

EURIANN LOPES MARQUES YAMAMOTO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE
FRUTOS E GENÉTICA DE INDIVÍDUOS DE
UMBU-CAJAZEIRA NO SEMIÁRIDO
POTIGUAR**

**MOSSORÓ – RN
2014**

EURIANN LOPES MARQUES YAMAMOTO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE FRUTOS E GENÉTICA
DE INDIVÍDUOS DE UMBU-CAJAZEIRA NO SEMIÁRIDO
POTIGUAR**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido, como parte das exigências para
obtenção do título de Mestre em
Agronomia: Fitotecnia, Área de
concentração: Agricultura Tropical,
Linha de Pesquisa: Melhoramento
Genético Vegetal.

ORIENTADORA: Prof^a. D.Sc. IONÁ SANTOS ARAÚJO HOLANDA

COORIENTADORA: D. Sc. RAFAELA PRISCILA ANTONIO

MOSSORÓ – RN

2014

**O Conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade
de seus autores**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência**

Y16c Yamamoto, Euriann Lopes Marques.

Caracterização morfológica de frutos e genética de indivíduos de umbu-cajazeira no semiárido potiguar. / Euriann Lopes Marques Yamamoto. – Mossoró-RN: 2014.
116f.: il.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ioná Santos Araújo Holanda.

Dissertação (Pós-graduação em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação.

1. Modelos mistos.
 2. *Spondias* sp.
 3. ISSR.
 4. RAPD.
- I. Título.

RN/UFERSA/BCOT /416-14

CDD: 634.44

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza Borba
CRB-15/452

EURIANN LOPES MARQUES YAMAMOTO

**CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA E MORFOLÓGICA DE
INDIVÍDUOS DE UMBU-CAJAZEIRAS NO SEMIÁRIDO
POTIGUAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Aprovada em: 20/02/2014.



Prof.^a D.Sc. Ioná Santos Araújo Holanda – UFERSA
Orientadora



Prof.^o D.Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes – UFERSA
Conselheiro



Prof.^a D.Sc. Patrícia Lígia Dantas de Moraes – UFERSA
Conselheira



D.Sc. Walter dos Santos Soares Filho – EMBRAPA CNPMF
Membro externo

Às famílias Lopes e Marques,
em agradecimento ao esforço que
tiveram me fazendo chegar até aqui.

Dedico

Ao meu esposo e fiel companheiro.
Eternamente meu professor,
Natanael Takeo Yamamoto.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me salvado e por ter me dado a oportunidade de cursar uma pós-graduação para honra e glória Dele.

A Natanael, meu amado esposo, por ter suportado momentos tão difíceis para mim nesses dois anos de mestrado e por ter tido paciência para me ensinar o melhor caminho ou a maneira mais simples de fazer as coisas.

Agradeço à minha família que, mesmo distante, sempre se preocupou comigo, ajudando a fortalecer-me através de orações e várias ligações.

À professora orientadora Ioná, que sempre se mostrou disponível em todos os momentos, mesmo de licença maternidade. Ela acreditou em mim, mesmo quando eu ainda não tinha nenhum vínculo com a instituição, me dando a oportunidade de trabalhar naquilo que eu gostava. Agradeço pelos puxões de orelha, pelas sugestões de melhoria e pela amizade que foi formada.

À professora coorientadora, Rafaela Priscila Antonio, pelo direcionamento na realização das análises morfológicas. Obrigada pela simplicidade, profissionalismo e disposição. Contribuiu muito para minha formação profissional.

Agradeço a banca examinadora composta pelos pesquisadores Glauber Henrique de Souza Nunes, Patrícia Lúgia de Moraes Dantas e Walter dos Santos Soares Filho pelas correções e sugestões para o enriquecimento do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa para realização deste trabalho e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia por ter acrescentado muito em termos de conhecimento por meio dos professores. Serão lembrados por toda a minha vida.

Aos amigos do laboratório: Moaciria, Leidiane, Emanuela, Ana Patrícia, Genilsa, Kamilla, Anânkia, Carol, Karla, Elisangela, Conceição, Terezinha e Hailton, e também às amigas de graduação Janile, Elizangela, Glauce, Dandara e Ana Paula, nem a distância e nem o tempo me fizeram esquecer de vocês. Muito obrigada pelos momentos de risadas, de descontração, de ensino e pelos momentos de nervosismo também.

A Robério Vieira, José Airton, Porto e Vania Cristina pela ajuda nas análises necessárias para a realização deste trabalho.

Pelo pessoal do Departamento de Ciências Vegetais (DCV): Cristiane, Bruno, Paulo Camila, Érika, Socorro, Neto e Camila, por terem ajudado em algumas análises ou por terem me auxiliado na solicitação de transporte para os assentamentos.

Agradeço também à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), na pessoa do Robson, pela permissão, disposição e ajuda para analisar as plantas de umbu-cajazeira em Ipanguaçu.

Aos motoristas do setor de transporte, pela companhia e ajuda na colheita dos frutos. Um ano de várias viagens até Apodi e Assentamento Maisa.

Agradeço a Leomar Fernandes, da Cooperativa de Assessoria e Serviços Múltiplos ao Desenvolvimento Rural (COOPERVIDA), pelo encaminhamento ao Assentamento Moacir Lucena e à comunidade rural Juazeiro II para realização das análises morfológicas em plantas de umbu-cajazeira.

Aos moradores do assentamento Moacir Lucena e das comunidades rurais Juazeiro II e Coqueiro, pelo aprendizado por meio de conversas informais e pela simplicidade em me ajudar nas colheitas de frutos, em especial a Valquena, Eirilândia, Dona Luzia, Margarida, Irapuã Angelo, Nizete, Zé Holanda, entre outros.

Finalizo agradecendo em especial à Igreja Batista Regular da Fé e à família Rebouças e Oliveira, que acolheram a mim e ao meu esposo durante todo o período que moramos em Mossoró. Aprendi muito com vocês. Cada momento ficará eternizado na minha memória e no meu coração.

Algumas pessoas passaram por minha vida deixando marcas das quais nunca esquecerei. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

YAMAMOTO, Euriann Lopes Marques. **Caracterização morfológica de frutos e genética de indivíduos de umbu-cajazeira no semiárido potiguar**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia/Melhoramento Genético) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 2014.

A umbu-cajazeira é uma fruteira originada no Nordeste brasileiro que apresenta alto potencial de produção de frutos com sabor agradável e elevada qualidade. Estudos envolvendo a caracterização física, química e físico-químicas de frutos são essenciais para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético de plantas perenes, pois possibilitam a seleção de genótipos promissores, agregando valor aos frutos comercializados e favorecendo a permanência do homem no campo. Este trabalho objetivou estudar, num primeiro experimento, a variabilidade genética via modelos mistos entre clones de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), visando à seleção de frutos para processamento industrial e consumo in natura. No segundo experimento, em um outro experimento, buscou-se caracterizar frutos e efetuar análises moleculares por meio de marcadores ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) e RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), de maneira a avaliar a divergência genética entre genótipos de umbu-cajazeira de assentamento e comunidades rurais localizadas nos municípios de Apodi e Mossoró, da mesorregião Oeste Potiguar. O delineamento foi de blocos ao acaso com seis clones com três repetições, sendo a parcela constituída por três plantas. Vinte frutos colhidos maduros de cada uma das plantas foram analisados mediante caracterização física, e físico-química. O procedimento *Maximum Restricted Likelihood/ Best Linear Unbiased Prediction* (REML/BLUP) permitiu ordenar corretamente os clones no caso de desbalanceamento. O clone Serra do Mel destacou-se dos demais em todas as variáveis analisadas, podendo ser recomendado tanto para o processamento de polpa quanto para o consumo in natura. Carnaubais, Alto do Rodrigues, Açú e/ou Ipanguaçú demonstraram potencial de utilização para processamento de polpa ou consumo in natura. O clone Parelhas não demonstrou possuir características desejáveis. No segundo experimento para caracterização molecular e morfológica foram utilizadas folhas e frutos de 18 genótipos de umbu-cajazeira. A caracterização fenotípica evidenciou variabilidade quanto às características morfológicas agrupando os genótipos em cinco grupos de dissimilaridade. A variabilidade foi menor dentro de populações e maior entre populações. Os genótipos JZ5, JZ6 e MA6 podem ser recomendados para processamento de polpa e os genótipos JZ1, JZ2, JZ3 e JZ6 para consumo in natura. Tanto a técnica ISSR quanto a de RAPD demonstraram baixo polimorfismo entre os genótipos, com uma média de 3,37 e 2,1 fragmentos polimórficos por iniciador, respectivamente. O marcador molecular SSR agrupou os genótipos em três grupos e o marcador RAPD fez a formação de dois grupos.

Palavras-chave: modelos mistos; *Spondias* sp.; ISSR; RAPD; pós-colheita.

ABSTRACT

YAMAMOTO, Euriann Lopes Marques. **Morphological characterization of fruits and genetics of individuals umbu-cajazeira in West Potiguar semiarid**. 2014. 116 p. Dissertation (Master in Plant Science/Plant Breeding) - Federal University Rural of Semi-arid, Mossoró/RN, 2014.

The umbu-cajazeira is a fruit that originated in northeastern Brazil, which has high potential for fruit production that have high quality and nice flavor. Study involving physical, chemical and physico-chemical characterization of fruits are essential for the development of breeding programs of perennials, as they allow for the selection of promising genotypes, adding value to marketed fruits and favoring the permanence of man in the field. This study investigated the first experiment the genetic variability among six clones via mixed models umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) of Agricultural Research of Rio Grande do Norte (EMPARN), aiming at the selection of fruit for industrial processing and fresh consumption. In the second experiment, in another experiment, we sought to characterize fruits and make molecular analysis using ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) and RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), in order to assess the genetic divergence among genotypes umbu-cajazeira of settlement and rural communities located in the municipalities of Apodi and Mossoró, West Potiguar. The trial was conducted in a randomized block design with six clones with three replications, and the plot had three plants. Twenty ripe fruits harvested from each plant were analyzed by physical and physico-chemical characterization. The *Restricted Maximum Likelihood / Best Linear Unbiased Prediction* (REML/BLUP) procedure allowed just ordering the clones in the case of unbalance. The results allow us to infer that the clone Serra do Mel stood out in all the other variables held and can be recommended both for pulp processing and for fresh consumption. Carnaubais, Alto do Rodrigues, Açu and/or Ipanguaçu demonstrated potential use for pulp processing or fresh consumption. The clone pairs not shown to have desirable characteristics for fresh consumption or processing of pulp. In the second experiment for molecular and morphological characterization leaves and fruits of 18 genotypes umbu-cajazeira were used. Phenotypic characterization showed variability in the morphological characteristics grouping genotypes into five groups of dissimilarity. The lowest variability was greater within populations and among populations. The JZ5, JZ6 and MA6 genotypes can be recommended for pulp processing and JZ1, JZ2, JZ3 and JZ6 genotypes for fresh consumption. Any technique of RAPD ISSR as shown below polymorphism between genotypes, with a mean of 3.37 and 2.1 polymorphic fragments by primer respectively. Groups of genetic diversity among the genotypes were formed three groups for the ISSR marker and two groups for RAPD.

Keywords: mixed models; *Spondias* sp.; ISSR, RAPD, post-harvest.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

- Tabela 1- Estimativas de componentes de variância genotípica (V_g), residual (V_e), variância fenotípica individual (V_f), variância ambiental entre parcelas (V_{parc}), herdabilidade \pm desvio-padrão da herdabilidade (h^2_g), coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (c^2_{parc}), acurácia na seleção de clones (r_{aa}) coeficiente de variação genético (CV_g), coeficiente de variação ambiental (CV_e), coeficiente de variação relativa ($CV_r = CV_g/CV_e$) e desvio padrão do valor genotípico (SEP) de seis clones de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) quanto às variáveis físicas: diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) do fruto, em mm; relação DL/DT, massa de fruto (MF), massa de polpa (MP), massa de casca (MC) e massa de caroço (MCR), em gramas. Mossoró/RN, 2014.....52
- Tabela 2- Estimativas de componentes de variância genotípica (V_g), residual (V_e), variância fenotípica individual (V_f), variância ambiental entre parcelas (V_{parc}), herdabilidade \pm desvio-padrão da herdabilidade (h^2_g), coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (c^2_{parc}), acurácia na seleção de clones (r_{aa}) coeficiente de variação genético (CV_g), coeficiente de variação ambiental (CV_e), coeficiente de variação relativa ($CV_r = CV_g/CV_e$) e desvio padrão do valor genotípico (SEP) de seis clones de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) quanto às variáveis físico-químicas: acidez total titulável (ATT), em % ácido cítrico, sólidos solúveis totais (SST), em oBrix, pH, relação SST/ATT, vitamina C, em mg/100g polpa; índice tecnológico (IT), em %; e rendimento de polpa (RP), em %. Mossoró/RN, 2014.....53
- Tabela 3- Ordenamento (ODR), clones (CL), valor genotípico ($u+g$), nova média (NM) de 14 variáveis físicas de seis clones de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). Mossoró/RN, 2014.58
- Tabela 4- Referência para qualidade de frutos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) para consumo in natura e para processamento de polpa. Mossoró/RN, 2014.....60

Capítulo II

- Tabela 1 – Nomes e localização de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) nos municípios de Apodi e Mossoró, da microrregião do Oeste Potiguar. Mossoró/RN, 2014.72

Tabela 2 – Variáveis físicas de frutos de 18 genótipos de umbu-cajazeira (<i>Spondias</i> sp.). Variáveis: diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) do fruto, em mm, relação DL/DT, massa média do fruto (MMF), massa média da polpa (MMP), massa média da casca (MMC) e massa média do caroço (MMCR), em gramas, acidez total titulável (ATT), em % ácido cítrico, sólidos solúveis totais (SST), em oBrix, pH, relação SST/ATT, vitamina C, em mg/100g polpa; índice tecnológico (IT), em %; e rendimento de polpa (RP), em %.	
Mossoró/RN, 2014.	80
Tabela 3 – Coeficiente de correlação fenotípica entre 14 variáveis avaliadas em frutos de 18 genótipos de umbu-cajazeira (<i>Spondias</i> sp.).	
Mossoró/RN, 2014.	89
Tabela 4 – Contribuição relativa das 14 variáveis para divergência de 18 genótipos de umbu-cajazeira (<i>Spondias</i> sp.) pela distância euclidiana média padronizada. Variáveis: diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) do fruto, relação DL/DT, massa média do fruto (MMF), massa média da polpa (MMP), massa média da casca (MMC) e massa média do caroço (MMCR), acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), pH, relação SST/ATT, vitamina C, índice tecnológico (IT) e rendimento de polpa (RP), Mossoró/RN, 2014. Mossoró/RN, 2014.	93
Tabela 5 – Iniciadores <i>Inter Simple Sequence Repeats</i> (ISSR) selecionados para amplificação de genótipos de umbu-cajazeira (<i>Spondias</i> sp.), com respectivas sequências, temperatura de anelamento (T _m), número total de fragmentos (NTF), número total de fragmentos polimórficos (NFP) e percentagem de polimorfismo (%). Mossoró/RN, 2014.	96
Tabela 6 – Iniciadores <i>Random Amplified Polymorphic DNA</i> (RAPD) selecionados para amplificação de genótipos de umbu-cajazeira (<i>Spondias</i> sp.), com respectivas sequências, temperatura de anelamento (T _m), número total de fragmentos (NTF), número total de fragmentos polimórficos (NFP) e percentagem de polimorfismo (%). Mossoró/RN, 2014.	102
Tabela 7 – Correlação entre a divergência genética estimada por meio da caracterização genética entre as características morfológicas, os marcadores moleculares <i>Inter Simple Sequence Repeats</i> (ISSR) e <i>Random Amplified Polymorphic DNA</i> (RAPD) pelo teste de Mantel.	
Mossoró/RN, 2014.	105

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1- Locais de coleta de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) no Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2014.....49

Capítulo II

- Figura 1- Local de coleta dos 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) nos municípios de Apodi e Mossoró, da microrregião do Oeste Potiguar. Mossoró/RN, 2014.73
- Figura 2- Dendrograma de dissimilaridade entre 18 genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) com base em 14 variáveis de frutos pelo método hierárquico aglomerativo da média aritmética entre pares não ponderados (UPGMA) da distância euclidiana média padronizada. Valor cofenético: 0,80. Mossoró/RN, 2014.91
- Figura 3- Gráfico da classificação dos 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) baseado nos escores dos três primeiros componentes principais (CP1, CP2 e CP3). Mossoró/RN, 2014.....94
- Figura 4- Padrão eletroforético de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) obtido pelo marcador molecular *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR) (TriCGA3'RC); 1: ML1; 2: ML2; 3: ML3; 4: ML4; 5: ML5; 6: ML6; 7: MA1; 8: MA2; 9: MA3; 10: MA4; 11: MA5; 12: MA6; 13: JZ1; 14: JZ2; 15: JZ3; 16: JZ4; 17: JZ5; 18: JZ6. Mossoró/RN, 2014.....95
- Figura 5- Análise de agrupamento de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), obtida pelo método hierárquico aglomerativo da média aritmética entre pares não ponderados (UPGMA), utilizando o complemento aritmético do índice de Jaccard como medida de dissimilaridade, a partir de 19 iniciadores *Inter Simple Sequence Repeats* (ISSR). Mossoró/RN, 2014. Valor cofenético: 0,92.98
- Figura 6- Padrão eletroforético de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) obtido pelo marcador molecular *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) (OPA-13); 1: ML1; 2: ML2; 3: ML3; 4: ML4; 5: ML5; 6: ML6; 7: MA1; 8: MA2; 9: MA3; 10: MA4; 11: MA5; 12: MA6; 13: JZ1; 14: JZ2; 15: JZ3; 16: JZ4; 17: JZ5; 18: JZ6. Mossoró/RN, 2014.....101

Figura 7– Análise de agrupamento de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), obtida pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) utilizando o complemento aritmético do índice de Jaccard como medida de dissimilaridade, a partir de 17 iniciadores *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD). Mossoró/RN, 2014. Valor cofenético: 0,91..... 103

LISTA DE ABREVIATURAS

ATT	Acidez total titulável
râa	Acurácia da seleção de clones
BAG	Banco Ativo de Germoplasma
BLUP	Melhor predição linear não-viciada
c^2_{parc}	Coefficiente de determinação dos efeitos de parcela
CVe%	Coefficiente de variação residual
CVgi%	Coefficiente de variação genotípica
CVr	Coefficiente de variação relativa
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DT	Diâmetro transversal
h^2_g	Herdabilidade individual no sentido amplo
ISSR	Inter Simple Sequence Repeats
IT	Índice tecnológico
MC	Massa da casca
MCR	Massa do caroço
MF	Massa do fruto
MMC	Massa média da casca
MMF	Massa média de frutos
MMP	Massa média da polpa
MP	Massa da polpa
pH	Potencial hidrogênionico
PIB	Produto Interno Bruto
RAPD	Random Amplified Polymorphic DNA
DL/DT	Relação entre diâmetro longitudinal e diâmetro transversal
SST/ATT	Relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável
REML	Máxima verossimilhança restrita
RP	Rendimento de polpa
SEP	Desvio padrão do valor genotípico.
SST	Sólidos solúveis totais
Ve	Variância residual
Vf	Variância fenotípica individual
Vg	Variância genotípica
VITC	Vitamina C

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	A FRUTICULTURA NO BRASIL	19
2.2	FRUTEIRAS TROPICAIS NÃO-TRADICIONAIS	20
2.3	ORIGEM, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E TAXONOMIA	20
2.4	DESCRIÇÃO BOTÂNICA	21
2.5	ASPECTOS ECONÔMICOS	22
2.6	QUALIDADE DE FRUTOS	23
2.7	PRÉ-MELHORAMENTO DE UMBU-CAJAZEIRA	24
2.8	MARCADORES MOLECULARES ISSR E RAPD	27
2.9	MODELOS MISTOS E REML/BLUP	28
2.10	ANÁLISES MULTIVARIADAS	31
3	REFERÊNCIAS	33
	CAPÍTULO I	43
	SELEÇÃO DE CLONES DE UMBU-CAJAZEIRA PELO PROCEDIMENTO REML/BLUP	43
	RESUMO	43
1	INTRODUÇÃO	45
2	MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA	48
2.2	ANÁLISES MORFOLÓGICAS	49
2.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	50
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1	ANÁLISES MORFOLÓGICAS	52
4	CONCLUSÕES	62
5	REFERÊNCIAS	63
	CAPÍTULO II	67
	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DE CLONES DE UMBU-CAJAZEIRA	67
	RESUMO	67
1	INTRODUÇÃO	69
2	MATERIAL E MÉTODOS	71
2.1	MATERIAL GENÉTICO	71
2.2	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA	73
2.2.1	Caracteres avaliados	73
2.2.2	Análises estatísticas	75
2.3	CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR	75
2.3.1	Extração de DNA	75
2.3.2	Seleção de iniciadores ISSR e RAPD, amplificação e eletroforese	76
2.3.3	Leitura dos dados moleculares e análise estatística	77
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
3.1	ANÁLISES MORFOLÓGICAS	79

3.2	ANÁLISES MOLECULARES	95
3.2.1	Marcador molecular ISSR	95
3.2.2	Marcador molecular RAPD	100
3.2.3	Correlação entre as análises morfológicas e moleculares ISSR e RAPD	103
4	CONCLUSÕES	107
5	REFERÊNCIAS	108
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas frescas, ficando atrás da China e da Índia. No entanto, no que diz respeito à produção de frutas tropicais, o país ocupa a primeira colocação (BRASIL, 2007). Isso ocorre devido a condições favoráveis de clima, solo e disponibilidade de área, além de investimentos públicos e privados em infraestrutura, logística e inovação tecnológica (BRASIL, 2007).

