	13,96*	0,97	0,86	2,21	25,77
EF	2,70*	0,95	0,57	3,01*	0,95	0,60	2,21*	0,93	0,52	4,14*	0,95	0,67	2,04	16,79
PA	0,36*	0,87	0,23	0,04 ^{n.s}	0,53	0,03	0,24*	0,79	0,17	0,20*	0,75	0,14	1,20	2,11
CA	11,57*	0,97	0,64	4,37*	0,92	0,40	14,27*	0,95	0,69	16,21*	0,95	0,72	6,42	27,14
LA	5,25*	0,97	0,67	3,78*	0,95	0,60	4,04*	0,93	0,61	7,80*	0,95	0,76	2,52	18,01
EA	2,10*	0,93	0,42	1,40*	0,89	0,32	1,28*	0,87	0,30	2,68*	0,92	0,48	2,92	11,75
CPS	150,52*	0,97	0,77	144,27*	0,97	0,76	212,69*	0,95	0,82	270,01*	0,97	0,86	44,92	59,45
DBPS	29,47*	0,95	0,55	30,37*	0,94	0,55	22,57*	0,92	0,48	67,19*	0,95	0,73	24,32	44,23
DAPS	16,06*	0,91	0,38	27,63*	0,94	0,52	18,47*	0,91	0,42	46,03*	0,94	0,64	25,61	31,92
AC	0,07*	0,98	0,99	0,03*	0,97	0,97	0,004*	0,91	0,80	0,14*	0,98	0,99	0,001	0,49
SST	2,29*	0,99	0,98	1,88*	0,98	0,97	1,57*	0,96	0,97	4,33*	0,98	0,99	0,05	13,77
SST/AC	109,88*	0,97	0,91	89,00*	0,97	0,89	124,16*	0,95	0,92	196,76*	0,97	0,95	10,54	34,36

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Wald.

que alguns caracteres, como a qualidade e o peso da castanha e amêndoa, necessitam de avanços genéticos e que a estreita base genética utilizada no melhoramento da cultura caracteriza uma situação de vulnerabilidade genética. Verificaram que a utilização de genótipos superiores obtidos por meio da hibridação entre cajueiro anão precoce e cajueiro comum consiste em uma estratégia importante para o melhoramento do cajueiro, podendo ser útil para aumentar a variabilidade genética da cultura. Esse resultado foi confirmado em outro estudo realizado pelos mesmos autores (CAVALCANTI et al., 2007).

A eficiência da seleção depende do quão herdável é o caráter em questão. Percebeu-se que os caracteres acidez titulável, sólidos solúveis totais e a relação sólidos solúveis totais/acidez titulável apresentaram mais variabilidade genética e foram menos influenciados pelo ambiente ($h^2 > 0,80$) do que os demais. As estimativas de herdabilidade para acidez e sólidos solúveis totais obtidas por Lucena (2006), em cajueiro comum, ficaram acima de 0,90 e estão de acordo com os valores encontrados neste trabalho.

Para largura, comprimento e peso do fruto, as herdabilidades variaram de 0,70 a 0,86. A espessura do fruto apresentou os menores valores estimados (0,52 a 0,67), relativo à morfologia da castanha. Para pseudofruto, o comprimento destacou-se com valores de herdabilidade que variaram de 0,76 a 0,86. Já no estudo desenvolvido por Lucena (2006), peso total, comprimento e diâmetros apical e basal do pseudofruto apresentaram coeficientes de herdabilidade superiores ($>0,90$) aos encontrados neste trabalho, que ficaram entre 0,70 a 0,90.

Em trabalhos avaliando seleção precoce intensiva, que consiste no adensamento de plantas maior que o tradicional, Cavalcanti et al. (2010), relatam que à seleção precoce foi realizada para caracteres de alta herdabilidade, como o peso médio de fruto, nos dois primeiros anos de idade das plantas, sendo observado a eficiência e a viabilidade do método. Neste contexto, os genótipos avaliados poderiam ser explorados, tanto quanto para a heterose como para seleção precoce intensiva nos caracteres mensurados com altos valores de herdabilidade.

No principal produto da cultura, a amêndoa, as estimativas de herdabilidade foram mais elevadas quanto ao comprimento e largura e de menor magnitude para espessura ($h^2 < 0,48$). O peso de amêndoa apresentou baixos valores de herdabilidade em todos ambientes, indicando baixa variabilidade genética para este caráter nas populações. Segundo Cavalcanti et al. (2007), valores elevados de

herdabilidade para peso da amêndoa e peso do fruto em cajueiro, indicam, maior chance da ocorrência de pequeno número de genes ou menor efeito ambiental influenciando os referidos caracteres. Neste caso, também é possível conjecturar, complementando a ideia dos autores, sobre a presença de *major genes*, ou seja, genes individuais ou QTLs (*quantitative trait loci*), que têm grande efeito sobre a expressão fenotípica desses caracteres.

Vale ressaltar que a herdabilidade não é imutável, sendo influenciada pela característica avaliada, pela população e condições ambientais nas quais estão submetidas às populações, unidade experimental, tamanho da amostra e acurácia na coleta dos dados. A herdabilidade pode ser definida como a expressão da confiança do valor fenotípico como um guia do valor genético (FALCONER, 1981; FERREIRA, 2013).

Os valores da acurácia seletiva permitem assinalar que a classe de precisão do experimento foi, em geral, alta. Acurácia seletiva refere-se à correlação entre o valor genético verdadeiro e o valor estimado ou predito, necessitando para sua estimação da existência de variação genética. Quanto mais próximo de 1 for a acurácia, menor são os desvios entre os valores genéticos paramétricos e os estimados, acentuando a confiabilidade da seleção (HENDERSON, 1984; RESENDE, 2007). No presente estudo, as informações extraídas dos dados experimentais têm elevada confiabilidade para descrever os valores genéticos das plantas de cajueiro avaliadas, conforme Resende e Duarte (2007).

Em geral, houve menor precisão relativa para caracteres de fruto, especialmente peso do fruto. Nesse caso, a baixa acurácia está atrelada a menor magnitude da variação genética observada nos ambientes de cultivo. Para os caracteres que apresentaram variância genética significativa, foram observados valores baixos de erro de predição (PEV), indicando que a variação residual ou ambiental foi pequena ou de baixa magnitude, ou seja, baixo erro de predição levam a alta acurácia, e segundo Santos et al. (2014), essa situação é favorável para seleção de indivíduos superiores.

A partir das predições BLUPs dos valores genotípicos dos 125 indivíduos amostrados foram estimados os coeficientes de correlação genotípica entre os quatorze caracteres quantitativos (Tabela 3). As estimativas de correlação, em sua maioria, foram significativas, positivas e de mediana a alta magnitude ($\geq 0,40$), com exceção de acidez titulável e sólidos solúveis totais, que apresentaram valores

negativos, não significativos e baixos ($< -0,40$) com os demais caracteres, e não significativo entre si. Acidez titulável e sólidos solúveis totais são influenciados pelo ambiente, sendo o estágio de maturação do pedúnculo um dos fatores de variação. Figueiredo (2000), trabalhando com o clone CCP-76, relata que variação da acidez ocorre com pequenos acréscimos de ácidos orgânicos até a maturação do fruto, enquanto o Brix aumenta significativamente ao longo do desenvolvimento do fruto.

A seleção de genótipos com caracteres desejáveis do fruto, pseudofruto e amêndoa, é facilitada pela presença de correlações genéticas positivas e significativas entre estes, podendo ser realizada seleção indireta por meio de descritores de fácil mensuração (CRUZ et al., 2004). Além disso, não deverá haver dificuldade em selecionar indivíduos com teores satisfatórios de acidez titulável, sólidos solúveis totais e relação sólidos solúveis totais/acidez, com caracteres desejáveis de fruto, pseudofruto e amêndoa, considerando que as estimativas de correlação genética foram não significativas e de baixa magnitude, embora negativas (Tabela 3). Em estudo com descritores morfoagronômicos em cajuí, Borges (2015) relatou situação semelhante para acidez e sólidos solúveis totais com os caracteres de castanha e pedúnculo, evidenciando correlação fenotípica negativa e de baixa magnitude. Deste modo, verifica-se a congruência dos dados genéticos e fenotípicos. Dificuldades para reunir fenótipos desejáveis para caracteres da castanha e do pseudofruto foram relatadas por Paiva et al. (2005).

Tabela 3 Estimativas das correlações genéticas entre os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais e acidez (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, em Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, em 2015.