Dados do Boletim Regional Trimestral do Banco Central (2013) indicam que o Nordeste brasileiro teve avanço econômico acima da média em relação à elevação do produto interno bruto (PIB) per capita e no incremento do volume de investimentos direcionados aos estados nordestinos. Entretanto, este crescimento econômico elevado ainda não é refletido na qualidade de vida das pessoas, fazendo com que estas definam estratégias para conviver numa zona semiárida, com vegetação xerófila e má distribuição das precipitações (MOURA et al., 2007).

O gênero *Spondias* L. reúne espécies nacionalmente conhecidas como a cajazeira (*S. mombin*), a sirigueleira (*S. purpurea* L.), a umbu-cajazeira (*S. sp.*) e a cajaraneira (*S. cytherea* Sonner). Essas frutíferas possuem ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o estado da Bahia até o Maranhão (MUNIZ, 2011; CARVALHO, 2006).

A umbu-cajazeira é geralmente encontrada próxima a residências, indicando uma relação de dependência da presença humana para sua propagação e dispersão (MARTINS; MELO, 2006). Possui frutos de coloração amarelada com polpa suculenta e sabor doce-acidulado (LORENZI; LACERDA, 2006), com rendimento de polpa médio de 55% a 65%, sendo utilizados na forma processada ou para consumo in natura (LIMA et al., 2002).

A inexistência de plantios comerciais e a sazonalidade irregular da produção de frutos impedem que esta espécie alcance outros mercados consumidores, além dos regionais (MARTINS; MELO, 2006). No semiárido nordestino, a umbu-cajazeira é encontrada espalhada em assentamentos e comunidades rurais de vários municípios. Em alguns locais boa parte da produção dos frutos é comprada por

atravessadores, promovendo a comercialização da polpa para pequenas agroindústrias espalhadas pela região (SANTOS et al., 2008).

A qualidade de frutos, seja em relação ao processamento industrial ou ao consumo *in natura*, está ligada a caracteres físicos como formato, tamanho e sabor. Tais caracteres, em conjunto com atributos de composição dos frutos, promovem a aceitabilidade destes pelos consumidores, tendo em vista o aumento da demanda por frutos com novos aromas, sabores e texturas (SÃO JOSÉ et al., 2012; LIMA et al., 2002).

A umbu-cajazeira possui considerável variabilidade genética e morfológica para frutos nas mais diversas regiões do Nordeste (SANTANA, 2010; SANTOS, 2009; CARVALHO et al., 2008; MOURA et al., 2005a; NORONHA et al., 2000). Por este motivo é urgente a necessidade de proteção contra o risco de erosão genética que ameaça espécies nativas inexploradas, através do avanço desenfreado de exploração de madeiras e abertura de áreas para exploração agrícola e pecuária (SANTOS, 2009). A caracterização é necessária para conhecer e preservar a variabilidade genética existente entre plantas de uma mesma espécie (BLANK, 2011).

A biotecnologia tem contribuído para caracterização e conservação do germoplasma de frutíferas mediante a utilização de marcadores moleculares. Estes marcadores permitem estudar e avaliar a variabilidade genética existente em populações naturais para conservação *in situ* (COSTA et al., 2009). Os marcadores moleculares ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) e RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) têm sido largamente utilizados em estudos de filogenia, diversidade genética e seleção assistida por marcadores (BENZAQUEM et al., 2009). A caracterização fenotípica e genotípica por marcadores moleculares pode auxiliar o melhorista na escolha entre genótipos divergentes e promissores com alto potencial produtivo (GOUVÊA et al., 2010).

Na literatura, os principais estudos envolvendo umbu-cajazeiras baseiam-se em caracterização morfológica de plantas e frutos, analisados mediante avaliações físicas, químicas e físico-químicas, com uso de análises multivariadas para identificação de variabilidade genética (SANTANA et al., 2011). Técnicas de

análises multivariadas constituem-se em ferramentas de grande potencial para o melhorista, por considerar simultaneamente um conjunto de características (CRUZ, 2001).

A avaliação de plantas em programas de melhoramento genético é a etapa mais demorada e onerosa (BORÉM; MIRANDA, 2009). Assim, torna-se necessário o uso de metodologias eficientes que aumentem a acurácia do processo seletivo. A utilização de modelos mistos de máxima verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não-viciada (BLUP) para avaliação genética são fundamentais para predição dos valores genéticos aditivos e genotípicos de indivíduos com potencial de seleção (RESENDE, 2002).

As análises multivariadas têm sido empregadas no melhoramento de plantas perenes por propiciar a avaliação do indivíduo em vários aspectos, fazendo uma identificação mais abrangente dos genótipos analisados (CRUZ et al., 2004)

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivos gerais:

a) Estudar a variabilidade, estimar parâmetros genéticos e prever valores genotípicos de frutos de seis clones de umbu-cajazeira para fins de seleção de frutos para processamento industrial ou consumo in natura, via modelos mistos.

b) Analisar a divergência genética por meio de marcadores moleculares ISSR e RAPD e efetuar a caracterização física, química e físico-química de frutos de 18 genótipos de umbu-cajazeira de assentamento e comunidades rurais, com o propósito de selecionar genótipos divergentes com atributos superiores para processamento de frutos ou consumo in natura para produtores locais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A FRUTICULTURA NO BRASIL

O Brasil é um dos países com maior produção mundial de frutas. Em 2010 foram produzidas aproximadamente 40 bilhões de toneladas (FAO, 2012). A região Nordeste destaca-se das demais por possuir: excelente localização em relação aos principais países importadores, disponibilidade de áreas para plantio, apoio de investimentos públicos e privados em infraestrutura para construção e manutenção de açudes com preço atrativo da terra, mão-de-obra relativamente barata e disponível, o que lhe assegura a liderança na produção e exportação de frutas tropicais (GOBETH, 2004).

Em 2013, Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Pernambuco corresponderam a um total de quase 80% do volume de exportação de frutas frescas (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, 2013). Ainda assim, o país pode aumentar o aproveitamento de seu potencial em fruticultura a depender da responsabilidade do produtor brasileiro em atender aos requisitos de qualidade exigidos pelos importadores, elevando o preço dos produtos locais (CARVALHO; MIRANDA, 2009).

O investimento por parte de parcerias públicas e privadas para instalação de sistemas de irrigação na região semiárida levou a um aumento na produção de diversas frutas durante o ano todo, com destaque para o melão, a manga e o caju. O Rio Grande do Norte e o Ceará têm grande potencial para aumentar a produção frutícola, comparados a outros estados, visto que possuem localização estratégica devido à proximidade com a Europa, a América do Norte e com o continente Africano (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, 2013). Estes dois estados produziram um total de 80% da produção nacional de castanha-de-caju no ano de 2012, mesmo com a redução da safra brasileira devido à seca que atingiu o Nordeste, evidenciando o potencial destes estados na balança comercial brasileira. (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, 2013).

2.2 FRUTEIRAS TROPICAIS NÃO-TRADICIONAIS

O mercado internacional tem passado por mudanças econômicas quanto ao processo de produção e processamento de alimentos, visando reduzir custos e expandir mercados (SÃO JOSÉ et al., 2012).

Existe uma crescente demanda comercial por frutos com novos sabores, aromas e texturas, permitindo ao Brasil um aumento na produção de fruteiras cujo conhecimento é restrito e os níveis de produção e consumo são singelos, caracterizados como fruteiras tropicais não-tradicionais (SÃO JOSÉ et al., 2012; SCHWARTZ et al., 2010; RUFINO, 2008).

O Brasil possui diversas frutíferas tropicais não-tradicionais com comércio restrito a mercados locais, com grande potencial de atendimento às características nutricionais demandadas cada vez mais pelos alimentos. Destacam-se frutos como: o açaí, o bacuri, o cajá, a mangaba, a pinha, o umbu-cajá, o umbu, entre muitos outros (SÃO JOSÉ et al., 2012).

Grande parte dessas frutas tem origem no Norte e Nordeste brasileiros, sendo assim mais conhecidas nesses mercados, com produção mínima nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste do país. Uma parte dos frutos é comercializada sob forma in natura com pouco processamento industrial para agregação de valor, buscando alcançar mercados mais distantes, mesmo considerando o mercado brasileiro (SÃO JOSÉ et al., 2012; RUFINO, 2008).

2.3 ORIGEM, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E TAXONOMIA

Apesar do escasso conteúdo de literatura sobre a umbu-cajazeira, alguns autores relatam ser uma espécie de principal ocorrência no Nordeste brasileiro (SOARES FILHO; RITZINGER, 2006). A literatura atesta a presença da espécie em estados como Bahia (SANTANA et al., 2011), Pernambuco (LIRA JÚNIOR et al., 2005), Paraíba (GONDIM et al., 2013); Ceará (VIEIRA, 2013) e Rio Grande do Norte (NORONHA et al., 2000).

O gênero *Spondias* pertence à família Anacardiaceae e é composto por 18 espécies, dentre as quais seis ocorrem no Nordeste: a cajazeira, o umbuzeiro (*S. tuberosa* Arr. Câm.), a cajaraneira, a sirigueleira, os híbridos cajá-mangueira (*Spondias* sp.) e a umbu-cajazeira (SOUZA et al., 2006). *S. mombin* e *S. cytherea* ocorrem principalmente em áreas próximas ao litoral, assim como *S. purpurea*, que também pode ser encontrada em perímetros irrigados com significativa produtividade. *S. tuberosa* é a espécie mais característica do semiárido nordestino, seguida pela umbu-cajazeira, considerada um híbrido natural de *S. tuberosa* (GIACOMETTI, 1993; SILVA JÚNIOR et al., 2004).

Carvalho (2006), investigando a suposta hibridação entre o umbuzeiro e a cajazeira por meio de bandeamento cromossômico CMA/DAPI e hibridação genômica *in situ*, constatou que o padrão de bandas CMA foi semelhante para os dois supostos parentais, mas diferente em relação ao número e distribuição no provável híbrido. A ausência de heteromorfismos em umbu-cajazeira e a divergência no padrão de bandas CMA entre este táxon e seus supostos parentais, apresentam um forte indicativo de não se tratar de um híbrido. Almeida et al. (2007) analisando a provável hibridação entre *S. mombin* e *S. tuberosa* propôs que ambas espécies se encontram relacionadas próximo à umbu-cajazeira, que apresentou cariótipo homozigoto distinto dos demais parentais.

2.4 DESCRIÇÃO BOTÂNICA

A umbu-cajazeira é uma árvore de porte médio a grande, atingindo de 6 a 8 metros de altura e até 20 metros de diâmetro de copa. Lima (2009) estudando o umbuzeiro, concluiu que estas árvores entram em dormência vegetativa durante o período de estiagem anual, com posterior floração e frutificação entre os meses de novembro a dezembro e março a maio, respectivamente (SANTANA, 2010).

Com relação ao sistema reprodutivo, a espécie apresenta uma inflorescência composta por uma panícula terminal na qual são agrupadas flores masculinas

(estaminadas) e hermafroditas (perfeitas), assumindo a forma sexual de andromonóica (CRUZ et al., 2009).

Aproximadamente 90% de seus frutos não apresentam sementes viáveis, indicando que a umbu-cajazeira é, possivelmente, um híbrido natural com alta taxa de esterilidade. Isso faz com que a espécie seja propagada exclusivamente mediante métodos vegetativos, como enraizamento de estacas lenhosas e enxertia (SOARES FILHO; RITZINGER, 2006).

Lima et al. (2002) relatam que os frutos da umbu-cajazeira possuem excelente sabor e aroma, com boa aparência e qualidade nutritiva. São consumidos na forma in natura, apresentando rendimento médio de 55% a 65% em polpa. O fruto é do tipo drupa, apresentando um caroço interno e formato variando de redondo, oblongo, ovalado a piriforme. A casca do fruto, quando imaturo, apresenta-se bastante rugosa, tornando-se lisa quando maduro, com coloração variando entre verde-amarelado, amarelo a amarelo-intenso, quando maduro (SATURNINO, 2008; SOARES FILHO; RITZINGER, 2006).

2.5 ASPECTOS ECONÔMICOS

As frequentes estiagens características do Nordeste brasileiro levam os produtores a optarem por cultivos com plantas de ciclo curto, como o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a batata doce (*Ipomoea batatas* L.), o melão e a melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) (OLIVEIRA et al., 2013). Contudo, algumas frutíferas rústicas, como a mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) e a umbu-cajazeira, produzem mesmo em épocas com baixas precipitações (CARVALHO, 2010; ARAÚJO et al., 2003).

A umbu-cajazeira é uma planta rústica e bem adaptada às condições do semiárido, possuindo frutos de grande aproveitamento industrial devido às suas características organolépticas agradáveis ao consumo. O processamento industrial ou artesanal da fruta é uma forma viável de conservação, trazendo como vantagem

a possibilidade do aproveitamento dos excedentes de produção, garantindo ao mercado sua distribuição ao longo do ano (VIANA, 2008).

Mesmo sem qualquer aporte tecnológico, é altamente prolífica em suas respectivas regiões (LEDERMAN et al., 2008). Entretanto, existem problemas no setor produtivo que levam a dificuldades na comercialização, gerando prejuízos. Os frutos, quando maduros, desprendem-se da planta e caem, sendo danificados ao se chocarem com galhos e com o solo. Esse dano promove a perda de líquido do fruto, com posterior início do processo de fermentação, deteriorando-se rapidamente (LIMA et al., 2002).

Em alguns casos esses frutos são comercializados em péssimas condições, não apresentando o real potencial econômico dessa frutífera (CARVALHO et al., 2008). Para contornar este problema, LEDERMAN et al. (2008) sugerem o envolvimento de pequenos produtores em cadeias produtivas incentivando e estruturando o comércio local desses frutos.

A participação crescente da umbu-cajá no agronegócio da região Nordeste se deve, principalmente, à comercialização como fruta fresca. O processamento industrial da polpa tem tido grande aceitação pelo mercado consumidor devido ao seu sabor exótico e refrescante (SOARES et al., 2006; SOUZA et al., 2006).

A comercialização de polpa de frutas é uma atividade agroindustrial que gera boa rentabilidade, pois possibilita o aproveitamento do excesso de frutas na safra, podendo ocorrer na entressafra. A fruticultura no país tem crescido graças à produção de polpas congeladas em pequenas fábricas, fundadas a partir de cooperativas de produtores e assentados rurais, com o intuito de melhorar a renda dos pequenos produtores e famílias das zonas rurais (MORORÓ, 2000).

2.6 QUALIDADE DE FRUTOS

A demanda por frutas com um bom padrão de qualidade tem aumentado tanto no mercado interno quanto no externo (PRADO et al., 2005). Os atributos de qualidade em frutos são essenciais para a aceitação do produto pelo consumidor, bem

como para o processamento de polpas em agroindústrias (DANTAS JÚNIOR, 2008). De maneira geral, aparência, textura e sabor representam um conjunto de atributos internos e externos relacionados à qualidade da fruta (FRUTIFATOS, 2002).

Os frutos de umbu-cajazeira ideais para o consumo in natura são aqueles com maior massa, baixa acidez e alta relação sólidos solúveis/acidez total titulável (SST/ATT) (SANTANA, 2010). Já para o processamento de polpa, como a umbu-cajá ainda não é uma fruta muito difundida, não existem normas regulamentadas para fixação de Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ), sendo assim necessário comparar com a composição da polpa do cajá, estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento por meio da Instrução Normativa nº. 01, de 7 de janeiro de 2000. O regulamento técnico normatiza que os frutos destinados para o processamento contêm pH mínimo de 2,2, acidez titulável acima de 0,90 g/100g de ácido cítrico, sólidos solúveis acima de 9,5° Brix e relação sólidos solúveis/acidez titulável acima de 10,0.

2.7 PRÉ-MELHORAMENTO DE UMBU-CAJAZEIRA

Por muito tempo instituições de pesquisa têm se empenhado na coleta, caracterização, documentação, conservação e intercâmbio dos recursos genéticos importantes para alimentação humana. Com o aumento do interesse pela diversificação de produtos, o melhoramento genético deverá selecionar um maior número de espécies para a composição de bancos de germoplasma. Se os recursos genéticos forem adequadamente estudados e conhecidos, muitas espécies pouco ou não-domesticadas poderão ser incorporadas ao rol de espécies de interesse atual (LOPES et al., 2006).

Segundo Bosco et al. (1999), para que uma espécie de planta silvestre seja considerada planta cultivada são necessárias informações técnicas para o planejamento e definição de sistemas de produção, haja vista que se trata de uma espécie pouco utilizada em plantios comerciais. Para isso faz-se necessária a

identificação de genótipos com atributos superiores que proporcionem alta produtividade, justificando assim o investimento no estabelecimento de pomares.

Trabalhos de caracterização de genótipos são essenciais para o sucesso de um programa de melhoramento genético, pois permitem identificar, selecionar e indicar genótipos superiores, principalmente em relação a plantas perenes (FARIAS NETO et al., 2002).

Desde o ano de 2000, a Embrapa Mandioca e Fruticultura desenvolve ações de preservação, caracterização e avaliação de genótipos no estado da Bahia. Mais de 20 acessos de umbu-cajazeira compõem seu Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Fruteiras Tropicais, além de outras espécies, como o umbuzeiro. Até o ano 2010 foram selecionados seis acessos de umbu-cajazeira adequados para o consumo in natura e/ou processamento de polpas (SANTANA, 2010; SOARES FILHO; RITZINGER, 2006).

No município de João Pessoa, a Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) implantou, no ano de 1996, um BAG contendo 23 genótipos de umbu-cajazeira. Em Itambé-PE, a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) implantou, no início dos anos 90, um BAG contendo 36 genótipos de umbu-cajazeira coletados em áreas de ocorrência espontânea (LIRA JÚNIOR et al., 2008).

O elevado porte da planta e o lento desenvolvimento até o início da produção são alguns dos entraves mais evidentes na cajazeira e no umbuzeiro, bem como na umbu-cajazeira. Entretanto, inovações tecnológicas, como o uso de porta-enxertos, adensamento de plantio, podas sucessivas de formação e condução, podem viabilizar o cultivo comercial da espécie, com plantas atingindo a produção desejada em oito a dez anos. Para reverter o quadro de estagnação na comercialização dos frutos, seria necessária a criação de mecanismos de incentivo às cadeias produtivas existentes em regiões com pequenos produtores que cultivam a umbu-cajazeira (LEDERMAN et al., 2008).

Muitas espécies, que se encontram em estado selvagem ou não-domesticado, tendem ao desaparecimento devido à forte exploração irracional da terra através do desmatamento, ocasionando a perda de variabilidade genética (QUEIROZ, 2004).

Torna-se imprescindível o incentivo, por parte do governo brasileiro, de estudos genéticos em nível populacional das espécies que compõem o semiárido, para que sejam estabelecidas diretrizes de conservação genética e detecção de variabilidade, procurando reunir subsídios que contribuam para a conservação *in situ* (PINTO et al., 2003).

A diversidade genética de populações nativas de *Spondias* é ampla, devendo ser preservada e avaliada em bancos de germoplasma visando à disponibilização de genótipos para a exploração agroindustrial e programas de melhoramento genético (SOUZA et al., 2006). Explorar a diversidade de espécies cultivadas de potencial importância econômica é uma tarefa fundamental em todos os programas de pesquisa agrícola (CARDONA, 2010).

Atualmente, o conhecimento disponível sobre a variabilidade genética, características morfoagronômicas e fenológicas de plantas de umbu-cajazeira são insuficientes para o delineamento de programas de melhoramento genético. Portanto, esforços e incentivos neste sentido permitirão fornecer informações básicas à comunidade científica visando ao melhor aproveitamento do potencial de exploração econômica da cultura, bem como da conservação e manejo dos recursos genéticos (LIRA JUNIOR et al., 2005).

Caracterizações físicas, químicas e físico-químicas têm sido efetuadas em coleções de germoplasma para gerar informações sobre a descrição e a classificação de espécies vegetais. Em plantas perenes, os caracteres podem ser avaliados em diferentes estádios, pela mensuração ou pela observação. O uso de descritores (tamanho de fruto, colocação da casca, peso de frutos, entre outros) é feito com o objetivo de identificar caracteres que possam ser úteis na seleção precoce de potenciais genótipos (CURY, 1993).

2.8 MARCADORES MOLECULARES ISSR E RAPD

Marcadores moleculares possuem a capacidade de acessar informações diretamente do genoma sem sofrer influência do efeito ambiental (BORBA et al., 2005). A utilização de marcadores moleculares em estudos populacionais de espécies arbóreas tem se demonstrado uma ferramenta com grande poder de discriminação (FREITAS et al., 2005), garantindo aumento da velocidade de resposta dos programas de melhoramento genético (CARNEIRO, 2002).

A caracterização intraespecífica e a avaliação da variabilidade genética entre indivíduos por meio de marcadores moleculares permite a seleção de genótipos mais adequados para o cultivo e/ou melhoramento de plantas, reduzindo o tempo gasto nesta etapa do processo (LIMA et al., 2011).

Marcadores moleculares dominantes podem revelar classes de variações entre genomas distintos. Este fato se relaciona à fração do genoma analisado por tais marcadores, à distribuição de repetições pelo genoma e à extensão do genoma que está sendo analisado em ensaios específicos (RUSSEL et al., 1997; DÁVILA et al., 1999).

O RAPD é uma ferramenta simples e eficaz utilizada para detectar polimorfismos a nível de DNA em indivíduos, sem que características fenotípicas tenham ainda sido expressas. O advento do desenvolvimento de princípio de reações de polimerização em cadeia (PCR) possibilitou a utilização do RAPD, amplificando sequências de DNA genômico ao acaso a partir de iniciadores de sequência aleatória (FERREIRA, 2003; FERREIRA; GRATTAPLAGIA, 1995). Estudos sobre divergência genética realizados com a técnica RAPD permitem distinguir diferenças mínimas entre indivíduos, populações e espécies (BRAMMER, 2000).

Com a vantagem de apresentar baixo custo, simplicidade, rapidez e demanda de mínimas quantidades de DNA para a realização das análises, o RAPD possibilita o estudo de espécies sobre as quais se tem pouca informação genética (GRATTAPAGLIA, 2007; LACERDA et al., 2002). A técnica tem sido utilizada com êxito em espécies como umbuzeiro (MOREIRA et al., 2007), mangueira (*Mangifera indica* L.) (SOUZA et al., 2008), açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)

(OLIVEIRA; SILVA, 2008), cajazeira (LIMA et al., 2011) e mangabeira (MOURA et al., 2005b).

Os marcadores moleculares ISSR também se baseiam em PCR e amplificam segmentos de DNA com um único iniciador composto por uma sequência do microssatélite com 16-25pb de comprimento, podendo amplificar sequências entre microssatélites de diferentes tamanhos. Esses iniciadores podem estar desancorados ou usualmente ancorados na extremidade 5' ou 3' por uma a quatro bases degeneradas. Essas amplificações não requerem informação prévia do genoma e permitem a obtenção de multilocos (CAIXETA et al., 2006; GOULÃO; OLIVEIRA, 2001).

Regiões polimórficas sempre ocorrem em um genoma em que esteja faltando a sequência repetida ou que tenha sofrido deleção ou uma inserção, alterando a distância entre as repetições. Para iniciadores ancorados na região 5', os polimorfismos ocorrem devido às diferenças no tamanho do microssatélite (GOULÃO; OLIVEIRA, 2001).

O ISSR é uma técnica simples, rápida, de custo acessível e eficiente, apresentando alta reprodutibilidade devido ao uso de iniciadores longos mediante a aplicação de alta temperatura (WOLFE, 2005). Devido à sua abundância e dispersão no genoma, tem sido muito utilizado para estudar relações entre duas populações muito relacionadas (HUANG; SUN, 2000; DESHPANDE et al., 2001), ou indivíduos aparentados, devido ao elevado grau de polimorfismo (BORBA et al., 2005). Estudos moleculares em espécies perenes por meio da técnica ISSR têm sido feitos em umbu-cajazeira (SANTANA et al., 2011); mangabeira (AMORIM et al., 2013) e mangueira (ROCHA, 2009).

2.9 MODELOS MISTOS E REML/BLUP

A utilização de modelos mistos foi proposta por Henderson (1949), mas só começou a ser largamente utilizada a partir de 1980, graças aos avanços

computacionais, que facilitaram seu uso devido à sua complexidade (RESENDE, 2002).

A denominação de determinado modelo como misto deve possuir um ou mais efeitos fixos, além da média geral, e um ou mais efeitos aleatórios, além do erro experimental, possibilitando estimar os efeitos fixos e prever os efeitos aleatórios. A definição de efeito fixo ou aleatório deve estar relacionada ao objetivo da pesquisa (RESENDE, 2004).

Em experimentos com plantas, os efeitos dos tratamentos (genótipos) e os efeitos ambientais mensuráveis (parcelas, blocos e outros) podem ser considerados como fixos ou aleatórios (OLIVEIRA, 2007). O efeito de tratamentos, como aleatório, deve ser essencial no melhoramento genético de perenes, pois é a única forma de se fazer seleção genética, conduzindo a maior acurácia (RESENDE, 2004; RESENDE et al., 2001). Já os efeitos de blocos em plantas perenes podem ser considerados fixos para que as comparações sejam plausíveis entre os blocos (RESENDE; HIGA, 1994). A partir dessa situação torna-se possível extrapolar os valores de uma amostra (variância e média), como sendo de toda uma população, bem como produzir previsões mais acuradas, principalmente no caso de experimentos com dados perdidos, pois as previsões são conduzidas em direção à média geral do experimento, permitindo a obtenção de valores genéticos e não fenotípicos (RESENDE, 2004).

No melhoramento genético de plantas perenes, técnicas para avaliação genética são essenciais para previsão de valores genéticos aditivos e genotípicos dos indivíduos candidatos à seleção, por apresentar elevada acurácia. Atualmente, o procedimento padrão de estimação de componentes de variância é o da máxima verossimilhança restrita (REML) com a previsão dos valores genéticos e genotípicos pelo procedimento BLUP (melhor previsão linear não viciada) (RESENDE; DIAS, 2000).

Estimativas de parâmetros genéticos, como herdabilidade e correlações genéticas, são fundamentais no delineamento de estratégias de melhoramento genético eficientes. Entretanto, é comum a ocorrência de desbalanceamento de dados mediante perdas de plantas ou plantas que não produziram, o que pode comprometer

determinados ensaios. Assim, o procedimento REML/BLUP tem a capacidade de lidar naturalmente com o desbalanceamento, conduzindo a estimativas e previsões mais precisas de parâmetros genéticos e de valores genéticos, respectivamente (RESENDE, 2007).

O procedimento ótimo de seleção de plantas perenes para direcionar a seleção de indivíduos superiores é o BLUP, pois, além de maximizar a acurácia de seleção, permite o estudo da associação entre diferentes fontes de informação provenientes de experimentos em vários locais, colheitas e em vários anos. A previsão utilizando o BLUP assume que os componentes de variância são conhecidos (RESENDE, 2002).

Por muito tempo, a análise de variância (ANOVA) e a análise de regressão foram utilizadas como as principais ferramentas para análise e modelagem estatística. Entretanto, essas técnicas têm limitações, não conseguindo lidar com dados desbalanceados e com parentescos entre indivíduos. Assim, o método REML torna-se extremamente útil na seleção de indivíduos, pois permite inferir repostas sob a ocorrência de dados desbalanceados de experimentos e com parentesco entre tratamentos. De uns anos para cá, o REML começou a ser muito utilizado em experimentos com espécies florestais devido à sua robustez na análise de dados e previsão de valores genéticos, em detrimento da ANOVA (RESENDE, 2007). Em experimentos com dados desbalanceados, a ANOVA conduz a estimativas imprecisas de componentes de variância e, conseqüentemente, a previsões inacuradas de valores genéticos (STURION; RESENDE, 2010).

O procedimento REML/BLUP tem sido usado no melhoramento genético de palmáceas para a seleção de progênies e indivíduos em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) (FARIAS NETO; RESENDE, 2001), palmeira-real australiana (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude) (BOVI et al.; 2003), umbuzeiro (OLIVEIRA et al., 2004) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) (QUINTAL, 2013); gerando análises a partir de sistemas estatísticos-computacionais como SAS (*Statistical Analysis System*) e SELEGEN (Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos). Esses programas permitem análises de um grande número de modelos (OLIVEIRA, 2007)

2.10 ANÁLISES MULTIVARIADAS

As análises multivariadas têm sido frequentemente empregadas no melhoramento genético de plantas perenes, pois propiciam a avaliação do indivíduo em vários aspectos, proporcionando uma identificação mais abrangente (CRUZ et al., 2004). Para visualização e interpretação da divergência genética a partir de características morfológicas, agrônômicas e moleculares (MARTEL et al., 2003; SOUSA, 2003), os principais métodos multivariados utilizados têm sido aqueles que avaliam a similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos, a saber: distância euclidiana, análise de componentes principais e análise de agrupamentos (MOURA, 2003). Esses métodos podem ser utilizados com o objetivo de direcionar inter cruzamentos entre parentais divergentes ou gerenciar informações disponíveis em bancos de germoplasma (CRUZ et al., 2004).

Pela caracterização molecular é possível construir uma matriz composta por dados binários representados por 0 (ausência) e 1 (presença de fragmento), permitindo a aplicação de coeficientes de similaridade variando de 0 a 1, pelo qual as dissimilaridades são obtidas a partir de seus complementos (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Por resultar em uma matriz binária, os marcadores moleculares fazem uso de coeficientes de similaridade necessários para interpretação dos dados. Os coeficientes de coincidência simples (S_{SM}), o de Jaccard (S_J) e o de Dice ou Nei li (S_D), estão entre os mais citados, sendo o coeficiente de Jaccard o mais utilizado (REIF et al., 2005).

No que tange às variáveis quantitativas, a distância euclidiana média padronizada tem sido utilizada como medida de dissimilaridade para formação de agrupamentos, quando o germoplasma analisado não possui casualização ou controle local (CRUZ et al., 2004).

A partir da matriz de dissimilaridade gerada pela distância euclidiana torna-se possível agrupar populações, clones ou variedades, permitindo ao pesquisador fazer inferências sobre o agrupamento formado (DIAS et al., 1997). Em relação aos métodos aglomerativos, o hierárquico tem sido muito utilizado, pois tem a capacidade de agrupar indivíduos aparentados em vários níveis (CRUZ et al., 2004).

A análise de componentes principais é um dos métodos multivariados mais simples e tem como propósito fazer combinações lineares de variáveis originais independentes entre si, que são estimadas com a função de reter, em ordem de importância, o máximo da informação contida nos dados originais. Espera-se que a maior parte da variação contida no conjunto de dados seja descrita adequadamente por poucas variáveis. Assim, o primeiro componente tem a maior variância, o segundo tem a segunda maior e assim por diante (MANLY, 2008). A adoção de componentes principais em estudos de diversidade genética depende da possibilidade de sintetizar um número relativamente alto de variáveis originais em poucos componentes, indicando uma boa aproximação do comportamento dos indivíduos em análise (BARBOSA, 2010).

3 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. C. de S.; CARVALHO, P. C. de L.; GERRA, M. Karyotype differentiation among *Spondias* species and the putative hybrid Umbu-cajá (Anacardiaceae). **The Linnean Society of London, Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 155, p. 541–547, 2007.

AMORIM, J. A. E.; MUNIZ, A. V. C. da S.; VITORIA, M. F. da; RAMOS, S. R. R. Diversidade genética de indivíduos de mangabeira oriundos do povoado Abaís, em Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013. VARIEDADE MELHORADA: A FORÇA DA NOSSA AGRICULTURA, Viçosa. **Anais...** Uberlândia: SBMP, p. 266-268, 2013.

ARAÚJO, I. A.; SANTOS, E. S.; MACÊDO, L. S. Resposta da Mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) à adubação com NPK micronutrientes em Alissolo Distrófico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, 2003. Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2003. 1 CD-ROM.

BARBOSA, C. D. **Bioinformática e técnicas multivariadas na análise da divergência genética em *Carica papaya* L.** 2010. 104f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo de Goytacazes, 2010.

BENZAQUEM, D. C.; FREITAS, D. V.; CONTIM, L. A. S.; VERAS, Y. T.; BARROS, W. G.; SAMPAIO, P. de T. B. Seleção de primers ISSR para análise genético-populacional em espécies do gênero Aniba. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 61., Manaus. **Anais...** Manaus: SBPC, 2009. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/61ra/resumos/resumos/4493.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

BLANK, A. F. Estratégias para a conservação e uso dos recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas no Brasil: bioma Caatinga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2011, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Horticultura Brasileira, 2011.

BOLETIM REGIONAL TRIMESTRAL DO BANCO CENTRAL DO BRASIL. Brasília, v. 7, n.3, jul. 2013.

BORBA, R. da S.; GARCIA, M. S.; KOVALLESKI, A.; OLIVEIRA, A. C.; ZIMMER, P. D.; BRANCO, J. S. C.; MALONE, G. Dissimilaridade genética de linhagens de *Trichogramma Westwood* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) através de marcadores moleculares ISSR. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 565-569, 2005.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 5.ed. Viçosa: UFV, 2009. 529p.

BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S.P.D. de; BARROS, R.V. Banco ativo de germoplasma de cajá no Estado da Paraíba. In: WOKSHOP PARA CURADORES DE BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS, 1997, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-Cenargen, 1999. p. 80-85.

BOVI, M. L. A.; RESENDE, M.D.V.; SPIERING, S.H. Genetic parameters estimation in King palm through a mixed mating system model. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 93-98, 2003.

BRAMMER, S. P. **Marcadores moleculares**: princípios básicos e uso em programas de melhoramento genético vegetal. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 7p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 3). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do03.htm>. Acesso em: 22 jan. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva de Frutas**. [S.l.]: IICA: MAPA/SPA, 2007. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/x_files/Documentos/Cadeia_Produtiva_de_Frutas_S%C3%A9rie_Agroneg%C3%B3cios_MAPA.pdf>. Acesso em: 03 set. 2013.

CAIXETA, E. T.; OLIVEIRA, A. C. B.; BRITO, G. G.; SAKIYAMA, N. S. Tipos de marcadores moleculares. In: BORÉM, A.; CAIXETA, E. T. (Ed.). **Marcadores moleculares**. Viçosa: UFV, 2006. p. 9-78.

CARDONA, J. O. Análisis de diversidad genética de las razas colombianas de maíz a partir de datos Roberts et al., (1957) usando la estrategia Ward-WLM. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, p. 199-207, 2010.

CARNEIRO, V. **Debulha, classificação em tamanho e armazenamento na qualidade de sementes de milho-pipoca**. 2002. 40 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

CARVALHO, J. C.; MIRANDA, D. L. **As exportações brasileiras de frutas: um panorama atual**. Brasília: SOBER, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/1300.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

CARVALHO, L. D. **Produção de geleia dietética de umbu-cajá**: avaliação sensorial, física e físico-química. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

CARVALHO, P. C. L. de. **Variabilidade morfológica, avaliação agrônômica, filogenia e citogenética em *Spondias* (Anacardiaceae) no Nordeste do Brasil**. 2006. 155 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2006.

CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. S.; LEDO, C. A. S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-

cajazeira no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 140-147, 2008.

COSTA, M. A. P. de C.; SOUZA, F. V. D.; LUNA, J. V. U.; CASTELLEN, M. da S.; ALMEIDA, W. A. B. de; SILVA, S. A.; DANTAS, A. C. V. L. Conservação de fruteiras potenciais para o nordeste brasileiro. 2009. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de (Org.). **Tópicos em ciências agrárias**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. 296 p.

CRUZ, C. D. A informática no melhoramento genético. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-ILGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p.1085-1118, 2001.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, UFV. 2003. 579p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, J. A.; CARNEIRO, P. C. S. Divergência genética. In: CRUZ, C. D.; REGAZZI, J. A.; CARNEIRO, P. C. S. (Ed.). **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, p. 377-413.

CRUZ, E. S. da; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. dos S. Avaliação do florescimento de acessos de umbu-cajazeira. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DO RECÔNCAVO DA BAHIA, 3.; SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PESQUISA DA UFRB, 3.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFRB, 3., 2009, Cruz das Almas. Evolução do conhecimento e o desenvolvimento social. **Anais...** Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. 1 CD-ROM.

CURY, R. **Dinâmica evolutiva e caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na agricultura autóctone do Sul do Estado de São Paulo**. 1993. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1993.