Caracteres	PP	PF	CF	LF	EF	PA	CA	LA	EA	CPS	DBPS	DAPS	AC	SST	SST/AC
PT	0,99**	0,77**	0,70**	0,72**	0,55**	0,59**	0,72**	0,67**	0,46**	0,76**	0,88**	0,58**	-0,22*	-0,28**	0,08 ^{n.s}
PP		0,73**	0,67**	0,69**	0,52**	0,57**	0,69**	0,64**	0,44**	0,76**	0,88**	0,58**	-0,21*	-0,27**	0,09 ^{n.s}
PF			0,90**	0,94**	0,71**	0,69**	0,89**	0,83**	0,53**	0,63**	0,64**	0,43**	-0,15 ^{n.s}	-0,18*	0,01 ^{n.s}
CF				0,94*	0,49**	0,59**	0,85**	0,78**	0,30**	0,67**	0,58**	0,31**	-0,12 ^{n.s}	-0,18*	-0,05 ^{n.s}
LF					0,61**	0,62**	0,85**	0,81**	0,41**	0,62**	0,62**	0,38**	-0,13 ^{n.s}	-0,20*	-0,05 ^{n.s}
EF						0,59**	0,55**	0,47**	0,80**	0,36**	0,50**	0,39**	-0,26**	-0,16 ^{n.s}	0,06 ^{n.s}
PA							0,76**	0,70**	0,63**	0,43**	0,50**	0,37**	-0,06 ^{n.s}	-0,33**	-0,09 ^{n.s}
CA								0,91**	0,54**	0,59**	0,59**	0,43**	-0,19*	-0,25*	0,01 ^{n.s}
LA									0,48**	0,57**	0,55**	0,39**	-0,18*	-0,30**	0,03 ^{n.s}
EA										0,25**	0,44**	0,40**	-0,32**	-0,20*	0,13 ^{n.s}
CPS											0,54**	0,12 ^{n.s}	-0,21*	-0,23*	0,01 ^{n.s}
DBPS												0,73**	-0,23**	-0,29**	0,01 ^{n.s}
DAPS													-0,25**	-0,21*	0,14 ^{n.s}
AC														0,11 ^{n.s}	-0,82**
SST															0,05 ^{n.s}

** , * e ^{n.s} significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo bootstrap.

Constatou-se diferenças entre os ambientes de cultivo estudados quanto ao desempenho médio das plantas para a maioria dos caracteres avaliados, com exceção do peso total, espessura do fruto, espessura da amêndoa e comprimento do pseudofruto (Tabela 4). Piracuruca esteve entre os municípios com médias superiores para a maioria dos descritores avaliados, exceto para peso do pseudofruto, diâmetro apical e basal do pseudofruto e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável.

Tabela 4 Comparação entre as médias dos locais, Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, para os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, em 2015.

Caracteres	Piracuruca	Barro Duro	Teresina	Ipiranga do Piauí
PT	67,75 a	77,49 a	85,95 a	66,66 a
PP	59,74 b	70,29 a	78,48 a	60,20 ab
PF	7,94 a	7,18 ab	7,43 ab	6,39 b
CF	37,07 a	34,90 ab	36,17 ab	32,81 b
LF	26,75 a	25,59 ab	25,72 ab	24,09 b
EF	16,79 a	17,07 a	17,43 a	16,08 a
PA	2,35 a	2,02 bc	2,23 ab	1,76 c
CA	28,31 a	26,35 b	27,61 ab	25,31 b
LA	19,02 a	17,54 b	17,84 ab	16,52 b
EA	11,92 a	11,88 a	12,11 a	11,03 a
CPS	57,44 a	62,77 a	63,80 a	56,05 a
DBPS	42,54 b	46,02 a	47,07 a	43,09 ab
DAPS	30,01 b	32,14 a	35,09 a	33,19 a
AC	0,57 a	0,40 b	0,28 c	0,62 a
SST	13,65 a	13,69 a	13,13 b	14,56 a
SST/AC	28,57 c	38,12 b	49,29 a	31,27 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$).

A relação SST/AC apresentou o maior efeito fenotípico em Teresina. A estimativa dessa razão foi influenciada principalmente pela acidez titulável, que foi mais baixa em Teresina; já em Piracuruca e Ipiranga do Piauí, a alta acidez reduziu

o valor da relação SST/AC. Esta relação é indicativa do equilíbrio entre o sabor doce e ácido da fruta, sendo considerada como um importante índice de maturidade do fruto, embora não seja uma garantia da qualidade destes (LIMA et al., 2007). É o melhor indicador do sabor, especialmente para consumo *in natura* dos pseudofrutos, do que a análise isolada do teor de sólidos solúveis e acidez (BORGES, 2015). Conforme Alves et al. (1999), a máxima qualidade comestível é alcançada quando o pseudofruto está completamente maduro, coincidindo com alta relação SST/ATT.

Os ambientes Piracuruca e Ipiranga do Piauí contrastaram para os caracteres do fruto e da amêndoa, sendo que no primeiro ambiente foram obtidas as maiores estimativas. Tal fato pode ser decorrente da seleção de indivíduos realizada pelos produtores, que é mais voltada para comercialização de castanha em Piracuruca e produção de doces e cajuína em Ipiranga do Piauí.

Os resultados encontrados reforçam a existência de variabilidade genética e a possibilidade de capitalizar os efeitos benéficos da seleção praticada pelos produtores. Essa informação torna-se importante à medida em que problemas decorrentes de vulnerabilidade genética, em plantios com clones de caju, têm sido relatados (RABBANI et al., 2012; PAIVA et al. 2003), como consequência principalmente do uso de pequeno número de clones, em especial aos CCP-76 e CCP-09, com base genética estreita, pois são originários de prospecção e pesquisa da estação experimental de Pacajus, região litorânea de transição litoral-caatinga.

Com base nas predições dos valores genotípicos individuais, os maiores ganhos com a seleção dos primeiros indivíduos selecionados (Figura 2), foram para peso total, peso do pseudofruto e acidez titulável. Nestes, os valores dos ganhos com a seleção superam os valores médios das populações. Para a maioria dos descritores, os ganhos são altos, como por exemplo, para peso de amêndoa, com média de 2,11 g e ganho de 1,87 g com a seleção do indivíduo 32 (Tabela 5).

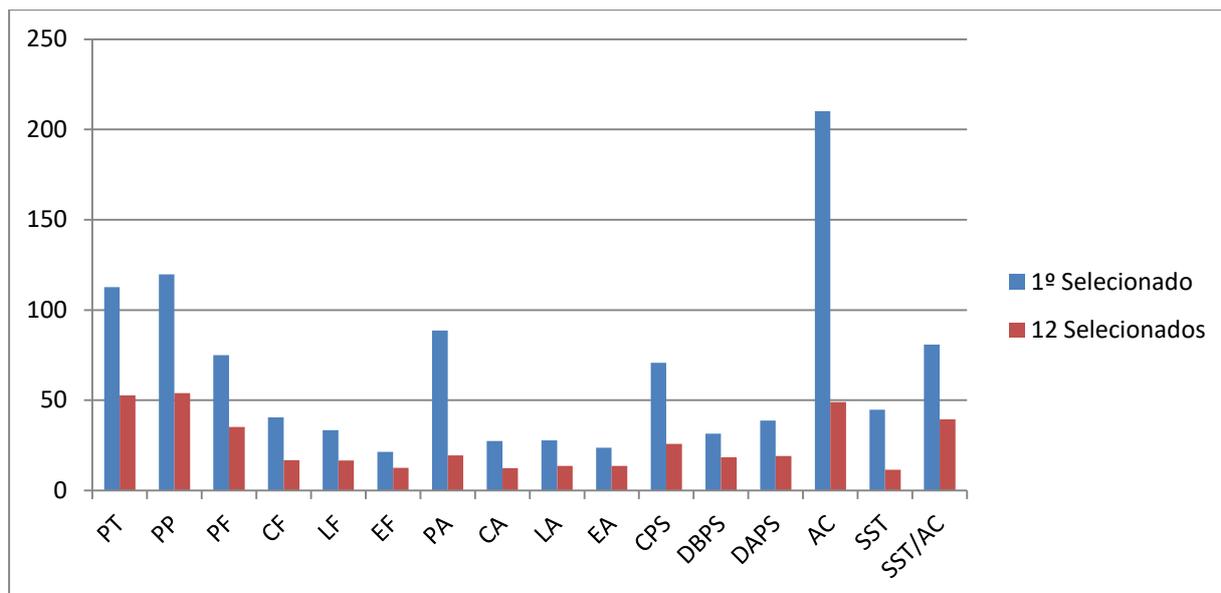


Figura 2 Gráfico do ganho com seleção (%) em relação à média, para os caracteres peso total (PT), peso do pseudofruto (PP), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS); acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, nos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, em 2015.

No raqueamento dos quinze genótipos selecionados pelo BLUP, os destaques individuais foram os genótipos 115, 110, 108, 103, 92 e 22, que mostraram desempenho superior para a maioria dos caracteres de fruto, amêndoa e pseudofruto (Tabela 5). Dessa forma, verificou-se concordância entre os resultados obtidos pela análise gráfica e pelo BLUP, quanto aos genótipos selecionados, demonstrando eficiência nos métodos utilizados.

Os genótipos 110 e 103 foram selecionados para a relação sólidos solúveis totais/acidez titulável que também aparecem na seleção dos descritores de fruto, amêndoa e pseudofruto, evidenciando a dificuldade em reunir em uma única planta todos os caracteres desejáveis. Esse desempenho fica evidente quando se compara os indivíduos que sobressaíram com relação aos descritores físico-químicos e aqueles referentes ao fruto, amêndoa e pseudofruto. Paiva et al. (2005), também relatam dificuldades em encontrar uma planta com bom desempenho fenotípico para porte e produção de castanha, pois nem sempre as plantas apresentam amêndoas com qualidade para a comercialização e porte que facilite a colheita da produção.

O desempenho relativo compara o genótipo de maior variabilidade genética com a média dos valores genéticos da seleção realizada. Em geral, os valores do desempenho relativo foram altos, com estimativas acima de 80%. O menor valor estimado foi para o peso de amêndoa (70,6%), que segundo Cavalcanti et al. (2000), é um caráter que precisa ser melhor estudado. No trabalho em questão, os parâmetros genéticos estimados para peso de amêndoa apresentaram baixa magnitude, sendo este o principal produto gerador de divisas na espécie.