DANTAS JÚNIOR, O. R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do Semiárido nordestino**. 2008. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

DÁVILA, J. A.; LOARCE, Y.; FERRER, E. Molecular characterization and genetic mapping of random amplified microsatellite polymorphism in barley. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 98, p. 265-273, 1999.

DESHPANDE, K. U.; APTE G. S.; BAHULIKAR, R. A., LAGU, M. D., KULKARNI, B. O., SURESH, H. S., SINGH, N. P., RAO, M. K., GUPTA, V. S., PANT, A., RENJEKAR, P. K. Genetic diversity across natural populations of montane plant species from the western Ghats, India revealed by inter-simple sequence repeats. **Molecular Ecology**. v. 10, p. 2397–2408, 2001.

DIAS, L. A. dos S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, G. C. T. Divergência fenética multivariada na preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L.). **Agrotropica**, v. 9, p. 29-40, 1997.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Base de Dados Agrícolas de FAOSTAT**. 2012. Disponível em: <www.faostat.org>. Acesso em: 30 out. 2013.

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V. de. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, p. 320-324, 2001.

FARIAS NETO, J. T.; YOKOMIZO, G.; BIANCHETTI, A. Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 731-733, 2002.

FERREIRA, M. A. J. F. **Utilização das técnicas de marcadores moleculares na genética de populações, na genética quantitativa e no melhoramento de plantas**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003. 63 p.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPLAGIA, D. **Introdução ao uso de marcadores RAPD e RFLP em análise genética**. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1995. 220 p.

FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A.P.A.; SEBBENN, A.M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variabilidade genética intrapopulacional em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. por marcador AFLP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 21-28, 2005.

FRUTIFATOS. **Informação para a fruticultura irrigada**, Brasília, v.2, n.2, 2002. 64 p.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1993, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1993. p. 13-27.

GOBETH, L. M. **Especial 30 Anos - A Expansão da Fruticultura no Nordeste do Brasil**. [S.n: s.l] 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2003/abril/bn.2004-11-25.0605617831/>>. Acesso em: 22 jan. 2014.

GONDIM, P. J. S.; SILVA, S. de M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L.; CHAVES NETO, J. R.; SANTOS, L. F. dos. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1217-1221, 2013.

GOULÃO, L.; OLIVEIRA, C. M. Molecular characterization of cultivars of apple (*Malus x domestica* Borkh.) using microsatellite (SSR and ISSR) markers. **Euphytica**, v. 122, p. 81-89, 2001.

GOUVÊA, L. R. L.; RUBIANO, L. B.; CHIORATTO, A. F.; ZUCHI, M. I.; GONÇALVES, P. S. Genetic divergence of rubber tree estimated by multivariate techniques and microsatellite markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 33, n. 2, p. 308-318, 2010.

GRATTAPAGLIA, D. Aplicações operacionais de marcadores. In: **Biotecnologia florestal**. BORÉM, A (ed.). Viçosa, MG: [s.n.], 2007. p. 175-200.

HENDERSON, C. R. Estimation of changes in herd environment. **Journal of Dairy Science**, v. 32, p. 709, 1949.

HUANG, J.; SUN, S. M. Genetic diversity and relationships of sweet potato and its wild relatives in *Ipomoea* series Batatas (Convolvulaceae) as revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) and restriction analysis of chloroplast DNA. 2000. **Theoretical Applied Genetica**, v.100, p. 1050-1060, 2000.

LACERDA, D. R.; MACEDO, M. D. P.; LEMOS, F. J. P.; LOVATO, M. B. A técnica de RAPD: uma ferramenta molecular em estudos de conservação de plantas. **Lundiana** v. 3, n. 2, p.87-92, 2002.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, J. F. da; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. Potencialidade das espécies de *Spondias* no desenvolvimento da fruticultura brasileira. In: LEDERMAN, L. E.; LIRA JÚNIOR, J. S. de; SILVA JÚNIOR, J. F. da. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins**. Recife-PE: [s.n.], 2008. p. 15-22.

LIMA, A. T. B., SOUZA, V. A. B. de; GOMES, R. L. F.; LIMA, P. S. C. Molecular characterization of cajá *Spondias mombin* (Anacardiaceae) by RAPD markers. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p. 2893-2904, 2011.

LIMA, D. C. de. **Germinação de sementes e otimização de técnicas de micropropagação de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.) – Anacardiaceae**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio Grande Do Norte, Natal, 2009.

LIMA, E. D. P. DE A.; LIMA, C. A. DE A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* sp) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 338-343, 2002.

LIRA JÚNIOR, J. S. de; MUSSER, R. dos S.; MELO, E. de A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. dos. Caracterização física e físico-química de

frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 757-761, 2005.

LIRA JÚNIOR, J. S. de; MUSSER, R. dos S.; LEDERMAN, I. E.; MARTINS, L. S. S. Variabilidade entre genótipos de um banco de germoplasma de cajá-umbuzeiro (*Spondias* spp.) na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, p. 116-120, 2008.

LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. da F.; FALEIRO, F. G. **Curso Internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 184 p. Documentos, 185.

LORENZI, H.; LACERDA, M. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da flora, 2006. 640 p.

MANLY, B. J. F. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229 p.

MARTEL, J. H. I.; FERRAUDO, A. S.; MÔRO, J. R.; PERECIN, D. Estatística multivariada na discriminação de raças amazônicas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth.) em Manaus. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 1-9, 2003.

MARTINS, S. T.; MELO, B. Umbu-cajá (*Spondias* sp.). **Toda Fruta**, 2006. Disponível em: http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=11041. Acesso em: 22 jan de 2014.

MOREIRA, P. A.; PIMENTA, M. A. S.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; Oliveira, D. A. Variabilidade genética de umbuzeiro na região Norte do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 279-281, 2007.

MORORÓ, R. C. **Como montar uma pequena fábrica de polpas de frutas**. 2. ed. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas, 2000. p. 84.

MOURA, E. F. **Divergência genética entre acessos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*)**. 2003. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; COSTA, J. P.; MENDONÇA, R. M. N.; ALVES, R. E. Características físicas de frutos de umbu-cajazeiras provenientes do Brejo Paraibano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa; UFPB; UFS; SBF, 2005.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L. Clima e a água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. **Potencialidades da água da chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.181 p.

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; VENCOVSKY, R.; ZUCCHI, M. I. 4; PINHEIRO, J. B.; MORAIS, L. K.; MOURA, M. F. Seleção de marcadores RAPD para o estudo da estrutura genética de populações de *Hancornia speciosa* Gomez. **Bioscience Journal**, v. 21, p. 119-125, 2005.

MUNIZ, F. H. Efeito do manejo florestal sobre a composição florística e fitossociologia da floresta na Amazônia maranhense. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. de. **Amazônia maranhense: diversidade e Conservação**. Belém: MPEG, 2011. p.118-140.

NORONHA, M. A. S. de; CARDOSO, E. de A.; DIAS, N. da S. Características químicas e físico-químicas de frutos de umbu-cajá (*Spondias* sp.) provenientes dos pólos Baixo-Jaguaribe CE) e Assu-Mossoró (RN). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 1 CD ROM.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; SILVA, K. J. D. Diferenciação genética entre procedências de açaizeiro por marcadores RAPD e SSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p. 438-443, 2008.

OLIVEIRA, R. A. **Seleção de famílias de maturação precoce em cana-de-açúcar via REML/ BLUP**. 2007. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

OLIVEIRA, V. R. de, RESENDE, M. D. V. de, NASCIMENTO, C. E. de S., DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F. Variabilidade genética de procedências e progênies de umbuzeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 53-56, 2004.

OLIVEIRA, V. S. G. de; FERREIRA, L. L.; PORTO, V. C. N. Agricultura familiar e agroecologia: um estudo no município de Apodi-RN. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, p. 01-07, 2013.

Instituto Brasileiro de Frutas. **Panorama da cadeia produtiva das frutas 2012-2013**. [S.l.: s.n]: [2013?]. Disponível em: <<http://goo.gl/6OyOmK>>. Acesso em 22 jan. 2014.

PINTO, W. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. S.; JESUS, S.C.; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1059-1066, 2003.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; SILVA, J. A. A. Liming and quality of guava fruit cultivated in Brazil. **Scientia Horticulture**, v. 106, p. 91-102, 2005.

QUEIROZ, M. A. Germplasm of cucurbitaceae in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 377-383, 2004.

QUINTAL, S. S. R. **Melhoramento da goiabeira *P. guajava* via metodologia de modelos mistos**. 2013. 181 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo de Goytacazes, 2013.

REIF, J. C.; MELCHONGER, A. E.; FRISCH, M. Genetical and mathematical properties of similarity and dissimilarity coefficients and applied in plant breeding and seed bank management. **Crop Science**, v. 45, p. 1-7, 2005.

RESENDE, M. D. V. de. Procedimentos ótimos de seleção com dados balanceados e desbalanceados. In:_____. (Ed). **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 209-347.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 65 p.

_____. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 362 p. 2007.

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

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estimação de valores genéticos no melhoramento de Eucalyptus: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e de seus parentes. **Boletim de Pesquisas Florestais**, n. 28, p. 11-35, 1994.

RESENDE, M. D. V de; REZENDE, G. D. S. P.; FERNANDES, J. S. C. Regressão aleatória e funções de covariância na análise de medidas repetidas. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 19, p. 21-40, 2001.

ROCHA, A. **Identificação de embriões zigóticos e nucelares de sementes e caracterização agrônômica e molecular de acessos de mangueira ‘Ubá’**. 2009. 117 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

RUFINO, M. do S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. 2008. 237p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.

RUSSELL; J. R., FULLER, J. D., MACAULAY, M.; HATZ, B. G., JAHOR, A.; POWELL, W., WAUGH, R. Direct comparison of levels of genetic variation among barley accessions detected by RFLPs, AFLPs, SSRs and RAPDs. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 95, p. 714-722, 1997.

SANTANA, I. B. B. **Divergência genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise multivariada utilizando marcadores morfoagronômicos e moleculares**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

SANTANA, I. B. B.; OLIVEIRA, E. J. de; SOARES FILHO, W.S.; RITZINGER, R.; AMORIM, E. P.; COSTA, M. A. P. C.; MOREIRA, R. F. C. Variabilidade genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise de marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 868-876, 2011.

SANTOS, A. P. **Caracterização de frutos e enraizamento de estacas de umbu-cajazeiras. Cruz das Almas-Ba**. 2009. 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

SANTOS, J. A. N. dos; BRAINER, M. S. de C. P; CARNEIRO, W. M. A. As agroindústrias de frutas e hortaliças no Nordeste e o suprimento de matérias-primas e embalagens. **BNB Conjuntura Econômica**, n. 18, p. 5-8, 2008.

SÃO JOSÉ, A. R.; PIRES, M. de M.; SILVA, M. D. V.; MORAES, M. O. B. de. Fruteiras tropicais não tradicionais. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 22., 2012, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.congressofruticultura2012.com.br/anais/programacao/textos-paineis/Painel_5_Abel.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2013.

SATURNINO, H. M. Recursos genéticos e melhoramento de *Spondias* no estado de Minas Gerais. In: LEDERMAN, L. E.; LIRA JÚNIOR, J. S. de; SILVA JÚNIOR, J. F. da. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins**. Recife: [s.n.], 2008, p. 75-79.

SCHWARTZ, E.; FACHINELLO, J. C.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. B. da. Avaliação de populações de *Butia capitata* de Santa Vitória do Palmar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n.3, 2010.

SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; ALVES, M. A.; MELO NETO, M. L. Collecting, ex situ conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*) germplasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, p. 343-349, 2004.

SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CARNEIRO, J. G. DE M.; NASCIMENTO, F. N. do; SILVA, I. C. V.; COSTA, J. C. L. da. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 518-519, 2006.

SOARES FILHO, W. dos S.; RITZINGER, R. Pré-melhoramento genético de fruteiras nativas: caso da umbu-cajazeira na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. In: LOPES, M. A. et al. (Org.). **Curso internacional de pré-melhoramento de plantas**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. p. 126-128.

SOUZA, F. X. de.; COSTA, J. T. A.; LIMA, R. N. de; CRISOSTOMO, J. R. Crescimento e desenvolvimento de clones de cajazeira cultivados na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 414-420, 2006.

SOUZA, I. G. B.; DINIZ, F. M.; SOUZA, V. A. B.; VALENTE, S. E. S.; BARROS, F. B.; LIMA, P. S. C. Similaridade genética entre genótipos de manga com base em marcadores RAPD. 2008. **Anais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. 1 CD-ROM.

SOUZA, N. R. **Variabilidade genética e estimativas de parâmetros genéticos em germoplasma de guaranazeiro**. 2003. 99 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. Avaliação genética e análise de deviance em um teste desbalanceado de procedência e progênie de *Ilex paraguariensis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 157-160, 2010.

VIANA, E. S. **Embrapa realiza curso sobre processamento de frutas**. 2008. Disponível em: <<http://blog.cnpat.embrapa.br/index.php?s=ipa>>. Acesso em: 23 jan. 2014.

VIEIRA, A. R. **Propagação assexuada e qualidade de frutos de genótipos de umbu-cajazeira da mesorregião Centro-Sul do Ceará**. 2013. 155 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

WOLFE, A. D. ISSR techniques for evolutionary biology. **Molecular Evolution: producing the biochemical data**, part B, v. 395, p. 134-144, 2005.

CAPÍTULO I

SELEÇÃO DE CLONES DE UMBU-CAJAZEIRA PELO PROCEDIMENTO REML/BLUP

RESUMO

YAMAMOTO, Euriann Lopes Marques. **Seleção de clones de umbu-cajazeira pelo procedimento REML/BLUP**. 2014. 24 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia/Melhoramento Genético) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2014.

A umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) é uma fruteira nativa do semiárido brasileiro com elevado potencial de cultivo e polpa suculenta, utilizada na produção de sucos e néctares. Agroindústrias têm se instalado na região, sendo necessário o suprimento de frutos para processamento com regularidade, quantidade e qualidade. Este trabalho tem por objetivo estimar parâmetros genéticos e predizer valores genotípicos de frutos de seis clones de umbu-cajazeira da estação experimental de Ipanguaçu/RN por meio da metodologia *Maximum Restricted Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction* (REML/BLUP). O ensaio foi instalado em delineamento de blocos ao acaso com três blocos e três repetições por parcela em arranjo desbalanceado pelo software Selegen. Para a avaliação foram consideradas as variáveis: diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, relação diâmetro longitudinal/diâmetro transversal, massa de frutos, polpa, casca e caroço, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, vitamina C, relação sólidos solúveis/acidez titulável, índice tecnológico e rendimento de polpa. Componentes de variância por REML individual e componentes de médias (BLUP individual) foram estimados via modelos mistos pela metodologia REML/BLUP com a utilização do software Selegen. Foi possível classificar e ordenar os clones de acordo com as melhores características, especialmente devido ao desbalanceamento. Os clones Carnaubais, Alto do Rodrigues, Açu e/ou Ipanguaçu podem ser recomendados para processamento de polpa ou consumo in natura. O clone Serra do Mel destacou-se dos demais em relação a todos os atributos de qualidade de frutos analisados, podendo ser utilizado tanto para processamento de polpa quanto para consumo in natura. O clone Parelhas não demonstrou possuir características desejáveis ao consumo in natura ou processamento de polpa.

Palavras-chave: *Spondias* sp., variabilidade genética, agroindústria, consumo in natura.

CHAPTER I
MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF
CLONES UMBU-CAJAZEIRA

ABSTRACT

YAMAMOTO, Euriann Lopes Marques. **Selection of clones of umbu-cajazeira by procedures REML/BLUP**. 2014, 24 p. Dissertation (Master in Plant Science-Plant Breeding) - Federal University of Semi-Arid, Mossoró/RN, 2014.

The umbu-cajazeira (*Spondias sp.*) is a native fruit tree of the Brazilian semiarid with high potential for cultivation and juicy pulp, used in production of juice and nectars. Agrobusiness have been installed in the region being necessary to the supply of fruits to the proceeding with regularity, quantity and quality. This work has the objective of estimate genetic parameters and predicts genotypic values of fruits of six clones of umbu-cajazeira of the Station Experimental of Ipanguaçu/RN using the methodology Maximum Restricted Likelihood/ Best Linear Unbiased Prediction (REML/BLUP). The trial was conducted in outline randomized blocks with three blocks and three replicates per plots in unbalanced arrangement. For the evaluation variables were considered longitudinal diameters, transverse diameters, in relations longitudinal diameters/transverse diameters, fruit mass, pulp, bark and pit, acidity, pH, soluble solids, vitamin C, soluble solid relationship acidity, technological index of pulp yield. Components of variance for REML, individual and the average components (BLUP individual) estimated shape via mixed models methodology for REML/BLUP using the software Selegen. Analyses of variables fruits by mixed models were able to classify and sort the clones according to the best features, especially due to unbalance. The clones Carnaubais, Alto do Rodrigues, Açu and Ipanguaçu can be recommended for procedures of pulp and/or consumption in nature. The Serra do Mel clone stood out from the others with respect to all attributes of quality of analyses the fruits, it can be used both as pulp processing for consumption in nature. The Parelhas clones demonstrated not possess desirable characteristics for consumption in nature or pulp procedures.

Keywords: *Spondias sp.*, genetic variability, agrobusiness, consumption in nature.

1 INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino permaneceu por muito tempo isolado do resto do país no que diz respeito à prática da agricultura empresarial. Entretanto, a partir da de 1970 este cenário mudou graças à chegada de modernas tecnologias de irrigação. De acordo com dados da SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), o Produto Interno Bruto (PIB) do Nordeste cresceu a uma taxa anual, entre os anos de 1970 a 2005, de cerca de 8,3%, enquanto que no Brasil verificou-se apenas 3,5% (CUNHA, 2009).

O estado do Rio Grande do Norte tem se destacado no ramo da fruticultura devido ao dinamismo da agricultura, especificamente da produção de frutas tropicais irrigadas (GOMES, 2003). Desde 1980, projetos governamentais de irrigação, bem como projetos da iniciativa privada, alavancaram a fruticultura na região (CUNHA, 2009). O Polo de Desenvolvimento Integrado Açu/Mossoró, que compreende os municípios de Baraúnas, Mossoró, Serra do Mel, Carnaubais, Pendências, Alto do Rodrigues, Afonso Bezerra, Ipanguaçu, Itajá, Açu e Upanema, é uma das regiões beneficiadas pelos projetos de irrigação no Nordeste (GOMES, 2003; NUNES et al., 2006).

O setor da agricultura irrigada, em conjunto com agroindústrias processadoras, demonstram o potencial, em relação ao caráter produtivo, que esta região tem desenvolvido. Inovações tecnológicas têm sido inseridas no polo Açu/Mossoró, apresentando, mediante as atividades produtivas, resultados que têm extrapolado limites geográficos, conquistando novos mercados tanto nacionais quanto internacionais (LIMA; MIRANDA, 2001; NUNES et al., 2006).

Inúmeras agroindústrias têm se instalado no estado (JERÔNIMO, 2012), produzindo a partir de frutas tropicais doces, sucos, compotas e geleias. No entanto, torna-se imprescindível suprir, com regularidade, quantidade e qualidade, a demanda por matéria-prima, em vista das características nutricionais cada vez mais esperadas nos alimentos (SÃO JOSÉ et al., 2012).

A umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) é uma planta perene pertencente à família Anacardiaceae e ao gênero *Spondias*. Propagada pelo método assexuado, raramente

possui sementes em seus caroços (SOUZA; COSTA, 2010). Apresenta grandes perspectivas de inserção no mercado interno de frutas exóticas (MARTINS; MELO, 2006) e crescente demanda entre as polpas comercializadas devido ao seu sabor agradável (SILVA; KOBLITZ, 2010)

Possui fruto do tipo drupa, globosa ou curto-elipsoide, com casca fina e coloração amarelada quando maduro, polpa suculenta e sem fibras, com sabor doce-acidulado (LORENZI; LACERDA, 2006). Tem elevado potencial de cultivo (SILVA JÚNIOR et al., 2004), com rendimento médio de 55% a 65% em polpa e apresenta potencial de utilização tanto na forma processada como polpa congelada, sucos, néctares e sorvetes (LIMA et al., 2002b).

Mesmo com todas essas potencialidades, são poucos os pomares comerciais existentes, fazendo com que as agroindústrias dependam apenas da produção obtida pelo extrativismo, caracterizado pela sazonalidade e insuficiência em manter as fábricas funcionando durante todo o ano (GONDIM et al., 2013). O reduzido conhecimento fitotécnico da cultura e a atividade exploratória do homem no campo através de queimadas e desmatamento, têm levado a perdas da variabilidade genética, impedindo que populações se mantenham vivas e reprodutivas para o futuro (SÃO JOSÉ et al., 2012; KAWAGUICI; KAGEYAMA, 2001).

Algumas instituições públicas, em convênio com universidades federais, têm apoiado pesquisas sobre o cultivo da umbu-cajazeira. A Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas-BA) possui pesquisas na área de recursos genéticos e pré-melhoramento de germoplasma de *Spondias*. Além disso, possui um Banco Ativo de Germoplasma de Fruteiras Tropicais, implantado no ano de 2004, com a presença de diversos acessos de umbu-cajazeira e de umbuzeiro (SANTANA, 2010).

No Rio Grande do Norte são poucas as pesquisas envolvendo umbu-cajazeira (LIMA et al., 2002a). Neste sentido torna-se necessário o conhecimento da variabilidade genética desta espécie para caracterização dos tipos de frutos da região, tendo como objetivo a identificação de genótipos promissores de interesse agricultores (CARVALHO et al., 2008).

A diversidade genética expressa a variação genética existente dentro de uma população. Por meio da quantificação da variabilidade genética em um germoplasma

vegetal é possível identificar materiais genéticos semelhantes ou em duplicata, de maneira a fornecer informações potenciais de parentais promissores em programas de melhoramento genético (COIMBRA et al., 2001). Além disso, pesquisas envolvendo o estudo da diversidade genética em plantas com propagação assexuada, possibilitam a identificação de um clone do genótipo selecionado, economizando tempo e custo em programas de melhoramento genético.

Este trabalho tem como objetivo estudar e avaliar a variabilidade genética de frutos de seis clones de umbu-cajazeira da Estação Experimental em Ipanguaçu-RN por meio de modelos mistos, visando a seleção de clones para processamento de polpa e consumo in natura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) em Ipanguaçu-RN, no período compreendido entre fevereiro e novembro de 2013.

Segundo a classificação de Thornthwaite, a região apresenta o seguinte tipo climático: “E” – árido, com precipitação média anual de 590 mm, temperatura média anual de 31°C, localizado nas coordenadas geográficas 5° 29’ 54” de latitude sul, 36° 51’ 18” de longitude a oeste do Meridiano de Greenwich, a 16m de altitude. O solo do local é do tipo aluvial eutrófico salino-sódico, de alta fertilidade, porém com limitações devido à presença de sais (SANTANA JÚNIOR, 2010).

No ano de 2001, pesquisadores da EMPARN realizaram prospecções em busca de genótipos de umbu-cajazeira em sete municípios do semiárido potiguar e estabeleceram uma área experimental no município de Ipanguaçu para avaliação do desempenho desses genótipos (Figura 1). Para este trabalho foram utilizados seis clones de umbu-cajazeira pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da EMPARN, os quais foram: Ipanguaçu, Açú, Alto do Rodrigues, Serra do Mel, Carnaubais e Parelhas. As plantas não dispunham de sistema de irrigação ou tratamentos culturais, a não ser a limpeza das linhas de plantio para evitar competição por plantas invasoras.

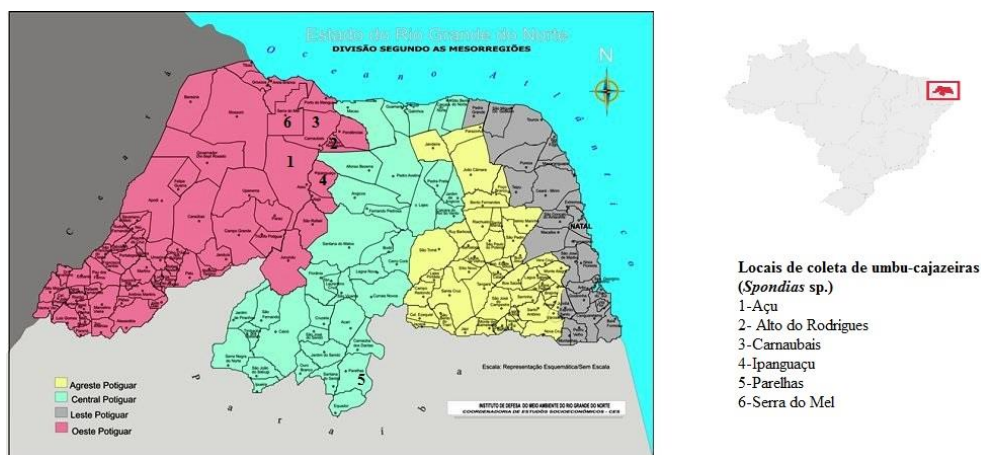


Figura 1- Locais de coleta de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) no Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2014.

2.2 ANÁLISES MORFOLÓGICAS

Foram coletados 20 frutos de cada um dos seis clones de umbu-cajazeira. As colheitas foram realizadas na parte da manhã, coletando apenas frutos íntegros e no mesmo grau de maturação, caídos ao chão sob a copa das árvores. As análises morfológicas foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Para caracterização física dos frutos avaliou-se:

- Diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT): medição de 20 frutos com auxílio de paquímetro digital, expressos em cm;
- Relação DL/DT;
- Massa do fruto (MF): pesagem em balança semianalítica de 20 frutos íntegros, expressa em gramas;
- Massa da polpa (MP): pesagem da polpa de 20 frutos em balança semianalítica, expressa em gramas;
- Massa da casca (MC): pesagem da casca de 20 frutos em balança semianalítica, expressa em gramas;
- Massa do caroço (MCR): pesagem do caroço de 20 frutos em balança semianalítica, expressa em gramas.

Na caracterização físico-química dos frutos avaliou-se:

- Acidez total titulável (ATT): determinada por meio da diluição de uma grama da polpa para 49 ml de água destilada. Foram adicionadas três gotas de fenolftaleína com posterior titulação com NaOH (0,1N) até a mudança da cor da solução para levemente rósea, resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico;
- pH: com pHmetro digital calibrado com solução de pH 4,0 e 7,0;
- Sólidos solúveis totais (SST): determinado pela análise de uma alíquota da polpa em refratômetro digital na temperatura de 23°C, expressos em °Brix;
- Relação SST/ATT: obtida pela relação direta dos valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável;
- Vitamina C (VITC): determinada a partir de cinco gramas da polpa diluída em 100 ml de ácido oxálico. Retirou-se uma alíquota de 5 ml completando o volume com 45 ml de água destilada para a titulação com solução de Tillman refrigerada, em duplicata, conforme Strohecker e Henning (1967). Resultado expresso em miligramas de ácido ascórbico/100 ml de polpa.

Outras análises realizadas foram:

- Rendimento de polpa (RP): divisão entre a massa da polpa pela massa do fruto, multiplicada por 100, expresso em porcentagem;
- Índice tecnológico (IT): resultante da divisão entre o percentual de polpa e o percentual de SST.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com seis clones de umbucajazeira, divididos em três blocos e três plantas por parcela, com espaçamento 10 m x 10 m. Em função da sazonalidade de produção entre as plantas, alguns clones não produziram frutos, classificando o experimento como desbalanceado. Por este

motivo, a análise estatística e a estimativa dos parâmetros genéticos foram baseadas em modelos mistos do tipo REML/BLUP individual utilizando o software SELEGEN – REML/BLUP, adotando o modelo 2 (Blocos ao acaso, teste de clones não aparentados, várias plantas por parcela). De acordo com Resende (2002):

$$y = Xr + Zg + Wp + e$$

Em que: “y” é o vetor de dados, “r” é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, “g” é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), “p” é o vetor dos efeitos de parcela, e “e” o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas indicam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Foram estimados os seguintes componentes de variância associados aos referidos efeitos de Vg: variância genotípica entre clones; V_{parc}: variância ambiental entre parcelas; V_e: variância residual dentro de parcelas; V_f: variância fenotípica individual.

A partir dos componentes de variância foram estimados os seguintes parâmetros genéticos:

- h^2g : herdabilidade individual no sentido amplo no bloco, ou seja, dos efeitos genotípicos totais;
- c^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;
- r_{aa} : acurácia da seleção de clones, assumindo ausência de perda de parcelas;
- CV_{gi}%: coeficiente de variação genotípica;
- CV_e%: coeficiente de variação residual;
- $CV_r = CV_g/CV_e$ = coeficiente de variação relativa;
- SEP: desvio padrão do valor genotípico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES MORFOLÓGICAS

Os resultados referentes às estimativas dos componentes de variância para as 14 variáveis encontram-se na Tabela 1 e 2.

Tabela 1- Estimativas de componentes de variância genotípica (Vg), residual (Ve), variância fenotípica individual (Vf), variância ambiental entre parcelas (V_{parc}), herdabilidade \pm desvio-padrão da herdabilidade (h^2g), coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (c^2_{parc}), acurácia na seleção de clones (r_{aa}) coeficiente de variação genético (CVg), coeficiente de variação ambiental (CVe), coeficiente de variação relativa ($CVr = CVg/CVe$) e desvio padrão do valor genotípico (SEP) de seis clones de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) quanto às variáveis físicas: diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) do fruto, em mm; relação DL/DT, massa de fruto (MF), massa de polpa (MP), massa de casca (MC) e massa de caroço (MCR), em gramas. Mossoró/RN, 2014.

	DL	DT	DL/DT	MF	MP	MC	MCR
Vg	9,8	9,37	0,00	16,60	11,803	0,379	0,000
V_{parc}	0,13	0,04	0,00	0,06	0,025	0,004	0,015
Ve	1,25	1,32	0,00	2,90	1,529	0,164	0,072
Vf	10,66	10,73	0,00	19,56	13,358	0,547	0,087
h^2g	0,87 \pm 0,43	0,87 \pm 0,43	0,85 \pm 0,42	0,85 \pm 0,42	0,88 \pm 0,43	0,69 \pm 0,38	0,003 \pm 0,03
c^2_{parc}	0,01	0,004	0,00	0,00	0,002	0,01	0,17
r_{aa}	99,03	99,15	99,05	99,00	99,25	97,50	15,03
CVgi%	9,96	10,47	3,86	25,54	30,29	23,15	0,88
CVe%	2,42	2,38	0,93	6,34	6,45	9,12	10,03
CVr	4,12	4,41	4,17	4,03	4,70	2,54	0,09
SEP	0,42	0,40	0,01	0,58	0,42	0,14	0,02
Média	30,60	29,23	1,05	15,96	11,34	2,66	1,96

Tabela 2- Estimativas de componentes de variância genotípica (Vg), residual (Ve), variância fenotípica individual (Vf), variância ambiental entre parcelas (Vparc), herdabilidade \pm desvio-padrão da herdabilidade (h^2g), coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (c^2parc), acurácia na seleção de clones (r_{aa}) coeficiente de variação genético (CVg), coeficiente de variação ambiental (CVe), coeficiente de variação relativa ($CVr = CVg/CVe$) e desvio padrão do valor genotípico (SEP) de seis clones de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) quanto às variáveis físico-químicas: acidez total titulável (ATT), em % ácido cítrico, sólidos solúveis totais (SST), em oBrix, pH, relação SST/ATT, vitamina C, em mg/100g polpa; índice tecnológico (IT), em %; e rendimento de polpa (RP), em %. Mossoró/RN, 2014.

	ATT	pH	SST	VITC	SST/ATT	IT	RP
Vg	0,01	0,03	0,65	0,38	2,57	1,70	23,77
Vparc	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,59
Ve	0,02	0,02	0,48	1,75	2,02	0,25	4,89
Vf	0,03	0,05	1,14	2,13	4,61	1,98	29,25
h^2g	0,44 \pm 0,30	0,62 \pm 0,36	0,57 \pm 0,34	0,17 \pm 0,19	0,55 \pm 0,34	0,85 \pm 0,42	0,81 \pm 0,41
c^2parc	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
r_{aa}	93,44	96,71	95,99	80,94	95,74	98,88	98,47
CVgi%	10,62	6,26	5,09	4,53	11,43	11,68	6,96
CVe%	7,01	2,85	2,57	5,69	5,97	3,05	2,13
CVr	1,52	2,20	1,98	0,80	1,92	3,83	3,27
SEP	0,04	0,04	0,23	0,36	0,46	0,19	0,85
Média	1,15	2,68	15,88	13,54	14,02	11,16	70,06

Quanto às estimativas de coeficiente de variação genotípica (CVgi), observou-se grande intervalo de variação, com o mínimo valor para a variável MCR (0,88%) e o máximo para MP (30,29%). O alto coeficiente de variação experimental (CVgi) para MP condiz com a natureza poligênica e altamente influenciada pelo ambiente desta variável. Essa variação pode ser atribuída, em parte, à sazonalidade de produção entre os clones avaliados, bem como à tomada de dados de apenas um ano de avaliação das plantas de umbu-cajazeira.

Como demonstrado na Tabela 1 e 2, as estimativas de variação residual (CVe%) em relação à variação genotípica (CVgi%), de ambos grupos de dados, foram inferiores para a maioria das variáveis estudadas, com exceção de VITC. Constata-se, então, uma boa precisão experimental na obtenção e análise dos dados

a partir do número de repetições de plantas adotado. Estes resultados corroboram com dados encontrados por Farias Neto et al. (2008) estudando progênies de açazeiro.

O coeficiente de variação relativo (CVr) resultou em valores acima de um para a maioria dos caracteres, sugerindo sucesso na seleção de clones. Esses valores variaram entre: 0,087% para MCR e 4,69% para MP. Todas as variáveis, com exceção de MCR e VITC, poderão evidenciar eficácia na seleção, pois a maior parte da variação fenotípica existente é atribuída à expressão genética das mesmas. Manfio (2010), analisando matrizes de macaúba encontrou também valores de CVr acima da unidade.

Segundo Vencovsky (1987), valores de CVr próximos ou acima de 1 indicam aumento das chances de ganho com a seleção de genótipos a partir do manejo da variável em programas de melhoramento genético. Altos valores de coeficiente de variação relativa para diâmetro longitudinal (DL) (4,12), diâmetro transversal (DT) (4,41), relação DL/DT (4,17), MF (4,03), MP (4,70), IT (3,83) e rendimento de polpa (RP) (3,27), determinaram valores consideráveis para a herdabilidade ao nível de média dos clones, indicando boas acurácias da seleção de clones para essas variáveis. Considerando os baixos valores obtidos para desvios padrões dos erros de predição (SEP), pode-se inferir que a precisão de seleção com base nas características analisadas neste trabalho será alta, conforme Maia et al. (2011).

O coeficiente de herdabilidade individual no sentido amplo (h^2g) estima a proporção da variabilidade fenotípica que é determinada pelos efeitos aditivos de alelos individuais, relações de dominância entre alelos de um mesmo gene e o efeito da interação entre os alelos de diferentes genes. Em plantas perenes que se propagam exclusivamente de forma assexuada é possibilitada a transferência de toda variância genética para os indivíduos seguintes (MAIA et al., 2011).

A variável que obteve menor valor para h^2g foi MCr (0,003), seguida de VITC (0,17). Valores próximo a zero deste parâmetro indicam que a variação genética em nada contribuiu para a determinação da variância fenotípica, significando que essas variáveis não devem ser consideradas úteis para seleção dos clones de umbu-cajazeira. Comparado a outras frutas, o umbu-cajá apresenta pouco

teor de vitamina C, variando pouco em relação a diferentes indivíduos (SANTOS, 2009). Resultado semelhante para baixos valores de VITC foi encontrado por Maia et al (2011) em cupuaçuzeiro.

Estimativas de herdabilidade individual no sentido amplo (h^2g) evidenciaram bom controle genético na expressão dos caracteres. Observando-se a Tabela 1, para as variáveis analisadas, os valores de h^2g variaram de $0,003 \pm 0,03$ para MCr a $0,87 \pm 0,43$ para as variáveis diâmetro longitudinal e transversal, indicando grande variação. Resultados assim indicam potencial para seleção dentro do experimento com base nas características avaliadas, com boas perspectivas de ganho genético para futuros trabalhos de melhoramento da espécie. A obtenção de valores medianos a baixos para este parâmetro são resultado de estudos envolvendo caracteres de natureza quantitativa governado por muitos genes. A acurácia deve estar correlacionada com a herdabilidade em programas de melhoramento genético, objetivando assim maior resposta a seleção (WATTIAUX, 1995). Neste trabalho, tanto os valores de acurácia quanto os de herdabilidade foram superiores para a maioria das variáveis entre os clones de umbu-cajazeira, possibilitando antever sucesso com a seleção.

A Tabela 1 e 2 ilustram os valores obtidos para acurácia da seleção de clones para as variáveis físicas e físico-químicas. No âmbito estatístico, a acurácia da seleção de clones ($r_{\hat{a}a}$) indica a correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado ou predito decorrente das informações dos experimentos. Quanto melhor a exatidão nas avaliações, maior é a acurácia do valor genético predito. Para fins de seleção, é uma propriedade importante, pois permite fazer inferências sobre o valor genotípico da cultivar (ou do genótipo), possibilitando um real ordenamento dos genótipos (BORGES et al., 2010). A acurácia varia de zero a um e é classificada como muito alta ($r_{\hat{a}a} \geq 0,90$), alta ($0,70 \leq r_{\hat{a}a} < 0,90$), moderada ($0,50 \leq r_{\hat{a}a} < 0,70$) e baixa ($r_{\hat{a}a} < 0,50$) (RESENDE; DUARTE, 2007).

Com exceção das variáveis massa do caroço (MCR) e vitamina C (VITC), todas as demais expressaram valores de acurácia situados na classe muito alta (acima de 0,90). Esses valores indicam uma alta precisão de seleção nas avaliações genotípicas. De acordo com Resende e Duarte (2007), os valores obtidos estão

próximos aos recomendados para o processo de seleção em programas de melhoramento genético, que exige valores de r_{aa} acima de 0,70.

Maia et al. (2011), analisando frutos de clones de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum), encontraram baixos valores de acurácia para as variáveis massa da semente, vitamina C, comprimento do fruto e número de sementes, provavelmente por serem caracteres governados por vários sítios gênicos e influenciados pelas condições ambientais, levando à obtenção de valores baixos e medianos de r_{aa} para esses parâmetros, dado que essas variáveis são de natureza quantitativa.