Os indivíduos 124, 112 e 119 mostraram elevado efeito genético para sólidos solúveis totais, destacando-se o indivíduo 124, com 20,75 °Brix (Tabela 2A). Esses genótipos selecionados para sólidos solúveis totais foram amostrados no município de Ipiranga, o que pode ser explicado pelo fato do plantio ter sido com castanhas, provenientes de plantas selecionadas para o caráter.

Os indivíduos 31, 74 e 118 destacaram-se para acidez titulável, sendo o genótipo 31 do município de Piracuruca, 118 de Ipiranga do Piauí e 74 de Barro Duro. Esta seleção é correlata com os efeitos fenotípicos e genéticos para os ambientes (Tabelas 2 e 4). Em Teresina, obteve-se o menor efeito fenotípico e não houve genótipos destacados na seleção.

Tabela 5 Distribuição, baseado nos valores genotípicos dos 15 primeiros genótipos, valor genético (VG) valor da média mais efeito genético (U+G), ganho, nova média e desempenho relativo (DR), para os caracteres peso total (PT), peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), largura de fruto (LF), espessura de fruto (EF), peso de amêndoa (PA), comprimento de amêndoa (CA), largura de amêndoa (LA), espessura de amêndoa (EA), comprimento de pseudofruto (CPS), diâmetro basal do pseudofruto (DBPS), diâmetro apical do pseudofruto (DAPS), acidez titulável (AC), sólidos solúveis totais (SST) e relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AC), avaliados em 125 genótipos de cajueiro comum, nos municípios de Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, em 2015.

Caráter	Estimativa	Ordem do ranqueamento														
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
PT	Genótipo	115(P)	92(T)	22(P)	49(P)	125(I)	108(I)	83(B)	110(I)	59(B)	90(T)	38(P)	103(I)	120(I)	37(P)	42(P)
	VG	81,95	66,12	52,30	52,25	52,02	49,29	47,17	44,11	43,80	43,76	43,39	43,31	42,69	41,54	35,15
	U+G	154,70	138,80	125,00	125,00	124,70	122,00	119,90	116,80	116,50	116,50	116,10	116,00	115,40	114,30	107,90
	Ganho	81,95	74,04	59,21	52,28	52,14	50,65	48,22	45,63	43,95	43,78	43,57	43,35	43,00	42,11	38,35
	Nova média	154,70	150,70	144,50	139,60	136,6	134,40	132,50	130,70	129,20	127,90	126,90	126,00	125,20	124,40	123,50
	DR (%)	100,00	97,40	93,40	90,20	88,30	86,90	85,70	84,50	83,50	82,70	82,00	81,40	80,90	80,40	79,90
PP	Genótipo	115(I)	92(T)	125(I)	49(P)	22(P)	83(B)	108(I)	37(P)	90(T)	103(I)	110(I)	120(I)	59(B)	38(P)	42(P)
	VG	78,30	60,90	50,90	50,10	49,30	45,10	44,90	41,80	41,70	40,30	40,10	39,30	39,10	37,80	32,80
	U+G	143,60	126,20	116,30	115,40	114,70	110,40	110,20	107,20	107,00	105,70	105,50	104,60	104,50	103,10	98,13
	Ganho	78,28	69,58	55,90	50,49	49,71	47,21	44,98	43,36	41,76	40,99	40,21	39,71	39,21	38,46	35,28
	Nova média	143,60	139,30	133,30	128,90	126,10	123,90	121,90	120,30	118,80	117,60	116,50	115,50	114,70	113,90	113,00
	DR (%)	100,00	97,00	92,80	89,80	87,80	86,20	84,90	83,70	82,70	81,90	81,10	80,40	79,80	79,30	78,70
PF	Genótipo	38(P)	92(T)	59(B)	105(I)	108(I)	110(I)	115(I)	18(P)	120(I)	31(P)	48(P)	103(I)	78(B)	22(P)	100(T)
	VG	5,5	5,12	4,44	4,37	4,23	3,76	3,51	3,39	3,21	3,19	3,04	2,79	2,64	2,63	2,54
	U+G	12,83	12,45	11,77	11,69	11,56	11,08	10,84	10,72	10,54	10,52	10,37	10,12	9,97	9,95	9,87
	Ganho	5,5	5,31	4,78	4,41	4,30	3,99	3,63	3,45	3,30	3,20	3,12	2,92	2,72	2,63	2,58
	Nova média	12,83	12,74	12,53	12,33	12,19	12,05	11,89	11,75	11,63	11,52	11,42	11,32	11,22	11,14	11,05
	DR (%)	100,0	99,3	97,70	96,10	95,00	93,90	92,70	91,60	90,60	89,80	89,00	88,30	87,50	86,80	86,20

Continua...

Tabela 5 Continuação

Caráter	Estimativa	Ordem do ranqueamento														
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
CF	Genótipo	40(P)	108(I)	39(P)	115(I)	92(T)	110(I)	100(T)	120(I)	51(B)	66(B)	9(P)	78(B)	105(I)	28(P)	31(P)
	VG	14,40	10,53	9,02	8,56	8,45	8,41	8,37	7,61	7,55	7,12	6,61	6,5	6,37	5,99	5,98
	U+G	49,90	46,04	44,52	44,06	43,96	43,91	43,88	43,12	43,05	42,62	42,11	42,01	41,87	41,5	41,48
	Ganho	14,40	12,47	9,77	8,79	8,51	8,43	8,39	7,99	7,58	7,33	6,86	6,56	6,44	6,18	5,99
	Nova média	49,90	48,93	47,72	46,86	46,29	45,9	45,61	45,35	45,09	44,87	44,64	44,43	44,24	44,06	43,88
	DR (%)	100,00	98,10	95,60	93,90	92,80	92,00	91,40	90,90	90,40	89,90	89,50	89,00	88,60	88,30	87,90
LF	Genótipo	38(P)	105(I)	115(I)	108(I)	120(I)	78(B)	48(P)	91(T)	92(T)	9(P)	31(P)	100(T)	18(P)	110(I)	103(I)
	VG	8,64	6,23	5,57	5,47	5,46	5,42	4,91	4,82	4,81	4,77	4,76	4,66	4,64	4,39	4,16
	U+G	34,41	31,99	31,34	31,24	31,23	31,19	30,68	30,59	30,57	30,54	30,53	30,43	30,41	30,16	29,93
	Ganho	8,64	7,43	5,9	5,52	5,47	5,44	5,17	4,86	4,81	4,79	4,77	4,71	4,65	4,52	4,28
	Nova média	34,41	33,81	33,09	32,64	32,36	32,17	31,99	31,82	31,69	31,57	31,48	31,39	31,32	31,25	31,17
	DR (%)	100,00	98,20	96,20	94,90	94,10	93,50	93,00	92,50	92,10	91,80	91,50	91,20	91,00	90,80	90,60
EF	Genótipo	83(B)	103(I)	59(B)	105(I)	36(P)	14(P)	75(B)	22(P)	32(P)	92(T)	108(I)	95(T)	115(I)	64(T)	120(I)
	VG	3,59	3,38	3,36	3,35	3,31	2,98	2,97	2,78	2,34	2,31	2,29	2,21	2,19	2,17	2,07
	U+G	20,38	20,16	20,15	20,14	20,09	19,77	19,76	19,57	19,13	19,1	19,08	18,99	18,98	18,95	18,86
	Ganho	3,59	3,48	3,37	3,36	3,33	3,15	2,98	2,882	2,57	2,33	2,31	2,25	2,20	2,18	2,12
	Nova média	20,38	20,32	20,27	20,24	20,22	20,17	20,11	20,06	19,98	19,89	19,82	19,76	19,69	19,64	19,59
	DR (%)	100,00	99,70	99,50	99,30	99,20	99,00	98,70	98,40	98,00	97,60	97,30	96,90	96,60	96,40	96,2
PA	Genótipo	32(P)	92(T)	115(I)	108(I)	42(P)	40(P)	48(P)	5(P)	49(P)	110(I)	7(P)	90(T)	36(P)	120(I)	22(P)
	VG	1,87	0,92	0,69	0,68	0,63	0,57	0,55	0,55	0,52	0,51	0,50	0,46	0,44	0,44	0,39
	U+G	3,98	3,041	2,81	2,79	2,74	2,68	2,66	2,66	2,64	2,62	2,61	2,57	2,56	2,55	2,49
	Ganho	1,87	1,39	0,81	0,68	0,65	0,59	0,56	0,55	0,54	0,52	0,51	0,48	0,45	0,44	0,41

Continua...