Considerando o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de cajá (*S. mombin* L.), as variáveis pH, acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (SST) apresentaram valores de r_{aa} elevados, inferindo que a seleção de genótipos, tomando como base essas variáveis, permitirá uma resposta eficaz acerca do valor genotípico dos clones analisados. As variáveis MCR e VITC apresentaram o menor valor para acurácia e, observando-se os valores de herdabilidade individual de ambas, verifica-se baixa variabilidade genética entre os genótipos analisados.

A maioria das variáveis utilizadas apresentou significância ($P < 0,05$), com exceção da variável MCR. Isso pode ser verificado pelo valor da variância genotípica, que apresentou o valor zero apenas para MCR. O componente de variação genotípica, mesmo tendo alcançado baixos valores entre as variáveis utilizadas, indica a presença de variabilidade entre os clones analisados.

De maneira geral, verificou-se baixa variabilidade genética entre os clones, conforme as estimativas dos coeficientes de variação genotípica e das herdabilidades individuais. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de a umbu-cajazeira propagar-se exclusivamente por meio vegetativo, condicionando baixa variabilidade genética, obtida através de mutações naturais (SOUZA et al., 2006; GIACOMETTI, 1993). Vale ressaltar que os resultados obtidos para parâmetros genéticos estimados neste trabalho consideram seis clones selecionados em seis municípios no estado do Rio Grande do Norte, sendo necessários outros estudos com amostragens representativas dentro do estado ou de microrregiões.

Constatou-se baixa variância ambiental genética entre parcelas (V_{parc}) para todas as variáveis, o que, por sua vez, resultou em baixo coeficiente de determinação dos efeitos da parcela (c^2_{parc}). A reduzida variância ambiental entre parcelas dentro do bloco confirma que o delineamento experimental utilizado foi eficiente aos objetivos propostos nas análises. Um c^2 alto implica em elevada variabilidade entre parcelas no bloco e um c^2 baixo indica baixa variação entre parcelas no bloco (STURION; RESENDE, 2005).

Maia et al., (2011), trabalhando com famílias de meio-irmãos de cupuaçuzeiro, também encontraram valores baixos de coeficiente de determinação dos efeitos de parcela para os caracteres massa do fruto (MF) e massa da polpa (MP), encontrando valores próximos de zero, revelando também a existência de pequena variação ambiental dentro de parcelas.

A Tabela 3 contém o ordenamento dos clones obtidos pelo Blup individual para as variáveis físicas e físico-químicas.

Segundo Borges et al. (2010), na metodologia REML/BLUP são estimados e/ou preditos os valores genotípicos e de nova média. Os valores genotípicos devem ser aqueles em que o melhorista se apoia para seleção, pois estes serão os verdadeiros valores a serem preditos. Já os valores resultantes para nova média (predições feitas pelo BLUP) indicam o quanto, em média, cada clone deverá produzir em cultivos comerciais. Considerando os valores expressos neste trabalho verificou-se que os valores genotípicos ficaram muito próximos dos valores de nova média, indicando que a seleção dos três melhores clones com base nos caracteres avaliados poderá ser efetiva.

Tabela 3– Ordenamento (ODR), clones (CL), valor genotípico (u+g), nova média (NM) de 14 variáveis físicas de seis clones de *Spondias* sp.). Mossoró/RN, 2014

DL				DT				DL/DT			
ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV
1	CAR	32.72	32.72	1	SER	31.38	31.38	1	IPA	1.13	1.13
2	SER	32.34	32.53	2	CAR	31.14	31.26	2	CAR	1.05	1.09
3	AÇU	31.89	32.32	3	ALT	30.98	31.17	3	SER	1.03	1.07
4	ALT	31.70	32.16	4	AÇU	30.87	31.09	4	ALT	1.03	1.06
5	IPA	30.22	31.77	5	IPA	26.86	30.25	5	AÇU	1.03	1.05
6	PAR	24.72	30.60	6	PAR	24.13	29.23	6	PAR	1.02	1.05
MF				MP				MC			
ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV
1	SER	18.93	18.93	1	SER	13.85	13.85	1	CAR	3.30	3.30
2	CAR	18.64	18.78	2	AÇU	13.63	13.74	2	SER	3.07	3.18
3	AÇU	18.28	18.61	3	CAR	13.22	13.57	3	ALT	2.97	3.11
4	ALT	18.04	18.47	4	ALT	13.13	13.46	4	AÇU	2.76	3.02
5	IPA	12.36	17.25	5	IPA	8.46	12.46	5	PAR	1.97	2.81
6	PAR	9.49	15.96	6	PAR	5.76	11.34	6	IPA	1.88	2.66
ATT				pH				SST			
ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV
1	SER	1.27	1.27	1	IPA	2.96	2.96	1	ALT	16.50	16.50
2	AÇU	1.25	1.26	2	PAR	2.74	2.85	2	AÇU	16.41	16.46
3	ALT	1.20	1.24	3	SER	2.66	2.79	3	SER	16.14	16.35
4	PAR	1.13	1.21	4	ALT	2.60	2.74	4	IPA	16.05	16.28
5	CAR	1.09	1.19	5	CAR	2.60	2.71	5	CAR	15.74	16.17
6	IPA	0.98	1.15	6	AÇU	2.49	2.68	6	PAR	14.43	15.88
VITC				SST/ATT				IT			
ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV
1	SER	14.09	14.09	1	IPA	16.73	16.73	1	AÇU	12.25	12.25
2	CAR	13.98	14.03	2	CAR	14.60	15.67	2	ALT	12.05	12.15
3	IPA	13.69	13.92	3	ALT	14.01	15.11	3	SER	11.79	12.03
4	PAR	13.44	13.80	4	AÇU	13.09	14.61	4	CAR	11.12	11.80
5	ALT	13.14	13.67	5	PAR	12.98	14.28	5	IPA	11.00	11.64
6	AÇU	12.93	13.54	6	SER	12.72	14.02	6	PAR	8.74	11.16
RP				MCR							
ORD	CL	u+g	NV	ORD	CL	u+g	NV				
1	AÇU	74.41	74.41	1	CAR	1.96	1.96				
2	SER	72.87	73.64	2	IPA	1.96	1.96				
3	ALT	72.58	73.29	3	SER	1.96	1.96				
4	CAR	70.75	72.65	4	ALT	1.96	1.96				
5	IPA	68.50	71.82	5	AÇU	1.96	1.96				
6	PAR	61.24	70.06	6	PAR	1.96	1.96				

*Clones: IPA: Ipanguaçu; AÇU:Açu; ALT: Alto do Rodrigues; SER: Serra do Mel; CAR: Carnaubais e PAR: Parelhas.

Como a umbu-cajazeira é uma espécie perene, tradicionalmente propagada por via assexuada, a seleção clonal torna-se uma estratégia efetiva, conduzindo a ganhos genéticos superiores àqueles fundamentados na propagação sexuada (SANTOS, 2008).

Optou-se pela classificação dos três primeiros clones com base no desempenho individual com relação a cada variável. Assim, os clones Serra do Mel, Carnaubais e Alto do Rodrigues relacionaram-se aos melhores resultados para todas as variáveis analisadas.

Para a variável RP, os genótipos Açú (74,4%), Serra do Mel (72,8%), Alto do Rodrigues (72,5%) e Carnaubais (70,5%) apresentaram os melhores valores genotípicos com ganho genético de até 4%. O rendimento de polpa acima de 50% é preferível para selecionar genótipos superiores (LIMA et al., 2002b). Entretanto, para a agroindústria, genótipos que possuem rendimento acima da média devem ser selecionados (PINTO et al., 2003). As variáveis relação DL/DT, MF, MP, MC, MCR, pH, VITC, SST, relação SST/ATT e IT apresentaram valores de ganho genético inferiores a um, possivelmente devido à baixa variabilidade genética entre os genótipos.

Gondim et al. (2013), analisando acessos de umbu-cajazeira, obtiveram média de 68,53% para RP por meio de análises multivariadas. Santos et al. (2010), analisando frutos de umbu-cajazeira, apresentaram um rendimento de 69,7%. Os resultados encontrados neste trabalho são superiores aos citados na literatura.

As variáveis DL, DT e MF são importantes para a aceitação de frutos de umbu-cajazeira pelo mercado consumidor. Dois clones se destacaram para as características DL e DT, a saber: Carnaubais (32,7 mm e 31,3 mm) e Serra do Mel (32,3 e 31,3 mm).

Santos (2010) constatou em suas análises que o tamanho de fruto de *Spondias* sp. variou entre 28,5 e 48,5 mm para comprimento e 22,9 e 32,5 mm para largura. Noronha et al. (2000) apresentaram valores de DL variando entre 28,9 e 29,6 mm e DT entre 29,1 e 29,6 mm. Os resultados obtidos neste trabalho estão dentro do intervalo de valores para tamanho de frutos de umbu-cajazeiras encontrados na literatura.

Considerando o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de cajá (BRASIL, 2000), espécie de mesmo gênero da umbu-cajazeira, todos os clones atenderam aos requisitos básicos indicados para processamento de polpa do fruto, com pH mínimo de 2,2, acidez titulável acima de 0,90 g/100 g de ácido cítrico, sólidos solúveis acima de 9,5 °Brix e relação sólidos solúveis/acidez titulável acima de 10,0, indicando a possibilidade de seleção de clones para a maioria das variáveis, com exceção da vitamina C, massa da casca e massa do caroço. A Tabela 4 apresenta informações referente a qualidade de frutos tanto para consumo in natura quanto para o processamento de polpa.

Tabela 4– Referência para qualidade de frutos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) para consumo in natura e para processamento de polpa. Mossoró/RN, 2014.

Qualidade de fruto		
	In natura	Processamento de polpa
PH	alto	entre $2,2 \geq x \leq 3,5$
ATT	baixa	$\geq 0,90$ g/100g de ácido cítrico
SST	alto	$\geq 9,5$ °Brix
SST/ATT	alto	$\geq 10,0$
RP	-	$\geq 50\%$
DL/DT	Frutos arredondados	Frutos arredondados

O clone Serra do Mel foi o primeiro no ordenamento das características DT, MF, MP, ATT e VITC. Vale ressaltar que para outras características como relação DL/DT, pH, IT e RP, Serra do Mel também obteve boa colocação. Apresentou maior teor de vitamina C, maior tamanho e peso de frutos, podendo ser explorado tanto para processamento de frutos quanto para o consumo in natura. Manifestou, ainda, baixa acidez, pH 2,6, SST 16,14 °Brix, IT 11,7 e RP 72,87%.

O clone Açú demonstrou seleção para as características de relação DL/DT próxima de 1 indicando frutos arredondados, IT correspondente a 12,25 e RP igual a 74,2%, características estas voltadas principalmente para o processamento da polpa. Mesmo o clone Ipanguaçu tendo apresentado a melhor relação SST/ATT, o

clone Carnaubais demonstrou ser superior a este em relação às demais características para consumo in natura como MF (18,6 g), DL (32,7 mm) e DT (31,1 mm). O clone Alto do Rodrigues pode ser recomendado para o consumo in natura devido ao elevado teor de SST (74,4%). Estes clones se destacaram por possuir frutos com elevado potencial de produção de polpa, podendo atender ao consumo in natura e/ou ao beneficiamento de agroindústrias locais, possibilitando aumento da renda familiar potiguar, com conseqüente permanência do homem no campo.

O clone Parelhas demonstrou inferioridade em relação aos demais, com menor tamanho e massa de frutos, bem como menor teor de SST, baixo IT e menor relação SST/ATT. Com base nestas características, este clone poderia ser descartado de um programa de melhoramento genético já nas fases iniciais, por não apresentar características favoráveis à seleção.

Por ser uma espécie pouco conhecida na fruticultura brasileira, deve-se investir em um melhoramento genético que vise incrementar a qualidade e agregar valor aos frutos de umbu-cajazeira produzidos no Nordeste brasileiro, reunindo características como resistência a pragas e doenças, aumento do conteúdo e composição de sólidos solúveis e aumento da produtividade, contribuindo para a aceitabilidade e competitividade do produto no cenário nacional.

4 CONCLUSÕES

- A metodologia REML/BLUP foi eficiente para classificar e ordenar corretamente os clones.
- Pela análise de modelos mistos, o clone Serra do Mel destacou-se dos demais em todas as variáveis de qualidade de fruto, podendo ser utilizado tanto para processamento de polpa quanto para consumo in natura.
- Os clones Carnaubais, Alto do Rodrigues, Ipanguaçu e Açú têm potencial para utilização no processamento de polpa e/ou no consumo.
- O clone Parelhas não apresentou frutos com características favoráveis ao seu uso, tanto no processamento de polpa como no consumo in natura.

5 REFERÊNCIAS

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

Brasil. Instrução Normativa Nº. 01 de 7 de janeiro de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 de 7 de janeiro de 2000.

CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. S.; LEDO, C. A. S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no estado da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, p.140-147, 2008.

COIMBRA, R. R.; MIRANDA, G. V.; MOREIRA, G. R.; SILVA, D. J. H.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; SOUZA, L. V.; GUIMARÃES, L. J. M.; MARCASSO, R. C.; CANIATO, F. F. Divergência genética de cultivares de milho baseada em descritores qualitativos. In: SIMPÓSIO DE RECURSO GENÉTICO PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 3., 2001, Londrina. *Anais...* Londrina: [s.l.], 2001. p. 401-402.

CUNHA, J. **Fruticultura: o nordeste em transformação**. [s.l.]: Rio Bravo Fronteiras. 2009. 7 p. Disponível em:<http://www.riobravo.com.br/acervo/Documents/Fronteiras/Rio_Bravo_Fronteiras_Nov_09.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2013.

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P.; NOGUEIRA, O. L.; FALCÃO, P. N. B.; SANTOS, N. S. A. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açaizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, p. 1051-1056, 2008.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1993, Cruz das Almas. *Anais...* Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1993. p. 13-27.

GOMES, A. **O polo fruticultor Açu/Mossoró (RN)**. 2003. Disponível em:<http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1970%3Ao-polo-fruticultor-acumossoro-rn-&catid=58&Itemid=414>. Acesso em: 17 dez 2013.

GONDIM, P. J. S.; SILVA, S. de M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L.; CHAVES NETO, J. R.; SANTOS, L. F. dos. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p. 1217-1221, 2013.

JERÔNIMO, C. E. de M. Gestão agroindustrial: pontos críticos de controle ambiental no beneficiamento de frutas. **Revista de Administração de Roraima**, v. 2, p. 70-77, 2012.

KAWAGUICI, C. B.; KAGEYAMA, P.Y. Diversidade genética de três grupos de indivíduos (adultos, jovens e plântulas) de *Calophyllum brasiliense* em uma população de mata de galeria. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 131-143, 2001.

LIMA, A. K. da C.; REZENDE, L. de P.; CÂMARA, F. A. A.; NUNES, G. H. de S. Propagação de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) e cirigüela (*Spondias purpurea*) por meio de estacas verdes enfolhadas, nas condições climáticas de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 15, p. 33-38, 2002a.

LIMA, E. D. P. DE A.; LIMA, C. A. DE A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* sp) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 338-343, 2002b.

LIMA, J. P. R.; MIRANDA, E. A. de A. Fruticultura Irrigada no Vale do São Francisco: Incorporação Tecnológica, Competitividade e Sustentabilidade. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, p. 611-632, 2001.

LORENZI, H.; LACERDA, M. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**: de consumo in natura. São Paulo. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640 p.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. de; OLIVEIRA, L. C. de; ALVES, R. M.; SILVA FILHO, J. L. da; ROCHA, M. de M.; CAVALCANTI, J. J. V.; RONCATTO, G. Análise genética de famílias de meios-irmãos de cupuaçuzeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 123-130, 2011.

MANFIO, C. E. **Análise genética no melhoramento da macaúba**. 2010. 52f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

MARTINS, S. T.; MELO, B. Umbu-cajá (*Spondias* sp.). **Toda Fruta**. 2006. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=11041>. Acesso em: 22 jan. de 2014.

NORONHA, M. A. S. de; CARDOSO, E. de A.; DIAS, N. da S. Características químicas e físico-químicas de frutos de umbu-cajá (*Spondias* sp.) provenientes dos polos Baixo-Jaguaribe CE) e Assu-Mossoró (RN). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 1 CD-ROM.

NUNES, E. M.; SCHNEIDER, S.; FILIPPI, E. E. Arranjos produtivos locais e agricultura familiar no Pólo de Desenvolvimento Integrado Assu-Mossoró (RN). In: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA POLÍTICA, 11., 2006, Vitória ES. **Anais...** Vitória, ES: [s.n.], 2006. 1 CD-ROM.

PINTO, W. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. S.; JESUS, S.C.; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p.1059-1066, 2003.

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

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

SANTANA, I. B. B. **Divergência genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise multivariada utilizando marcadores morfoagronômicos e moleculares**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

SANTANA JÚNIOR, H. E. de. **Zoneamento agroecológico do município de Apodi (RN)**. 2010. 12 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

SANTOS, A. M. **Estimativas de parâmetros genéticos e avaliação da eficiência da seleção precoce em baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SANTOS, A. P. **Caracterização de frutos e enraizamento de estacas de umbu-cajazeiras. Cruz das Almas-Ba**. 2009. 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

SANTOS, L. A. dos. **Caracterização de frutos e molecular de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp) no semiárido da Bahia**. 2010. 65 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

SANTOS, C. B. dos; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. de O.; CONCEIÇÃO, M. do N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* x *Spondias mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010.

SÃO JOSÉ, A. R.; PIRES, M. de M.; SILVA, M. D. V.; MORAES, M. O. B. de. Fruteiras tropicais não tradicionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves, RS: [s.n.], 2012. Disponível em: <
http://www.congressofruticultura2012.com.br/anais/programacao/textos-paineis/Painel_5_Abel.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2013.

SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; ALVES, M. A.; MELO NETO, M. L. Collecting, ex situ conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*) germplasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, p. 343-349, 2004.

SILVA, C. R.; KOBLITZ, M. G. B. Partial characterization and inactivation of peroxidases and polyphenol-oxidases of umbu-cajá (*Spondias* spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 790-796, 2010.

SOUZA, F. X. de.; COSTA, J. T. A.; LIMA, R. N. de; CRISOSTOMO, J. R. Crescimento e desenvolvimento de clones de cajazeira cultivados na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 414-420, 2006.

SOUZA, F. X.; COSTA, J. T. A. de Produção de mudas as *Spondias* cajazeira, cirigueleira, umbu-cajazeira e umbuzeiro. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 26 p.

STROHECKER, R., HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. Eficiência do delineamento experimental e capacidade de teste no melhoramento genético da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 50, p. 3-1, 2005.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

WATTIAUX, M. A. **Dairy essentials: Principles of selection**. Babcock Institute for International Dairy Research and Development, 1995. 4 p.

CAPÍTULO II CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E MOLECULAR DE CLONES DE UMBU-CAJAZEIRA

RESUMO

YAMAMOTO, Euriann Lopes Marques. **Caracterização morfológica e molecular de clones de umbu-cajazeira**. 2014. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia/Melhoramento Genético) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2014.

A umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) é uma espécie nativa do Nordeste brasileiro ainda em estado de domesticação, que apresenta acentuada variabilidade genética para variáveis de frutos. O objetivo deste trabalho foi avaliar 18 genótipos de umbu-cajazeira de um assentamento e de duas comunidades rurais localizadas nos municípios de Mossoró e Apodi, por meio da caracterização molecular pelos marcadores ISSR e RAPD e morfológica, buscando identificar indivíduos com atributos superiores para processamento de frutos e/ou consumo in natura. Na caracterização morfológica foram analisados: diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, relação diâmetro longitudinal/diâmetro transversal, massa média de frutos, polpa, casca e caroço, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, vitamina C, relação sólidos solúveis/acidez titulável, índice tecnológico e rendimento de polpa. Foi constatada elevada variabilidade entre os genótipos. Pela análise de componentes principais os três primeiros componentes explicaram 86,7% de toda a variação existente. As variáveis que mais contribuíram para separação dos agrupamentos dos genótipos pelo método UPGMA foram: rendimento de polpa, relação SST/ATT e massa média do fruto. Os genótipos JZ5, JZ6 e MA6 podem ser recomendados para processamento de polpa e os genótipos JZ1, JZ2, JZ3 e JZ6 são ideais para o consumo in natura. Para as análises moleculares, o DNA foi extraído de folhas de umbu-cajazeiras pelo protocolo Doyle & Doyle modificado. Após triagem, foram selecionados 19 iniciadores polimórficos para ISSR e 17 para RAPD. A detecção de fragmentos foi realizada em gel de agarose na concentração de 2,5% para ISSR e 1,0% para RAPD, corado com brometo de etídeo e fotografados sob luz ultravioleta. Pela técnica ISSR foi produzido um total de 144 fragmentos com cerca de 3,37 fragmentos polimórficos por iniciador e polimorfismo de 42,5%. Por meio do marcador RAPD foram detectados 143 fragmentos com 2,1 fragmentos polimórficos por iniciador e polimorfismo de 25,4%. Ambos os marcadores moleculares detectaram baixo polimorfismo com alta correlação cofenética. A quantidade de grupos formados pelos agrupamentos foi pequena, evidenciando maior variabilidade entre populações. O marcador ISSR gerou maior polimorfismo entre os genótipos. Entretanto, o marcador RAPD produziu um agrupamento mais consistente dos genótipos, concordando com a distribuição geográfica.

Palavras-chave: *Spondias* sp., recursos genéticos, ISSR, RAPD.

CHAPTER II
MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF
CLONES UMBU-CAJAZEIRA

ABSTRACT

YAMAMOTO, Euriann Lopes Marques. **Morphological and characterization of clones umbu-cajazeira**, 2014. 48 p. Dissertation (Master in Plant Science-Plant Breeding) – Federal University of Semi-Arid, Mossoró/RN, 2014.

The umbu-cajazeira (*Spondias sp.*) is a native of Northeastern Brazil still in a state of domestication that has marked genetic variability for variables fruits. The objective of this study was to evaluate 18 genotypes umbu-cajazeira a settlement and two rural communities located in the town of Mossoró and Apodi, through molecular characterization by RAPD and ISSR markers and morphological, seeking to identify individuals with superior attributes for processing fruits and or consumption in nature. In morphological characterization were analyzed longitudinal diameter, transverse diameter, diameter longitudinal/transverse diameter, average weight of fruits, pulp, peel and bark, acidity, pH, soluble solid, vitamin C, soluble solid relationships acidity, technological index and pulp yield. High variability was observed among genotypes. By principal component analysis the first three components explained 86.7% of all existing variation. The variables that contributed most to the separation of groups of genotypes by UPGMA method were: pulp yield, SST/ATT and fruit mass. The JZ5, JZ6 and MA6 genotypes can be recommended for pulp processing and JZ1, JZ2, JZ3 and JZ6 genotypes and are ideal for fresh consumption. For molecular analyses, DNA was extracted from leaves of umbu-cajazeira by Doyle & Doyle modified protocol. After drawing polymorphic 19 ISSR primers were selected and 17 for RAPD. The detection of fragments was performed on an agarose gel at a concentration of 2.5% to ISSR and 1,0% for RAPD, stained with ethidium bromide and photographed under ultraviolet light. By the technique ISSR was produced a total of 144 fragments with about 3.37 polymorphic fragments by primer and polymorphism 42,5%. Through the 143 RAPD marker fragments were detected with 2.1 polymorphic fragments per primer and polymorphism of 25.4%. Both low molecular markers detected polymorphism with high cophenetic correlation. The amount of groups formed by clusters was small, showing greater variability among populations. The ISSR marker generated higher polymorphism between genotypes. However, the RAPD marker produced a more consistent grouping of genotypes, agreeing with geographical distribution.

Keywords: *Spondias sp.*, genetic resources, ISSR, RAPD.

1 INTRODUÇÃO

A umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) é uma fruteira tropical de ampla distribuição no Nordeste brasileiro, que apresenta considerável variabilidade genética e morfológica (SANTOS, 2009; NORONHA et al., 2000). Possui frutos caracterizados por sabor agradável e elevada qualidade, podendo ser consumidos na forma in natura ou processada. Conforme afirmam Lima et al. (2002), os frutos de umbu-cajá apresentam rendimento médio de 55% a 65% de polpa, podendo ser utilizados para produção de sucos, néctares, geleias e sorvetes.

A comercialização de polpa de frutas é uma atividade agroindustrial que gera boa rentabilidade, pois possibilita o aproveitamento do excesso de frutas da safra, podendo ocorrer na entressafra. A fruticultura no país tem crescido graças à produção de polpas congeladas em pequenas fábricas, fundadas a partir de cooperativas de produtores e assentados rurais, com o intuito de melhorar a renda dos pequenos produtores (MORORÓ, 2000).

A umbu-cajazeira é uma planta altamente prolífica em suas regiões de ocorrência natural. Para que o umbu-cajá atinja outros mercados, e não apenas mercados regionais, Lederman et al. (2008) sugerem a criação de mecanismos de incentivo às cadeias produtivas já existentes em algumas regiões.

Assentamentos e comunidades rurais, com áreas de plantio com frutíferas nativas, dependem da comercialização do produto e do subproduto dessas plantas para obtenção de recursos financeiros, possibilitando a permanência dessas famílias nessas localidades. Todavia, pequenos produtores, devido à falta de instrução ou de oportunidade, têm limitações ao acesso da tecnologia de produção de frutíferas com qualidade, carecendo de apoio governamental e não-governamental para comercialização e agregação de valor aos frutos produzidos (OLIVEIRA et al., 2013).

A caracterização de genótipos pode ser realizada de diferentes maneiras, a depender do objeto de estudo. A caracterização pode incluir o uso de descritores morfológicos e agronômicos ou ferramentas bioquímicas e marcadores moleculares.

Qualquer tipo de caracterização, seja quantitativa ou qualitativa, contribui para a quantificação da variabilidade em maior ou menor proporção (MOURA, 2003).

A etapa de caracterização de germoplasma é fundamental em programas de melhoramento genético, porém necessita de maior custeio, por demandar tempo e mão de obra para a realização das avaliações. Entretanto, a identificação prévia de indivíduos permite a detecção de genótipos em duplicata e o conhecimento de características morfológicas relacionadas a atributos de produção e à qualidade de frutos, possibilitando a eliminação de plantas que pouco contribuem para a melhoria de aspectos fenotípicos ou genotípicos de interesse (VALLS, 2007; CRUZ; REGAZZI, 2001).

O uso de marcadores moleculares em estudos de diversidade genética tem facilitado pesquisas com plantas perenes. Com o objetivo de preservação de espécies economicamente importantes, os marcadores são úteis na detecção de populações caracterizadas por apresentar diversos graus de variabilidade genética, requerendo diferentes estratégias para conservação *in situ* ou *ex situ* (NEWTON et al., 1999). Por outro lado, se o objetivo for a domesticação de espécies, os marcadores moleculares podem auxiliar na determinação de programas de coleta visando à seleção de apenas uma amostra da variabilidade de interesse para o melhorista (BORÉM, 1998).

Os marcadores moleculares ISSR e RAPD são dominantes e se baseiam em uma Reação de Polimerase em Cadeia (PCR) amplificando segmentos de DNA com apenas uma única sequência de nucleotídeos. A vantagem de se utilizar dois marcadores moleculares para análises deve-se ao fato de que diferentes regiões do genoma da espécie serão amostradas (RUSSEL et al., 1997; DÁVILA et al., 1999).

Este trabalho tem por objetivo avaliar 18 genótipos de umbu-cajazeira com base em caracterização morfológica e molecular, buscando identificar indivíduos com atributos agronômicos superiores para processamento de frutos e/ou consumo *in natura*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL GENÉTICO

Dezoito genótipos identificados nos municípios de Apodi e Mossoró, da microrregião do Oeste Potiguar, foram utilizados nas análises morfológicas e moleculares, a saber: ML1, ML2, ML3, ML4, ML5 e ML6, do Assentamento Moacir Lucena, localizado a oeste do município de Apodi (entre as coordenadas geográficas 5°54' latitude sul e 37°89' longitude oeste); JZ1, JZ2, JZ3, JZ4, JZ5 e JZ6, da Comunidade Rural Juazeiro II, localizada a leste do município de Apodi (5°63' latitude sul e 37°76' longitude oeste) e os genótipos MA1, MA2, MA3, MA4, MA5 e MA6 da Comunidade Rural Coqueiro, situada na zona rural do município de Mossoró (5°02' latitude sul e 37°45' longitude oeste) (Tabela 1).

O período de execução desta pesquisa foi compreendido entre dezembro de 2012 e dezembro de 2013. A Figura 1 mostra a localização dos pontos de coletas dos genótipos de umbu-cajazeira nos dois municípios do Oeste Potiguar.

Tabela 1 – Nomes e localização de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) nos municípios de Apodi e Mossoró, da microrregião do Oeste Potiguar. Mossoró/RN, 2014.

Número	Genótipo	Local	Procedência (RN)
1	JZ1	Comunidade rural Juazeiro II	Apodi
2	JZ2	Comunidade rural Juazeiro II	Apodi
3	JZ3	Comunidade rural Juazeiro II	Apodi
4	JZ4	Comunidade rural Juazeiro II	Apodi
5	JZ5	Comunidade rural Juazeiro II	Apodi
6	JZ6	Comunidade rural Juazeiro II	Apodi
7	ML1	Assentamento Moacir Lucena	Apodi
8	ML2	Assentamento Moacir Lucena	Apodi
9	ML3	Assentamento Moacir Lucena	Apodi
10	ML4	Assentamento Moacir Lucena	Apodi
11	ML5	Assentamento Moacir Lucena	Apodi
12	ML6	Assentamento Moacir Lucena	Apodi
13	MA1	Comunidade rural Coqueiro	Mossoró
14	MA2	Comunidade rural Coqueiro	Mossoró
15	MA3	Comunidade rural Coqueiro	Mossoró
16	MA4	Comunidade rural Coqueiro	Mossoró
17	MA5	Comunidade rural Coqueiro	Mossoró
18	MA6	Comunidade rural Coqueiro	Mossoró

Fonte: Dados da pesquisa

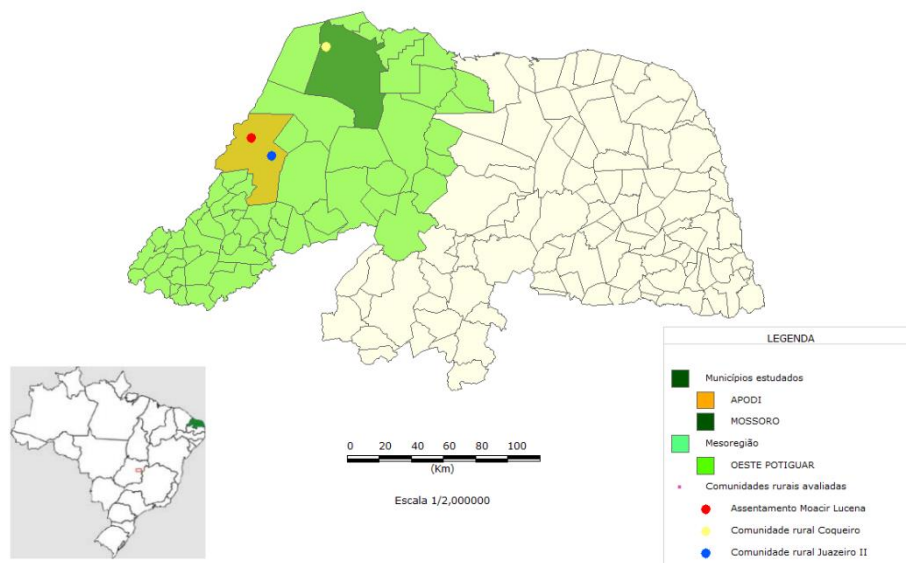


Figura 1- Local de coleta dos 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) nos municípios de Apodi e Mossoró, da microrregião do Oeste Potiguar. Mossoró/RN, 2014.

2.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

2.2.1 Caracteres avaliados

Foram coletados 20 frutos de cada uma das 18 umbu-cajazeiras analisadas. As colheitas foram realizadas na parte da manhã, compreendendo apenas frutos íntegros e no mesmo grau de maturação, caídos ao chão, sob a copa das árvores. As análises morfológicas foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Para caracterização física dos frutos avaliou-se:

- Diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT): medição de 20 frutos com auxílio de paquímetro digital, expressa em milímetros;
- Relação DL/DT;
- Massa média de frutos (MMF): obtida pelo quociente entre o peso total de 20 frutos e a quantidade total de frutos, expressa em gramas;

- Massa média da polpa (MMP): obtida pela divisão do peso total da polpa de 20 frutos e a quantidade total de polpa, expressa em gramas;
- Massa média da casca (MMC): pesagem da casca de frutos em balança semianalítica e obtida sua média em relação a 20 cascas, expressa em gramas;
- Massa média do caroço (MMCR): pesagem do caroço de frutos em balança semi-analítica e obtida sua média em relação a 20 caroços, expressa em gramas.

Na caracterização físico-química dos frutos avaliou-se:

- Acidez total titulável (ATT): determinada por meio da diluição de uma grama da polpa para 49 ml de água destilada. Adicionaram-se três gotas de fenolftaleína com posterior titulação com NaOH (0,1N) até a mudança da cor da solução para levemente rósea, resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico;
- pH: utilizou-se um pHmetro digital calibrado com solução de pH 4,0 e 7,0;
- Sólidos solúveis totais (SST): determinado pela análise de uma alíquota da polpa em refratômetro digital na temperatura de 23°C, expresso em °Brix;
- Relação SST/ATT: obtida pela relação direta dos valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável.
- Vitamina C (VITC): determinada a partir de cinco gramas da polpa diluída em 100 ml de ácido oxálico. Retirou-se uma alíquota de 5 ml completando o volume com 45 ml de água destilada para a titulação com solução de Tillman refrigerada, em duplicata, conforme Strohecker e Henning (1967). Resultado expresso em miligramas de ácido ascórbico/100 ml de polpa.

Outras análises realizadas foram:

- Rendimento de polpa (RP): divisão entre a massa média da polpa pela massa média do fruto, expresso em porcentagem;
- Índice tecnológico (IT): resultante da divisão entre o percentual de polpa e o percentual de SST.

2.2.2 Análises estatísticas

Foram estimadas médias, desvio-padrão e coeficiente de variação das características avaliadas. Utilizou-se o programa BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007) para o processamento das análises. As análises multivariadas foram feitas por meio de técnicas de análise de agrupamento e análise de componentes principais.

Como medida de dissimilaridade foi utilizada a distância euclidiana média padronizada e para montagem do dendrograma utilizou-se o método hierárquico aglomerativo da média aritmética entre pares não ponderados (UPGMA), que permite verificar o grau de similaridade entre genótipos ou grupos similares. As análises de agrupamento foram realizadas pelo programa Genes (CRUZ, 2013) e a análise de componentes principais efetuadas pelo programa BioEstat 5.0.

2.3 CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR

2.3.1 Extração de DNA

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da UFERSA, no campus Mossoró-RN.

Foram coletadas folhas jovens e sadias de plantas de umbu-cajazeira, as quais, após a coleta, foram armazenadas em sacos plásticos identificados, com posterior condicionamento em caixa térmica. As extrações do DNA vegetal foram realizadas imediatamente após a coleta das folhas no campo.

O protocolo de Doyle e Doyle (1990) foi adaptado para extração de DNA segundo Yamamoto et al. (2013). A quantificação e a verificação da integridade das extrações de DNA foram realizadas por eletroforese com gel de agarose a 1,0% (p/v), corado com brometo de etídeo. As amostras foram diluídas em 50 uL de água ultra-pura e padronizadas a concentração de 10 ng/uL.

2.3.2 Seleção de iniciadores ISSR e RAPD, amplificação e eletroforese

Com objetivo de reduzir os custos nas análises moleculares foi feita uma pré-seleção a partir de 25 iniciadores ISSR (SANTANA et al., 2011) e 40 iniciadores RAPD, utilizando dois DNAs contrastantes (JZ6 e ML6) de umbu-cajazeiras. Os iniciadores que tiveram maior porcentagem de polimorfismo com a presença de fragmentos consistentes foram selecionados para o procedimento.

As reações de amplificação para ambos os marcadores moleculares foram feitas num volume total de 12 uL, no qual os reagentes foram misturados em forma de coquetel, separadamente do DNA. Cada reação continha 10 ng de DNA genômico, 10 mM (pH 8,3) de Tris-HCl, 50 mM de KCl, 2,5 uM de MgCl₂, 2 mM de cada dNTP, 5 mM do iniciador RAPD e 0,2 uM do iniciador ISSR, 1 unidade de Taq DNA polimerase e água milliQ estéril para completar o volume da reação. Para ambos os marcadores moleculares o programa de amplificação foi realizado num termociclador da marca Perkin Elmer modelo 9700. A cada reação foi aplicado óleo mineral para evitar a evaporação durante o processo de PCR.

O programa de amplificação variou conforme o tipo de marcador utilizado. Para o marcador ISSR o programa de amplificação constou uma etapa a 94 °C por 4 minutos para desnaturação inicial do DNA, seguida de 35 ciclos de amplificação, os quais possuíam: (1) desnaturação do DNA, 94 °C por 40 segundos; (2) anelamento do iniciador variando a temperatura conforme o tipo do iniciador 48, 50 ou 52 °C por 40 segundos; (3) amplificação do DNA, 72°C por 1 minutos. Por fim, foi feita uma extensão final de 72 °C por 2 minutos. Já para o marcador RAPD o programa de amplificação constou de uma etapa a 94 °C por 5 minutos, seguida de 40 ciclos de desnaturação a 94 °C por 30 segundos, anelamento de 35 °C por 1 minuto e amplificação a 72 °C por 1 minuto, com extensão final de 72 °C por 7 minutos.

2.3.3 Leitura dos dados moleculares e análise estatística

Os produtos de amplificação foram submetidos a eletroforese horizontal em géis de agarose corados com brometo de etídeo. A concentração dos géis de agarose variou conforme o tipo de marcador, sendo 2,5% (p/v) para o marcador ISSR e 1% (p/v) para o marcador RAPD. A corrida eletroforética foi realizada numa potência constante de 120V por duas horas numa solução de Tampão TBE 1x. Em seguida, o gel foi exposto à luz ultravioleta e fotografado com câmera digital. Os dados moleculares foram obtidos a partir dos produtos de amplificação analisados pela avaliação visual das bandas mais consistentes dos 18 genótipos analisados.

Uma matriz composta por dados binários foi elaborada a partir da visualização dos géis de agarose, em que o número 1 correspondeu à presença do fragmento; o zero à ausência e o número 2 aos dados perdidos em função da não amplificação de um fragmento num genótipo para determinado iniciador.