Nova média	3,98	3,74	3,47	3,30	3,19	3,11	3,05	3,00	2,96	2,93	2,90	2,88	2,85	2,83	2,81
DR (%)	100,00	94,10	87,20	83,00	80,30	78,30	76,70	75,50	74,50	73,60	72,90	72,30	71,70	71,10	70,6

Tabela 5 Continuação

Caráter	Estimativa	Ordem do ranqueamento														
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
CA	Genótipo	92(T)	108(I)	38(P)	115(I)	110(I)	48(P)	100(T)	120(I)	40(P)	42(P)	105(I)	9(P)	116(I)	78(B)	22(P)
	VG	7,44	7,17	6,69	6,6	6,46	5,73	5,54	4,57	4,56	4,2	3,85	3,72	3,66	3,45	3,28
	U+G	34,58	34,31	33,83	33,74	33,61	32,87	32,67	31,71	31,7	31,34	30,99	30,86	30,79	30,59	30,41
	Ganho	7,44	7,31	6,93	6,64	6,53	6,1	5,63	5,05	4,57	4,38	4,03	3,79	3,69	3,56	3,36
	Nova média	34,58	34,51	34,36	34,22	34,11	33,96	33,79	33,59	33,38	33,2	33,01	32,84	32,69	32,54	32,41
	DR (%)	100,00	99,80	99,40	99,00	98,60	98,20	97,70	97,10	96,50	96,00	95,50	95,00	94,50	94,1	93,70
LA	Genótipo	108(I)	38(P)	115(I)	110(I)	51(B)	92(T)	120(I)	48(P)	40(P)	7(P)	96(T)	59(B)	41(P)	31(P)	116(I)
	VG	5,00	4,75	4,44	4,43	3,89	3,68	3,68	3,48	3,04	2,92	2,81	2,79	2,64	2,46	2,45
	U+G	23,02	22,76	22,46	22,44	21,91	21,69	21,69	21,49	21,05	20,93	20,82	20,81	20,66	20,48	20,46
	Ganho	5,00	4,87	4,59	4,44	4,16	3,78	3,68	3,58	3,26	2,98	2,86	2,80	2,72	2,55	2,46
	Nova média	23,02	22,95	22,84	22,74	22,63	22,49	22,38	22,28	22,17	22,05	21,94	21,85	21,76	21,68	21,59
	DR (%)	100,00	99,70	99,20	98,80	98,30	97,70	97,20	96,80	96,30	95,80	95,30	94,90	94,60	94,20	93,80
EA	Genótipo	83(B)	5(P)	36(P)	45(P)	59(B)	116(I)	18(P)	22(P)	112(I)	104(I)	120(I)	82(B)	103(I)	69(B)	6(P)
	VG	2,79	2,47	2,45	2,32	2,15	2,12	1,98	1,95	1,92	1,91	1,89	1,79	1,72	1,61	1,59
	U+G	14,54	14,23	14,21	14,07	13,90	13,87	13,73	13,70	13,67	13,67	13,64	13,55	13,47	13,37	13,34
	Ganho	2,79	2,63	2,46	2,39	2,24	2,13	2,05	1,96	1,94	1,92	1,90	1,85	1,76	1,67	1,60
	Nova média	14,54	14,46	14,38	14,32	14,26	14,19	14,14	14,08	14,04	14,01	13,97	13,94	13,91	13,87	13,84
	DR (%)	100,00	99,50	98,90	98,50	98,00	97,60	97,20	96,90	96,60	96,30	96,10	95,90	95,70	95,40	95,20
CPS	Genótipo	39(P)	115(I)	55(B)	108(I)	74(B)	66(B)	92(T)	99(T)	38(P)	103(I)	107(I)	120(I)	110(I)	22(P)	34(P)
	VG	42,03	32,38	30,13	29,09	25,41	24,46	24,38	20,61	20,21	19,49	19,5	17,03	17,03	15,72	14,98
	U+G	101,50	91,84	89,59	88,54	84,86	83,91	83,83	80,06	79,67	78,95	78,95	76,49	76,48	75,17	74,44
	Ganho	42,03	37,21	31,26	29,61	27,25	24,93	24,42	22,49	20,41	19,85	19,50	18,26	17,03	16,37	15,35
	Nova média	101,50	99,07	96,28	94,48	92,93	91,50	90,41	89,35	88,30	87,40	86,63	85,89	85,17	84,50	83,85
	DR (%)	100,00	97,60	94,90	93,10	91,60	90,20	89,10	88,00	87,00	86,10	85,40	84,60	83,90	83,30	82,60

Continua...

Tabela 5 Continuação

Caráter	Estimativa	Ordem do ranqueamento														
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
DBPS	Genótipo	115(I)	83(B)	110(I)	49(P)	112(I)	22(P)	119(I)	71(B)	103(I)	107(I)	38(P)	37(P)	59(B)	50(P)	90(T)
	VG	13,91	12,11	11,77	11,2	11,02	9,88	9,51	9,02	9,01	9,01	8,77	8,69	8,49	8,41	7,91
	U+G	58,14	56,34	56	55,43	55,25	54,12	53,74	53,25	53,24	53,24	53,01	52,93	52,73	52,64	52,15
	Ganho	13,91	13,01	11,94	11,48	11,11	10,45	9,69	9,26	9,01	9,01	8,89	8,73	8,59	8,45	8,16
	Nova média	58,15	57,69	57,19	56,82	56,52	56,22	55,89	55,59	55,33	55,12	54,94	54,77	54,63	54,49	54,35
	DR (%)	100,00	99,20	98,40	97,70	97,20	96,70	96,10	95,60	95,20	94,80	94,50	94,20	93,90	93,70	93,50
DAPS	Genótipo	113(I)	52(B)	78(B)	112(I)	49(P)	83(B)	58(B)	37(P)	115(I)	102(I)	90(T)	81(B)	103(I)	107(I)	105(I)
	VG	12,37	10,94	8,86	8,42	8,33	8,23	8,09	7,98	7,65	7,02	6,46	6,36	6,23	6,23	5,97
	U+G	44,28	42,85	40,77	40,34	40,25	40,14	40,01	39,89	39,57	38,93	38,37	38,28	38,15	38,15	37,88
	Ganho	12,36	11,65	9,90	8,64	8,37	8,27	8,16	8,03	7,82	7,34	6,74	6,41	6,29	6,23	6,10
	Nova média	44,28	43,92	43,22	42,56	42,10	41,78	41,54	41,34	41,16	40,97	40,76	40,56	40,38	40,22	40,07
	DR (%)	100,00	99,20	97,60	96,10	95,10	94,40	93,80	93,40	93,00	92,50	92,10	91,60	91,20	90,80	90,50
AC	Genótipo	31(P)	118(I)	74(B)	16(P)	117(I)	106(I)	49(P)	121(I)	32(P)	122(I)	12(P)	40(P)	111(I)	101(I)	28(P)
	VG	1,03	0,91	0,89	0,77	0,69	0,67	0,59	0,55	0,51	0,45	0,43	0,37	0,25	0,25	0,23
	U+G	1,52	1,39	1,38	1,27	1,18	1,165	1,08	1,04	1,01	0,94	0,92	0,87	0,74	0,74	0,72
	Ganho	1,03	0,97	0,89	0,83	0,73	0,68	0,63	0,57	0,53	0,48	0,44	0,39	0,31	0,25	0,24
	Nova média	1,52	1,49	1,46	1,42	1,38	1,35	1,32	1,28	1,26	1,23	1,2	1,17	1,15	1,12	1,09
	DR (%)	100,00	98,00	95,90	93,80	91,20	88,80	86,70	84,60	82,70	80,80	79,00	77,40	75,50	73,60	71,9
SST	Genótipo	124(I)	112(I)	119(I)	28(P)	2(P)	18(P)	55(B)	80(B)	54(B)	16(P)	29(P)	70(B)	95(T)	99(T)	26(P)
	VG	6,16	3,67	3,67	3,32	2,83	2,58	2,54	2,54	2,46	2,34	2,34	2,29	2,09	1,60	1,59
	U+G	19,94	17,44	17,44	17,10	16,60	16,35	16,31	16,31	16,23	16,11	16,11	16,06	15,87	15,38	15,37
	Ganho	6,16	4,91	3,67	3,50	3,08	2,71	2,56	2,54	2,49	2,40	2,34	2,31	2,19	1,85	1,59

Continua...

Nova média	19,94	19,31	18,69	18,34	18,04	17,78	17,57	17,42	17,29	17,18	17,08	16,99	16,92	16,82	16,73
DR (%)	100,00	96,90	93,80	92,00	90,50	89,20	88,10	87,40	86,70	86,20	85,70	85,30	84,9	84,40	83,90

Tabela 5 Continuação

Caráter	Estimativa	Ordem do ranqueamento														
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
	Genótipo	109(I)	47(P)	61(B)	98(T)	110(I)	99(T)	46(P)	124(I)	15(P)	63(B)	35(P)	1(P)	103(I)	107(I)	3(P)
	VG	27,80	27,40	21,60	21,40	19,40	19,20	18,90	17,60	17,50	16,40	15,50	14,60	13,60	13,60	13,50
SST/AC	U+G	62,14	61,78	55,91	55,73	53,74	53,59	53,29	51,98	51,82	50,73	49,86	48,98	47,96	47,96	47,91
	Ganho	27,78	27,59	24,48	21,45	20,37	19,30	19,07	18,27	17,53	16,91	15,93	15,06	14,11	13,60	13,57
	Nova média	62,14	62,05	60,98	59,69	58,70	57,86	57,23	56,65	56,13	55,64	55,16	54,68	54,20	53,75	53,37
	DR (%)	100,00	99,90	98,10	96,10	94,50	93,10	92,10	91,20	90,30	89,50	88,80	88,00	87,20	86,50	85,90

5.4 Conclusões

Existe variabilidade genética para os caracteres avaliados, nas populações de cajueiro comum, nos quatro ambientes, o que é fundamental para a prática de seleção.

A seleção indireta, por meio de descritores de fácil mensuração no fruto, amêndoa e pseudofruto pode proporcionar a seleção de genótipos com teores satisfatórios relação de sólidos solúveis totais/ acidez titulável.

Os genótipos indicados morfoagronômicos foram 115, 110, 92, 38, 108 e 103; para acidez titulável, os 31, 118 e 74; para sólidos solúveis totais, os genótipos 124 e 112; e para sólidos solúveis totais/acidez titulável, os genótipos 109 e 47.

O genótipo selecionado 115 apresentou desempenho superior para a maioria dos caracteres.

Referências

- ALVES, R. E.; BEZERRA, F. C.; ABREU, F. A. P.; Development and maturation of the apple of early dwarf cashew tree CCP-76. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 485, n. 1. p.255-30, 1999.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. de. **Atlas climatológico do Estado do Piauí**. Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2004. 151p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 101).
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2010. 129 p.
- BARROS, L. M. Melhoramento. In: LIMA, V. P. M. S. (Ed.). **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. p.321-356 (Estudos Econômicos e Sociais, 35).
- BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V. Recursos genéticos de cajueiro: situação atual e estratégias para o futuro. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.
- BERNARDO R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Minnesota. Stemma Press. 2010. 400p.
- BORGES, A. N. C. **Caracterização genética em germoplasma de cajuí (*Anacardium spp.*) por meio de marcadores morfoagronômicos e moleculares ISSR**. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.

- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília, DF: IICA/MAPA/SPA, 2007. v. 7, 102 p.
- CAVALCANTI, J. J. V.; PINTO, C. A. B. P.; CRISÓSTOMO, J. R.; FERREIRA, D. F. Análise dialéctica para avaliação de híbridos interpopulacionais de cajueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 35, n. 8, p. 1567-1575. 2000.
- CAVALCANTI, J. J. V.; PINTO, C. A. B. P.; CRISÓSTOMO, J. R.; FERREIRA, D. F. Genetic control of quantitative traits and hybrid breeding strategies for cashew improvement. **Crop Breeding Applied Biotechnology**. Viçosa, MG. v. 7. n. 2 p. 186-195. 2007.
- CAVALCANTI, J. J. V.; RESENDE, M. D. V. Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP. v.32, n. 4, p. 1279-1284. 2010.
- CRUZ, C.D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. Maringá. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- CRUZ, C.D. REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v.1 .480p.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Imp. Universitária, 1981. 279p.
- FERREIRA, R. T. **Melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims*) via seleção recorrente e modelos mistos**. 2013. 119 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes. 2013.
- FIGUEIREDO, R. W. **Desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro-anão precoce CCP - 76 sob influência do cálcio**. 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2000.
- GUANZIROLI, E. C.; MEIRELLES de SOUZA, H.; VALENTE JÚNIOR, A.; BASCO, C. A. Entraves ao desenvolvimento da cajucultura no nordeste: margens de comercialização ou aumentos de produtividade e de escala? **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, RS. v.16, n.18. p. 96-122. 2009.
- HENDERSON, C. R. **Applications of liner models in animal breeding**. Guelph: University of Guelph Press, 1984. 462 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2016. Disponível em <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?coduf=22&search=piauilang=>>. acesso em: 15 de dez. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. LSPA – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, 2017. [on line] Disponível na internet via [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201701.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201701.pdf). Arquivo consultado em 22 de Fev. de 2017.
- IBPGR. **Cashew descriptors**. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, 1986. Disponível em: <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/HTMLPublications/348>. Acesso em 14 ago. 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. (4. ed.) (Coord): ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. São Paulo. Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

LIMA, E. S. L.; SILVA, E. G.; NETO, J. M. M.; MOITA, G. C. Redução de vitamina C em suco de caju industrializado e cajuína. **Química Nova**. São Paulo, SP. v. 30, n. 5, p. 1143-1146, 2007.

LITTELL, R. C.; GEORGE A. M.; WALTER, W. S.; RUSSELL, D. W.; OLIVER, S. 2006. **SAS for Mixed Models**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2006. 834 p.

LUCENA, V. M. X. **Diversidade genética entre genótipos de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) e qualidade do fruto e pseudofruto**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2006.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. R.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. B. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos misto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO. v. 39. n. 1. p. 43-50. 2009.

MDIC, Dados do Comércio Exterior. Rio de Janeiro: Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior, Abril 2003. Anual. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano?layout=edit&id=2205>. Acesso em: 22 de fev. de 2017.

MRODE, R. A.; THOMPSON, R. **Linear models for the prediction of animal breeding values**. 3. ed. Boston: CABI, 2014. 360 p.

PAIVA, F. F. de A.; SILVA NETO, R. M. **Industrialização da castanha de caju: processo manual**. Teresina, PI: SEBRAE/PI, 2004. 50p.

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; LIMA, A. C.; CORRÊA, M. C. M.; MELO, D. S.; PORTO, Z. B. Seleção de clones de cajueiro-anão precoce para plantio comercial no Município de Aracati, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE. v. 36, n. 3. p. 338-343. 2005.

PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. de M. **Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 43p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 65).

PAIVA, R.; RESENDE, M. D. V.; CORDEIRO, E. R. Índice multiefeitos e estimativas de parâmetros genéticos em aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 37, n. 2, p. 381-388, 2002.

RABBANI, A. R. C.; SILVA, A. V. C.; MUNIZ E. N.; LÉDO A. S.; QUIRINO Z. B. R. Diversidade genética entre cajueiros comerciais. **Scienti Plena**, Aracaju, SE. v. 8, n. 6, p. 1-9, 2012.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ROSADO, A. M. Seleção de progênies de eucalipto pelo índice Z por MQM e Blup. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 46, n. 5, p. 517-523. 2011.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 37. n. 3, p.182-194, 2007.

SANTOS, A. M.; ROSADO, S. C. S.; OLIVEIRA, A. N. Estimation of genetic parameters and verification of early selection efficiency in baru (*Dipteryx alata*). **Crop Breeding Applied Biotechnology**. Viçosa, v. 14, n. 4, p. 238-243. 2014.

SAS-Statistical Analyses System. **Statistical Analysis System user's guide. Version 9.2**. Cary: Statistical Analyses System Institute, 2008.

SILVA, S. S. da.; PORDEUS, R. V.; PEREIRA, J. O.; DANTAS NETO, J.; BEZERRA, J. M. Estimativa de parâmetros genéticos do cajueiro anão precoce em um solo arenoso pelo procedimento reml/blup. **Revista Verde**, Mossoró, RN. v. 8, n. 3, p. 41-51. 2013.

SILVA, S. S. da.; PORDEUS, R. V.; MARQUES, G. V.; CUNHA, E. M. da.; PEREIRA, J. O.; AZEVEDO, M. R. de Q. A. Caracterização genética do cajueiro anão precoce no sertão central do Rio Grande do Norte sua predição pelo procedimento REML/BLUP. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, PB. v. 8, n. 3, p. 07-19. 2012.

VIDAL NETO, F. Das C.; BARROS L. M. CAVALCANTI, J. J. V. MELO, D. S. Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. In: ARAÚJP, J. P. P. de (Ed.) **Agronegócio caju: prática e inovações**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. cap. 2 p. 481 – 508.

WALD, A. Tests of statistical hypothesis concerning several parameters aawhen the number of observations is large. **Transactions of the American Mathematical Society**. v. 54, n. 3, p. 426–482. 1943.

ANEXOS

Tabela 1A Médias dos descritores dos 43 genótipos avaliados em Ipiranga do Piauí, PI, 2014.

Genótipos	PT	PP	PF	CF	LF	EF	PA	CA	LA	EA	CPS	DBPS	DAPS	AC	SST	SST/AC
1	57,70	52,27	5,43	32,09	25,16	14,20	1,64	25,77	16,67	10,12	45,21	51,14	39,84	0,321	10,75	33,49
2	44,11	40,02	4,09	24,98	19,35	15,85	1,19	18,71	12,95	10,41	43,68	40,54	28,73	0,656	11,00	16,77
3	74,47	69,17	5,29	31,56	23,16	15,70	1,48	23,33	15,59	11,09	53,69	45,07	34,75	0,191	8,17	42,83
4	62,07	57,27	4,80	30,14	23,46	13,68	1,41	22,64	15,84	9,51	47,16	44,98	32,04	0,065	6,47	98,55
5	108,63	98,24	10,39	38,00	28,64	20,08	2,47	28,01	17,59	13,79	83,52	52,25	33,93	0,181	10,83	59,73
6	44,37	39,29	5,07	29,42	21,81	16,06	1,79	23,02	15,94	12,82	53,10	34,84	23,59	0,216	12,22	56,49
7	95,49	83,00	12,48	40,24	32,55	21,31	3,03	30,09	19,57	14,18	55,65	48,42	37,81	0,279	9,50	34,04
8	43,23	38,82	4,41	30,45	21,55	12,34	1,27	24,37	15,07	8,43	46,67	37,06	30,94	0,502	8,60	17,12
9	75,04	68,73	6,31	33,35	24,14	16,47	1,85	25,66	16,28	12,66	63,84	40,31	31,72	0,235	10,75	45,77
10	143,5	133,22	10,29	42,35	29,09	18,88	2,73	30,65	20,76	13,05	91,21	51,18	42,88	0,102	11,65	113,86
11	103,47	93,14	10,33	40,02	28,73	19,19	2,98	31,84	19,79	13,44	71,27	49,79	35,87	0,198	13,67	69,14
12	88,32	80,39	7,93	34,94	26,16	19,18	2,54	27,82	18,04	13,81	64,76	47,63	38,94	0,207	10,67	51,54
13	72,43	67,90	4,53	31,67	22,96	13,94	1,56	24,69	16,22	9,39	47,42	46,99	39,68	0,153	8,42	54,84
14	105,22	95,93	9,29	40,71	27,75	16,86	2,54	30,06	19,3	11,14	67,59	51,93	34,86	0,274	11,50	41,91
15	77,30	69,11	8,18	34,40	26,69	14,93	2,51	26,31	18,76	12,6	59,86	43,93	33,16	0,225	10,98	48,69
16	71,28	60,12	11,16	32,85	24,05	14,87	1,78	25,35	16,62	9,71	77,94	43,51	21,69	0,918	11,25	12,25
17	67,03	60,81	6,22	30,85	23,46	19,02	1,79	23,14	16,02	12,55	48,47	46,97	30,82	0,465	16,25	34,94
18	61,50	56,42	5,07	29,59	23,59	16,28	1,59	23,71	16,16	11,49	51,02	42,21	29,92	0,223	10,28	46,06
19	39,89	34,62	5,27	29,7	23,89	13,97	1,54	22,82	16,22	10,04	48,69	38,91	26,53	0,274	12,41	45,25
20	66,86	59,80	7,06	36,36	27,99	18,43	1,69	26,62	18,46	12,87	53,61	42,55	32,89	0,256	12,60	49,26
21	94,13	87,19	6,94	30,45	27,05	19,49	2,48	27,56	18,56	14,27	80,94	41,09	30,72	0,188	10,75	57,07
22	72,84	65,91	6,92	32,62	25,01	15,78	1,89	25,32	16,47	10,79	71,24	42,62	26,13	1,086	12,67	11,66
23	122,51	112,74	9,76	44,53	30,02	18,05	2,55	29,74	18,17	12,69	95,44	47,1	35,40	0,314	10,00	31,85
24	136,39	125,38	11,01	43,54	31,29	18,67	3,15	32,76	20,89	12,76	71,60	56,79	41,47	0,288	12,00	41,62
25	85,92	77,39	8,52	39,89	28,41	16,47	2,30	27,97	16,79	11,76	75,68	43,73	32,04	0,291	13,67	47,02
26	76,53	68,80	7,73	35,12	27,02	17,17	2,08	27,25	17,91	12,85	54,87	48,80	38,54	0,312	14,67	47,07
27	117,73	108,52	9,21	36,69	28,31	15,99	2,63	29,31	20,53	12,88	79,42	50,14	36,26	0,225	12,00	53,20
28	139,15	127,24	11,90	40,59	30,85	19,89	2,98	29,39	20,78	13,72	67,39	58,19	51,29	0,246	14,50	58,83
29	100,84	89,96	10,87	40,55	31,43	17,50	2,56	29,86	19,79	12,20	56,18	50,62	41,58	0,151	9,33	61,75
30	95,52	85,14	10,38	40,10	30,00	18,56	2,56	30,57	21,11	13,21	67,16	48,38	36,21	0,335	12,52	37,38
31	69,17	64,74	4,43	29,51	22,04	13,27	1,28	22,86	15,68	9,08	59,24	42,68	34,88	0,179	8,83	49,33
32	34,06	30,36	3,70	24,93	19,42	13,14	1,08	20,01	12,64	9,50	37,82	35,50	27,57	1,011	11,08	10,96
33	78,46	70,52	7,95	38,01	26,56	17,50	2,16	27,62	17,8	12,78	59,34	42,75	31,55	0,423	11,90	28,12
34	37,46	32,98	4,48	29,83	22,35	15,66	1,23	20,60	13,98	10,18	39,93	38,26	29,85	0,963	13,73	14,27
35	28,40	24,62	3,78	26,78	20,16	14,04	1,07	21,33	14,12	8,99	38,40	34,34	26,87	1,351	11,58	8,57
36	27,15	23,79	3,36	26,06	20,29	10,43	1,07	20,91	15,06	8,67	36,62	33,79	25,99	1,269	13,25	10,44
37	39,22	36,08	3,14	26,07	18,90	12,52	0,88	19,58	12,21	8,48	55,64	36,24	23,01	0,993	14,80	14,90
38	45,08	40,07	5,01	29,96	21,77	15,27	1,56	21,99	14,59	10,41	46,44	38,19	31,98	0,591	8,33	14,11
39	79,32	71,27	8,04	37,9	28,39	12,85	2,90	30,45	18,56	14,32	63,81	42,07	32,19	0,314	10,58	33,71
40	44,83	39,55	5,28	29,71	20,77	16,22	1,33	21,96	13,63	10,19	47,56	38,83	27,11	0,688	11,50	16,71
41	43,73	39,36	4,37	26,78	19,97	11,31	1,07	20,59	13,88	8,79	57,94	35,07	23,14	0,965	12,00	12,43
42	37,56	32,77	4,78	29,88	21,56	12,18	1,56	23,43	15,66	11,12	53,69	34,90	21,81	0,325	11,73	36,04
43	27,82	24,25	3,57	23,43	18,87	15,32	0,75	16,58	10,53	8,63	35,19	30,74	20,01	0,453	12,32	27,16

Tabela 2A Médias dos descritores dos 125 genótipos avaliados em Piracuruca, Barro Duro, Teresina e Ipiranga do Piauí, PI, 2015.

Municípios	Genótipos	PT	PP	PF	CF	LF	EF	CPS	DBPS	DAPS	PA	CA	LA	EA	AC	SST	SST/AC
Piracuruca	1	82,44	73,21	9,22	39,52	27,83	16,42	64,51	44,26	35,17	2,65	29,35	20,04	12,27	0,3	13,00	43,66
Piracuruca	2	46,08	38,37	7,7	35,89	26,5	17	43,17	40,34	32,23	2,38	28,89	19,04	12,47	0,54	16,5	30,33
Piracuruca	3	77,52	67,65	9,49	38,89	27,79	18,22	68,33	43,03	29,49	2,77	30,29	20,36	12,96	0,29	12,75	42,55
Piracuruca	4	60,43	52,2	8,23	37,25	25,72	16,77	48,93	42,69	29,07	2,45	28,76	19,28	11,58	0,59	15,00	25,39
Piracuruca	5	59,05	49,45	8,92	39,31	28,34	18,97	53,65	42,02	27,9	3,03	31,23	19,15	14,64	0,44	10,50	23,8
Piracuruca	6	57,12	49,56	7,67	35,83	27,1	18,21	51,07	39,26	29,35	2,65	29,29	20,64	13,67	0,36	13,75	37,68
Piracuruca	7	85,1	75,69	9,56	39,26	28,28	18,26	67,14	45,55	27,64	2,98	30,5	22,05	13,49	0,45	12,83	28,62
Piracuruca	8	69,65	59,64	9,34	38,46	29,14	17,9	52,21	47,62	36,29	2,45	28,24	20,09	11,61	0,58	15,00	26,32
Piracuruca	9	103,25	93,32	10,06	43,81	31,6	18,08	68,43	48,61	34,54	2,59	32,21	20,62	13,51	0,41	12,5	30,38
Piracuruca	10	49,31	42,91	6,41	32,84	24,15	16,99	46,35	41,41	35,67	1,86	25,6	15,89	12,44	0,36	14,08	39,39
Piracuruca	11	46,31	38,81	7,48	35,95	26,68	17,54	47,61	35,91	28,44	2,48	28,45	19,29	13,36	0,39	13,25	34,14
Piracuruca	12	35,64	31,52	4,1	28,94	19,81	14,33	47,07	36,31	28,14	1,32	22,97	14,66	10,36	0,99	13,00	13,06
Piracuruca	13	63,77	55,75	8,02	37,42	25,69	15,74	72,13	35,93	27,4	2,79	30,45	21,09	12,31	0,44	13,58	31,04
Piracuruca	14	56,58	48,18	8,39	33,1	26,75	19,96	44,76	41,16	33,71	2,57	26,92	18,62	13,54	0,49	12,50	25,28
Piracuruca	15	34,39	30,54	3,85	28,02	21,88	13,26	40,41	37,71	30,78	1,57	23,21	17,89	10,49	0,3	14,08	46,59
Piracuruca	16	27,2	23,18	3,85	28,51	20,36	13,48	38,78	29,9	20,61	1,42	22,44	15,4	9,87	1,35	16,00	11,87
Piracuruca	17	51,27	45,59	5,77	32,73	24,43	15,79	51,7	40,52	27,16	1,79	25,98	17,15	11,45	0,7	13,33	18,99
Piracuruca	18	88,02	76,24	11,4	41,91	31,48	18,74	66,67	44,34	31,35	2,56	30,85	21,44	14,18	0,72	16,25	22,47
Piracuruca	19	48,39	40,1	8,28	38,7	26,08	16,13	46,31	35,89	29,65	2,68	31,1	19,88	11,16	0,47	14,33	30,54
Piracuruca	20	57,27	52,64	4,56	27,88	20,85	16,28	47,15	40,97	29,57	1,43	22,3	15,05	11,71	0,39	12,08	39,33
Piracuruca	21	59,22	53,74	5,48	30,89	22,96	15,41	49,83	43,76	31,59	1,61	24,46	15,97	10,79	0,41	14,58	35,53
Piracuruca	22	124,75	114,22	10,63	39,53	29,4	19,84	73,94	53,78	32,67	2,89	31,81	21,28	14,21	0,43	12,42	28,71
Piracuruca	23	54,92	49,58	5,45	31,83	23,86	15,29	49,4	42,32	30,05	1,99	25,74	18,19	12,23	0,61	11,00	18,14
Piracuruca	24	50,98	43,62	7,24	37,06	25,62	16,66	49,96	40,58	28,36	2,55	29,55	18,78	11,86	0,62	14,75	23,58
Piracuruca	25	70,49	61,83	8,66	41,96	30,43	15,7	67,25	41,37	27,96	2,62	30,96	20,41	11,96	0,39	11,33	28,86

Continua...

Piracuruca	26	41,48	36,27	5,21	31,36	22,22	15,12	44,94	38	27,48	1,81	24,98	17,13	11,41	0,5	15,25	30,24
Piracuruca	27	57,6	48,86	8,74	42,89	28,32	16,07	59,79	38,73	25,07	2,63	29,7	20,33	11,01	0,6	10,33	17,09
Piracuruca	28	42,18	33,19	8,7	43,18	30,73	16,74	62,36	35,66	17,49	1,27	25,32	16,62	10,03	0,79	17,00	21,38
Piracuruca	29	30,56	24,88	5,71	32,51	21,96	16,11	45,68	33,08	26,19	1,91	25,27	16,41	11,89	0,72	16,00	22,28
Piracuruca	30	47,41	39,51	7,66	35,97	25,88	17,09	47,89	38,25	25,4	2,31	27,03	17,13	11,75	0,69	13,20	18,93
Piracuruca	31	67,71	56,53	11,19	43,16	31,59	16,59	49,05	41,53	35,22	2,57	31,24	21,59	10,62	1,59	13,83	8,67
Piracuruca	32	77,46	69,92	7,69	36,63	28,31	18,58	64,16	46,39	29,04	1,82	27,76	15,88	12,66	1,08	10,75	9,93
Piracuruca	33	95,46	87,36	8,12	36,91	27,36	15,34	65,07	47,48	35,96	2,28	29,82	20,42	10,22	0,71	13,83	19,63
Piracuruca	34	71,47	62,77	8,65	40,39	27,98	15,46	72,88	39,75	29,07	2,59	30,35	21,51	10,93	0,6	13,92	23,04
Piracuruca	35	39,84	36,62	3,3	25,96	19,24	13,69	41,44	39,73	27,04	0,97	19,42	13,62	9,61	0,34	15,08	44,57
Piracuruca	36	69,57	59,68	9,89	35,58	27,49	20,34	49,36	46,61	34,58	2,94	29,87	19,48	14,72	0,41	14,50	35,45
Piracuruca	37	111,16	103,76	7,39	36,1	26,34	15,63	67,63	51,82	39,04	2,37	28,45	19,51	11,48	0,39	14,83	37,86
Piracuruca	38	114,06	100,49	13,58	51,89	35,59	18,6	78,41	52,21	30,21	2,79	35,46	24,06	11,86	0,48	13,67	28,23
Piracuruca	39	89,33	79,58	9,47	46,23	30,93	15,31	100,73	46,14	24,26	1,2	26,02	18,09	8,22	0,45	13,50	29,86
Piracuruca	40	88	78,02	9,82	40,75	30,39	17,2	62,9	48,93	32,41	3,1	33,13	22,21	13,25	0,94	14,50	15,46
Piracuruca	41	64,87	57,38	7,48	37,88	27,14	15,83	56,95	42,67	28,47	2,61	31,32	21,78	11,49	0,55	12,25	22,67
Piracuruca	42	104,79	94,57	10,22	42,25	28,67	18,88	72,32	49,52	31,18	3,19	32,74	21,38	13,55	0,41	13,33	32,74
Piracuruca	43	26,25	22,68	3,69	28,97	21,08	14,24	37,38	31,53	21,49	1,15	23,35	14,69	9,16	0,45	14,83	32,72
Piracuruca	44	70,59	62,81	7,49	35,46	27,24	16,85	54,77	43,81	34,16	1,71	23,88	17,59	8,79	0,53	13,50	25,24
Piracuruca	45	75,03	65,63	9,24	41,17	29,28	16,58	53,68	47,15	32,48	2,72	31,69	20,41	14,54	0,57	13,75	25,13
Piracuruca	46	60,59	53,61	7,06	35,05	25,01	18	68,25	35,63	25,91	2,08	25,19	17,62	12,64	0,31	14,75	48,11
Piracuruca	47	70,38	63,05	7,33	39,13	26,85	15,09	66,87	44,36	30,4	2,14	29,94	18,68	10,58	0,24	13,75	56,87
Piracuruca	48	89,72	78,67	11,05	42,99	31,75	18,55	66,98	45,79	30,92	3,08	34,36	22,68	12,75	0,33	12,08	36,72
Piracuruca	49	122,82	112,94	9,84	38,79	28,18	17,52	64,67	54,66	39,66	3,01	31,14	20,19	12,22	1,16	11,75	10,22
Piracuruca	50	102,48	93,37	9,06	37,07	27,48	18,52	65,72	51,81	30,09	2,54	29,26	19,17	12,74	0,35	13,75	39,22
Barro Duro	51	74,35	64,83	9,52	42,77	29,66	15,77	62,08	46,68	31,96	2,42	29,85	21,69	10,69	0,29	13,08	44,34
Barro Duro	52	71,82	64,18	7,64	33,69	25,61	17,28	47,56	48,33	44,09	2,43	26,78	18,08	12,11	0,29	14,75	49,61

Continua...

Barro Duro	53	67,44	62,61	4,83	35,86	22,83	14,47	51,21	42,49	34,2	1,21	22,73	14,19	10,7	0,39	13,42	33,57
Barro Duro	54	45,86	42,08	3,78	27,24	19,92	14,14	47,29	40,46	29,22	1,36	21,03	14,52	10,21	0,35	16,17	46,7
Barro Duro	55	76,81	69,53	7,28	36,58	25,62	15,89	93,95	40,01	25,66	2,17	27,56	17,21	11,37	0,57	16,25	28,46
Barro Duro	56	56,83	51,22	5,61	32,03	23,32	14,15	52,73	41,83	30,85	1,74	25,43	16,64	9,22	0,28	12,00	43,02
Barro Duro	57	50,55	44,42	6,12	39,34	25,05	16,3	45,09	47,11	33,29	1,87	25,15	16,21	11,38	0,49	15,25	31,05
Barro Duro	58	54,84	47,91	6,93	34,08	26,11	16,37	39,52	44,37	40,98	1,65	25,39	16,32	10,89	0,59	14,33	24,39
Barro Duro	59	124,83	113,02	11,82	39,06	29,39	20,72	76,06	55,36	38	2,98	29,48	20,57	14,59	0,32	13,00	39,94
Barro Duro	60	57,6	52,71	4,89	28,63	22,05	16,55	64,29	39,86	28,29	1,85	24,15	16,25	13,07	0,22	11,00	49,51
Barro Duro	61	79,9	73,09	6,81	36,21	25,27	15,19	65,4	46,28	30,39	2,37	28,25	19,87	11,29	0,22	13,50	60,51
Barro Duro	62	65,4	58,86	6,54	33,54	24,61	14,89	67,68	44,87	27,99	1,77	25,61	17,97	9,82	0,35	12,75	36,64
Barro Duro	63	55,59	49,27	6,33	31,87	23,41	16,27	58,11	40,91	26,66	2	25,47	17,53	11,66	0,22	12,00	55,13
Barro Duro	64	87,19	78,13	9,07	37,59	27,89	19,38	68,54	47,43	28,22	2,18	27,56	16,57	12,18	0,34	13,00	38,56
Barro Duro	65	75,96	68,77	7,19	32,05	24,64	16,79	59,38	48,79	35,53	2,36	26,44	19,08	12,31	0,39	13,92	36,13
Barro Duro	66	92,15	82,35	9,79	42,35	26,61	18,68	88,08	43,89	27,29	2,35	29,96	18,85	12,01	0,33	15,17	45,64
Barro Duro	67	89,57	81,68	7,89	34,17	26,11	15,81	64,48	51,18	33,51	2,13	26,49	19,13	11,23	0,38	12,58	33,43
Barro Duro	68	52,32	46,39	5,93	32,65	24,97	15,74	55,53	39,08	26,78	1,99	26,19	18,69	11,11	0,47	12,67	27,88
Barro Duro	69	74,32	67,64	6,67	32,59	27,34	19,22	68,64	41,66	28,17	2,18	26,65	19,97	13,81	0,41	13,08	32,18
Barro Duro	70	84,41	77,76	6,65	36,97	27,05	17,25	77,99	45,85	25,06	1,02	23,87	12,93	10,66	0,45	16,00	35,8
Barro Duro	71	112,49	104,5	7,99	37,84	27,45	17,45	66,76	55,76	35,64	2,46	28,25	18,94	11,97	0,39	13,08	32,74
Barro Duro	72	83,26	74,91	8,36	37,78	28,32	17,95	60,32	44,49	34,97	2,44	28,37	19,27	12,83	0,29	13,00	44,68
Barro Duro	73	72,94	64,63	8,32	35,32	27,13	17,35	68,51	39,48	29,99	2	29,25	18,01	11,85	0,42	14,25	33,89
Barro Duro	74	103,48	96,05	7,43	39,83	27,97	15,49	88,97	53,46	22,51	1,76	25,08	18,89	10,87	1,3	14,08	10,82
Barro Duro	75	69,62	62,08	7,54	35,46	25,81	20,25	55,96	45,75	32,59	2,11	26,94	18,08	11,75	0,52	12,5	23,94
Barro Duro	76	70,11	62,57	7,53	34,95	25,23	18,16	60,75	43,7	29,94	2,26	28,24	17,92	12,61	0,39	14,62	36,76
Barro Duro	77	35,23	31,14	4,09	27,82	20,72	15,32	52,3	33,39	22,88	1,43	21,84	14,89	10,58	0,28	13,83	49,81
Barro Duro	78	110,77	100,84	9,93	41,75	31,28	19,01	58,17	54,63	42,03	2,37	30,44	19,61	12,49	0,37	14,42	38,76
Barro Duro	79	76,58	69,62	7,04	33,14	25,7	16,65	67,48	45,44	33,14	2,07	26,05	18,05	11,97	0,35	14,33	41,41

Continua...

Barro Duro	80	52,01	46,71	5,31	28,89	23,61	17,11	51,72	40,94	31,41	1,7	24,19	15,11	12,92	0,44	16,25	36,82
Barro Duro	81	100,05	93,6	6,45	33,25	24,82	17,43	59	52,41	39,09	2,03	26,12	16,82	12,55	0,32	14,25	44,74
Barro Duro	82	108,84	102,67	6,17	31,59	23,02	18,67	69,54	52,32	38,41	1,94	24,68	16,23	14,06	0,33	12,25	37,39
Barro Duro	83	127,43	118,37	9,07	34,49	26,17	20,88	64,17	59	41,06	2,55	27,25	18,15	15,2	0,27	11,00	40,09
Barro Duro	84	75,59	67,91	7,69	35,29	25,39	17,91	57,51	47,76	32,95	1,61	25,46	14,09	11,98	0,42	13,25	31,68
Teresina	85	109,4	103,47	5,81	31,99	22,77	16,88	75,34	51,17	38,27	2,12	25,94	17,04	12,17	0,21	12,42	60,08
Teresina	86	30,57	26,92	3,41	25,25	18,76	15,95	37,79	38,05	26,15	1,28	19,6	13,47	12,41	0,33	14,75	44,52
Teresina	87	56,66	51,49	5,16	30,25	21,72	15,42	58,07	42,39	33,8	1,65	23,85	15,79	11,28	0,24	12,17	51
Teresina	88	84,23	78,29	5,94	33,39	24,57	16,46	61,09	50,13	36,19	1,71	25,79	16,83	11,38	0,24	11,83	49,41
Teresina	89	73,25	66,55	6,74	37,19	25,06	15,27	47,35	48,69	38,43	1,97	29,01	17,74	10,95	0,29	14,33	48,16
Teresina	90	131,22	121,79	9,43	38,83	27,24	18,47	74,28	55,85	42,44	2,92	30,53	17,73	13,89	0,36	13,50	37,94
Teresina	91	93,24	85,52	7,72	41,69	30,62	17,34	69,55	47,95	33,22	2,32	25,58	18,48	9,77	0,33	11,92	36,61
Teresina	92	154,36	141,74	12,65	44,8	30,61	19,94	88,69	55,66	40,32	3,58	35,36	21,73	13,85	0,32	13,83	43,45
Teresina	93	62,77	55,31	7,24	35,97	25,57	17,87	41,42	48,15	40,31	2,12	26,64	17,65	11,92	0,32	13,50	41,53
Teresina	94	62,17	53,9	7,86	37,28	26,36	18,65	52,43	43,24	31,85	2,12	27,36	17,97	12,31	0,23	12,08	52,53
Teresina	95	80,41	71,77	8,58	38,67	27,19	19,82	56,28	47,02	36,67	2,45	29,87	18,13	13,21	0,36	15,25	42,69
Teresina	96	80,81	71,97	8,85	38,39	28,09	17,65	74,98	41,24	33,16	2,81	30,22	20,83	12,89	0,26	12,83	50,43
Teresina	97	65,55	59,48	6,06	32,85	23,29	17,63	56,98	41,55	30,55	1,95	25,52	17,1	12,83	0,18	10,92	59,5
Teresina	98	78,32	70,83	7,49	34,91	26,34	18,43	57,81	46,97	36,51	1,97	26,12	17,74	12,05	0,19	13,75	71,26
Teresina	99	91,76	86,55	5,26	31,42	21,84	15,22	84,84	46,31	30,02	1,56	24,93	15,55	9,91	0,21	14,75	69,06
Teresina	100	116,92	107,04	10,01	44,72	30,46	17,01	76,07	49,34	36,65	2,77	33,37	20,41	11,79	0,4	12,25	30,48
Ipiranga do Piauí	101	33,05	28,9	4,15	26,03	20,49	16,88	39,75	37,41	27,32	1,32	21,29	14,57	12,35	0,86	13,50	15,65
Ipiranga do Piauí	102	78,77	73,11	5,82	32,81	24,21	16,13	54,91	48,16	41,18	1,71	24,47	15,46	11,67	0,37	11,58	31,22
Ipiranga do Piauí	103	108,56	99,23	9,2	37,2	28,43	19,61	75,59	51,92	39,22	2,03	27,85	17,25	12,84	0,29	13,00	45,11
Ipiranga do Piauí	104	54,29	48,09	6,07	30,07	22,97	17,88	57,19	38,93	30,66	1,78	23,98	16,68	13,11	0,32	13,25	41,3
Ipiranga do Piauí	105	64,87	53,94	10,93	39,49	30,57	19,84	45,37	45,41	39,98	1,92	29,55	18,29	12,13	0,38	15,30	39,94
Ipiranga do Piauí	106	38,39	33,49	4,89	33,25	22,16	13,84	40,02	35,53	30,1	1,33	24,84	16,11	8,77	1,29	12,75	9,88

Continua...

Ipiranga do Piauí	107	64,52	57,35	7,17	35,84	25,27	17,19	75,86	52,43	39,77	1,85	26,21	16,4	11,77	0,29	13,00	45,11
Ipiranga do Piauí	108	117,42	106,68	10,69	43,55	29,65	18,48	85,73	46,22	36,07	2,89	32,8	21,71	12,79	0,39	12,83	32,32
Ipiranga do Piauí	109	58,64	54,4	4,24	30,93	21,91	13,08	45,52	45,49	35,68	1,35	24,23	15,67	9,02	0,23	13,42	59,54
Ipiranga do Piauí	110	111,8	101,47	10,19	41,36	28,54	16,01	73,35	55,29	37,28	2,53	31,99	21,08	12,34	0,25	12,76	50,99
Ipiranga do Piauí	111	63,25	57,04	6,18	31,34	23,28	14,87	65,84	41,16	25,88	1,68	24,63	16,07	9,72	0,86	15,30	17,69
Ipiranga do Piauí	112	79,05	72,68	6,04	30,74	22,74	17,18	47,92	54,68	42,28	2,04	24,98	15,86	13,25	0,53	18,25	34,73
Ipiranga do Piauí	113	63,46	58,7	4,82	29,77	21,93	15,75	52,86	43,79	46,24	1,39	22,79	15,4	10,63	0,44	14,75	33,39
Ipiranga do Piauí	114	30,85	26,12	4,72	29	22,02	13,47	40,91	35,07	27,44	1,42	22,84	15,91	9,11	0,46	14,60	31,87
Ipiranga do Piauí	115	150,59	140,71	9,93	41,48	29,72	18,34	88,96	57,51	41,27	2,72	32,08	21,06	12,15	0,38	12,75	33,44
Ipiranga do Piauí	116	70,15	62,38	7,76	35,97	26,45	17,31	62,95	43,23	29,53	2,31	29,33	19,17	13,73	0,46	15,75	34,04
Ipiranga do Piauí	117	20,84	18,24	2,59	22,91	18,12	11,71	30,15	31	22,44	0,71	18,43	10,01	7,58	1,31	15	11,46
Ipiranga do Piauí	118	31,69	27,98	3,71	27,08	20,43	12,4	38,25	37,22	34,47	1,32	22	15,68	8,77	1,52	14,5	9,52
Ipiranga do Piauí	119	41,51	36,32	5,12	29,95	22,35	15,7	48,97	32,89	26,15	1,79	25,04	15,92	10,94	0,82	18,25	22,17
Ipiranga do Piauí	120	111,42	101,72	9,68	40,67	29,69	18,32	73,64	48,92	37,96	2,64	30,19	20,4	13,27	0,48	14	28,81
Ipiranga do Piauí	121	36,12	30,97	5,11	29,67	22,02	15,36	45,65	36,23	25,62	1,48	22,94	14,11	10,06	1,16	15,33	13,16
Ipiranga do Piauí	122	41,52	37,44	4,09	26,93	20,04	14,87	52,77	36,94	27,64	1,26	21,57	15,05	9,19	1,06	12,75	11,97
Ipiranga do Piauí	123	54,27	48,8	5,58	32,29	23,32	15,76	60,75	41,36	26,34	1,72	24,69	15,95	10,59	0,43	15,25	35,85
Ipiranga do Piauí	124	14,93	11,62	3,27	23,82	17,96	15,54	29,22	26,39	20,93	0,74	16,48	10,63	9,22	0,42	20,75	49,19
Ipiranga do Piauí	125	119,69	112,32	7,67	37,96	28,11	16,17	67,9	52,89	36,99	1,81	27,49	18,54	10,69	0,36	15,42	43,35

FIGURAS

Piracuruca – 48



Piracuruca - 12



Barro Duro – 6



Barro Duro – 32