Para interpretação das análises moleculares, utilizou-se o complemento do coeficiente de similaridade de Jaccard, gerando uma estimativa de similaridade genética entre os genótipos. O coeficiente de Jaccard é definido pela seguinte fórmula:

$$S_{ij} = \frac{a}{a+b+c}$$

Em que:

S_{ij} - é a similaridade genética entre o par de cultivares i e j .

a - é a presença da banda em ambas as populações (número de contagens de concordância do tipo 1 1),

b - presença da banda no genótipo i e ausência em j (número de discordância do tipo 1 0),

c - ausência da banda em i e presença em j (número de contagens de discordância do tipo 0 1).

As similaridades resultantes deste coeficiente foram transformadas em medidas de distância genética pela seguinte expressão: $dg_{ij} = 1 - s_{ij}$. O coeficiente

de Jaccard foi escolhido por considerar a ausência de fragmentos como sinônimo de similaridade genética (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Para a construção do dendrograma foi utilizado o método hierárquico UPGMA a partir da matriz de dissimilaridade gerada pelo coeficiente de Jaccard (CRUZ et al., 2004). A confirmação da formação dos grupos foi testada pelo cálculo do Coeficiente de Correlação Cofenética (CCC), que tem como função correlacionar a matriz de dissimilaridade (matriz fenética) com a matriz de valores cofenéticos. Quanto maior o valor de CCC, mais consistente se torna o agrupamento. Um valor de CCC menor que 0,7 indica inadequação do método de agrupamento (BUSSAD et al., 1990). Foi efetuada a análise de reamostragem para verificar a consistência das bifurcações entre os grupos formados.

O recurso computacional utilizado foi o Programa Genes, com a construção do dendrograma originado pelo método UPGMA juntamente com a correlação cofenética (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES MORFOLÓGICAS

As plantas de umbu-cajazeira consideradas neste trabalho encontram-se em locais com diferentes condições climáticas e seu cultivo deu-se com a realização ou não de podas, uso ou não de irrigação, além de estarem em diferentes tipos de solo e de topografia. As Tabelas 2 apresentam as médias obtidas para todas as 14 variáveis analisadas e a estatística descritiva correspondente.

Os coeficientes de variação foram distribuídos num intervalo de 3% (relação DL/DT) a 31,38% (MMCR), confirmando por meio desses valores a existência de variabilidade fenotípica para a maioria das variáveis avaliadas. Analisando uma população composta por 30 genótipos de umbu-cajazeira, Santos (2010) encontrou variação entre 7,18% (diâmetro transversal) a 33,63% (rendimento de polpa). Lima (2012), analisando 10 genótipos de umbu-cajazeira, observou variação entre 4,23% a 26,72% para as variáveis diâmetro transversal e massa do caroço, respectivamente.

Quanto à variabilidade para o caráter tamanho de fruto de umbu-cajazeira, segundo o International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), os frutos podem ser classificados como: pequeno (inferior a 35 mm), médio (entre 35 e 40 mm) e grande (superior a 40 mm) (IBPGR, 1980). Em relação ao tamanho do fruto, a variável DL apresentou valores entre 23,17 e 31,09 mm e DT variou de 20,59 e 28,83 mm. Os genótipos MA4 e MA5 destacaram-se por manifestar os maiores tamanhos de fruto. Enquanto que os genótipos JZ2, JZ4 e MA2 apresentaram os menores valores para tamanho de fruto. Os frutos analisados neste trabalho foram classificados como pequenos (<35 mm).

Tabela 2 – Variáveis físicas de frutos de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). Variáveis: diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) do fruto, em mm, relação DL/DT, massa média do fruto (MMF), massa média da polpa (MMP), massa média da casca (MMC) e massa média do caroço (MMCR), em gramas, acidez total titulável (ATT), em % ácido cítrico, sólidos solúveis totais (SST), em oBrix, pH, relação SST/ATT, vitamina C, em mg/100g polpa; índice tecnológico (IT), em %; e rendimento de polpa (RP), em %. Mossoró/RN, 2014.

GEN.	DL	DT	DL/DT	MMF	MMP	MMC	MMCR	ATT	pH	SST	VITC	SST/ATT	IT	RP
JZ1	26,03	23,02	1,14	8,85	6,00	1,50	1,50	0,79	3,21	14,45	9,26	18,40	9,88	67,8
JZ2	23,17	20,59	1,14	6,75	4,50	1,00	1,00	0,80	3,15	15,75	9,26	19,61	10,62	66,7
JZ3	27,23	24,69	1,11	10,25	7,00	2,00	1,50	0,93	3,17	15,40	9,26	16,52	10,52	68,3
JZ4	24,08	21,83	1,14	7,50	5,00	1,50	1,00	0,96	3,07	16,00	9,26	16,75	10,99	66,7
JZ5	26,61	23,65	1,10	9,25	7,00	1,50	1,50	1,12	3,12	16,00	9,26	17,97	11,68	75,7
JZ6	28,15	25,19	1,12	10,75	8,00	1,00	1,50	0,95	3,27	16,00	9,26	16,87	11,53	74,4
ML1	27,80	24,82	1,11	11,50	7,00	2,50	2,00	1,50	2,65	13,65	9,50	9,08	8,25	60,9
ML2	25,62	24,28	1,07	9,45	6,00	2,00	1,50	1,48	2,51	13,25	9,50	8,94	8,13	63,5
ML3	26,96	24,36	1,08	10,50	6,50	2,50	1,50	1,50	2,61	12,55	7,65	8,37	7,71	61,9
ML4	27,40	25,81	1,06	11,00	7,00	2,50	1,50	1,24	2,85	11,60	9,50	9,34	7,17	63,6
ML5	28,46	26,10	1,09	12,00	7,00	3,00	2,00	1,60	2,60	13,30	9,50	8,32	7,76	58,3
ML6	27,82	26,05	1,09	11,50	7,00	2,50	2,00	1,48	2,62	13,95	7,65	9,45	8,36	60,9
MA1	25,07	23,53	1,05	9,00	5,00	2,00	1,50	0,96	2,62	12,50	9,50	13,05	7,15	55,6
MA2	24,85	21,60	1,15	7,50	4,00	1,50	1,50	1,08	2,85	10,10	9,50	9,35	5,64	53,3
MA3	28,48	26,03	1,10	13,00	9,00	2,00	2,00	1,14	2,80	15,00	9,50	13,20	10,21	69,2
MA4	31,05	28,83	1,09	16,00	10,50	2,50	3,00	1,27	2,95	13,45	9,50	10,58	8,91	65,6
MA5	31,09	28,69	1,10	16,00	11,00	2,50	3,00	1,12	3,23	13,10	9,26	11,67	9,04	68,8
MA6	27,11	26,43	1,03	12,00	9,00	1,50	2,00	1,04	3,10	13,85	9,26	13,31	10,10	75,0
Mínimo	23,2	20,6	1,0	6,8	4,0	1,0	1,0	0,8	2,5	10,1	7,7	8,3	5,6	53,3
Máximo	31,1	28,8	1,2	16,0	11,0	3,0	3,0	1,6	3,3	16,0	9,5	19,6	11,7	75,7
Média	27,05	24,75	1,10	10,71	7,03	1,97	1,75	1,16	2,91	13,88	9,19	12,82	9,09	65,34
CV%	7,75%	8,94%	3,00%	24,02%	27,33%	29,45%	31,38%	22,00%	8,96%	11,80%	6,22%	30,54%	18,63%	9,64%

As medições de comprimento e diâmetro são importantes para frutos destinados ao consumo in natura, tendo em vista que o tamanho interfere na escolha do consumidor. Para indústrias de processamento, dependendo do tamanho do fruto, torna-se difícil o uso de despolpadeiras, comprometendo o rendimento da máquina, gerando assim aumento nos custos de produção.

Gondim et al. (2013), avaliando a qualidade de frutos de umbu-cajá na Paraíba, obtiveram valores para comprimento e diâmetro variando entre 36,9 e 44,9 mm e 30,4 e 36,1 mm, respectivamente. Carvalho et al. (2008), analisando 50 genótipos de umbu-cajazeira na Bahia, apresentaram valores para comprimento de 31 a 48 mm e largura de 26 a 38 mm. Santos (2010) constatou em suas análises frutos de tamanho grande, com intervalo entre 28,5 e 48,5 mm (diâmetro longitudinal) e 22,9 e 32,5 mm (diâmetro transversal). Analisando a caracterização física de frutos de umbu-cajá no Baixo Jaguaribe (CE) e em Açu-Mossoró, Noronha et al. (2000) obtiveram valores de comprimento variando entre 28,9 e 29,6 mm e largura entre 29,1 e 29,6 mm. Os valores encontrados para a variável DL e DT neste trabalho estão de acordo com os valores verificados na literatura.

A relação DL/DT é uma variável muito importante, pois permite a classificação do fruto de acordo com seu formato. Assim, quanto mais próximo for o valor de um, mais arredondado é o fruto (LIRA JÚNIOR et al., 2005). O genótipo MA6 obteve o menor valor (1,03) enquanto que o indivíduo MA2 obteve o maior valor (1,15) para esta variável. De acordo com o IBPGR (1980), a relação DL/DT é classificada em: baixa (inferior a 1), média (valor maior 1 e menor que 1,5) ou alta (superior a 1,5). Os frutos dos diferentes genótipos expressaram classificação média para a relação DL/DT, demonstrando serem frutos de formato arredondado. Conseqüentemente, a variabilidade para este caráter foi baixa. Indústrias de processamento de polpa possuem preferência por frutos mais arredondados, já que as operações de limpeza e despolpamento são facilitadas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; PINTO et al., 2003). Lima (2012) obteve valores para relação DL/DT variando entre 1,25 e 1,44. Santos (2010) encontrou menores valores citados na literatura para esta variável, de 0,62 e 0,89.

A variável massa média de frutos (MMF) teve média de 10,71 g, com um intervalo de variação entre 6,75 e 16,0 g. De acordo com Bosco et al. (1999), os frutos de cajazeira podem ser classificados em: grande (massa superior a 15 g), médio (entre 12 e 15 g) e pequeno (inferior a 12 g). Neste trabalho houve variação quanto à massa de frutos para todos os genótipos analisados, classificados em pequeno (JZ1, JZ2, JZ3, JZ4, JZ5, JZ6, ML1, ML2, ML3, ML4, ML5, ML6, MA1, MA2 e MA6), médio (MA3) e grande (MA4 e MA5).

A média (10,71 g) encontrada foi inferior à obtida por Carvalho et al. (2008) em populações de umbu-cajazeira (19,8 g). Santana (2010) apresentou valores para massa média de fruto de 22,5 g, com variação entre 15,5 e 30,7 g. Silva (2008), analisando genótipos de umbu-cajazeira no estado do Ceará, obteve média geral de 14,51 g, com variação entre 11,1 e 17,76 g. Noronha et al. (2000) obteve valor médio para fruto maduro de 13,24 g. A massa média de fruto é uma variável importante para o mercado consumidor de frutas frescas, pois frutos pesados são mais atrativos para o consumidor (SILVA, 2008).

De acordo com a classificação proposta por Bosco et al. (1999), os frutos de umbu-cajazeira deste trabalho, em sua maioria, são pequenos. Entretanto, vale considerar que além da variável MMF ser muito influenciada pelo ambiente, trata-se de um caráter cujo comportamento é inerente ao próprio genótipo, que apresenta flexibilidade dentro dos limites típicos de cada indivíduo, quando os frutos atingem pleno desenvolvimento fisiológico (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para variável a massa média de polpa (MMP), o intervalo de variação obtido ficou entre 4,0 e 11,0g, com média de 7,03 g. A variação para este caráter foi elevada, demonstrando grande diversidade entre os genótipos analisados. Os genótipos com maiores valores de MMP foram: MA4 (10,5 g) e MA5 (11,0 g). Já aqueles valores menores foram: JZ1, JZ2, ML2, ML4 e MA2. Estes valores indicam a possibilidade de seleção dos genótipos JZ5 e JZ4, considerando a elevada quantidade de polpa verificada em frutos destes, o que é interessante no processamento em agroindústrias. Silva (2008) obteve intervalo de variação entre 9,28 e 14,99 g com média de 12,15 g. Carvalho et al. (2008) obtiveram média de 13,5 g com variação entre 6,5 e 19,1 g em genótipos de umbu-cajazeira. Os frutos dos genótipos avaliados neste estudo

possuem menor quantidade de polpa, por se tratarem de umbu-cajazeiras de ocorrência espontânea no Oeste Potiguar, e não de genótipos submetidos a tratamentos culturais adequados.

Com relação à massa média da casca (MMC), os valores obtidos em nível dos genótipos analisados apresentaram média de 1,97 g. O genótipo JZ2 manifestou o menor valor (1,0 g) e o genótipo ML5 o maior valor (3,0 g). Algumas indústrias de processamento de polpa de frutas consideram a casca como parte integrante da polpa.

Considera-se, ainda, a necessidade de se selecionar genótipos com menores valores para MMC, pois durante o processo de despulpamento parte da polpa fica ligada à casca, aumentando o volume de resíduos gerados no processo. Esse resíduo, quando aproveitado corretamente, pode reduzir o impacto ambiental, servindo de alimento para criação de animais, em função do potencial nutritivo da casca. O aproveitamento de resíduos pode reduzir os custos inclusos na criação animal e gerar renda para indústrias de processamento de polpa de frutas (VIEIRA, 2013).

Quanto à variável massa média do caroço (MMCR), o intervalo de variação esteve entre 1 e 3,0 g, com média de 1,75 g. Os genótipos JZ2 e JZ4 relacionaram-se aos menores valores para MMCR e os genótipos MA4 e MA5 aos maiores valores. Carvalho et al. (2008) encontraram variação entre 1,3 e 9,3 g, com média de 6,3 g, superior ao valor encontrado neste trabalho. No entanto Santos et al. (2010), obtiveram valor médio de 1,63 g. Gondim et al. (2013) ressaltam que esta variável está relacionada com a massa de frutos. Quanto mais pesado o fruto, maior o percentual do caroço. Isso pode ser comprovado nos genótipos JZ4, JZ5, JZ6 e MA5. O caráter de massa do caroço influencia diretamente o rendimento de polpa, estando atrelado à qualidade do produto no processamento industrial (GONDIM et al., 2013).

Como ainda não existe legislação específica para polpa de umbu-cajá, os valores relativos às características e composição foram comparados ao Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para polpa de cajá, estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento por meio da Instrução Normativa nº. 01, de 7 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000) por possuir características similares às da umbu-cajá,

espécie do mesmo gênero botânico e com ampla ocorrência no Brasil (SOARES et al., 2006).

Os valores relativos à acidez total titulável (ATT) atingiram o mínimo de 0,79% e o máximo de 1,6%, com média de 1,16%, indicando elevada variação entre os genótipos avaliados (Tabela 2). De acordo com o PIQ para cajá, o valor mínimo para esta variável deve ser de 0,90%. Assim, com exceção dos genótipos JZ1 (0,79%) e JZ2 (0,80%), todos os demais apresentaram valores para ATT acima do recomendado para polpa de cajá, significando que a umbu-cajazeira apresenta grande potencial para industrialização de frutos. Valores semelhantes de ATT foram obtidos por Santos et al. (2010), com 1,32%, e Silva (2008), com média de 1,13%, ambos em polpa.

De acordo com Pinto et al. (2003), a partir de genótipos com frutos cujos valores de ATT estejam acima de 1% é possível fazer seleção de plantas de umbu-cajazeira para agroindústria e programas de melhoramento genético da espécie. De acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), o parâmetro acidez deve ser considerado, pois permite a conservação de produtos alimentícios sem a necessidade de adição de ácido cítrico para conservação da polpa, artifício utilizado para dificultar o desenvolvimento de microrganismos no processamento do néctar (LIMA et al., 2002).

A média do potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos analisados foi de 2,91, com variação entre 2,51 para o genótipo ML2 e 3,27 para o genótipo JZ6. De acordo com o PIQ para cajá, os valores encontrados estão dentro do mínimo aceito para produção da polpa de umbu-cajazeira (mínimo de 2,2). Valores similares foram encontrados por Santos et al. (2010) e Santana (2010), com média de 2,40 e 2,74, respectivamente. Gondim et al. (2013) e Noronha et al. (2000) obtiveram valores superiores para pH para genótipos de umbu-cajazeira na Paraíba (3,40). Outros autores encontraram resultados semelhantes para pH em seus trabalhos (SACRAMENTO; SOUZA, 2000; CARVALHO et al., 2008). Esta variável se relaciona à ATT, pois ambas indicam o estado de conservação de alimentos.

Valores elevados de pH (baixa acidez) são preferidos para o consumo in natura, porém esse fato evidencia um problema para as indústrias devido ao

favorecimento das atividades enzimáticas e desenvolvimento de microrganismos (SANTOS et al., 2010), tornando-se necessário tratamento térmico sob pressão para eliminar o problema (JACKIX, 1988). Neste ponto, justifica-se o melhoramento genético de umbu-cajazeira com a necessidade de seleção de genótipos tanto para processamento de polpa quanto para produção e comercialização de frutos in natura.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) variou entre 10,1 e 16,0 °Brix, apresentando valor médio de 13,88 °Brix. Houve variação razoável para este caráter, constatando-se variabilidade quanto ao teor de SST entre os genótipos testados. A média geral para SST está acima da encontrada por Noronha et al. (2000), com 11,04 °Brix, por Lira Júnior et al. (2005), com 14,84 °Brix, por Carvalho et al. (2008), com 10,1 °Brix, por Santos (2010), com 10,7 °Brix e por Gondim et al. (2013) com média de 11,86 °Brix.

O teor mínimo exigido pela atual legislação para polpa de cajá corresponde a 9,50 °Brix. Todos os genótipos avaliados neste trabalho alcançaram valores acima do teor mínimo exigido pelo PIQ para cajá, confirmando o potencial da umbu-cajazeira para industrialização de frutos.

Os genótipos JZ4, JZ5 e JZ6 expressaram os maiores teores de SST (16,0 °Brix) e o genótipo JZ2 o menor valor (10,1 °Brix). As plantas de umbu-cajazeira deste trabalho foram avaliadas em período de seca prolongada, que atingiu vários municípios do estado do Rio Grande do Norte.

Zanini et al. (1998) consideram que o déficit hídrico em citros, uma cultura perene, leva a um aumento na concentração de sólidos solúveis no suco. Esse fato nos leva a crer que as plantas de umbu-cajazeira podem ter sido muito influenciadas pelas condições naturais do ambiente, a par da possibilidade dos indivíduos estudados serem geneticamente dotados de potencial para manifestação de elevados níveis de SST. Sendo assim, serão necessários mais estudos com essas plantas, submetidas às mesmas condições climáticas e tratos culturais, de maneira a conhecer o real potencial desses genótipos.

A relação SST/ATT variou entre 8,32 e 19,61, com média de 12,82, cujo menor valor foi relacionado ao genótipo ML5. Já os maiores valores foram atribuídos aos genótipos JZ2 (19,61), JZ1(18,4), JZ5 (17,97) e JZ6 (16,87). Analisando frutos

maduros de umbu-cajazeiras, foi reportada variação entre 9,97 e 13,75 (GONDIM et al., 2013); 11,77 e 15,64 (VIEIRA, 2013); 4,59 e 10,75 (SANTOS, 2010) e 3,7 e 10,6 (CARVALHO et al., 2008). Conforme afirma Silva (2008), a relação SST/ATT indica o índice de palatabilidade de determinado produto alimentício, apresentando o equilíbrio entre os sabores doce e ácido. Quanto maior o valor obtido pelo quociente SST/ATT, maior será o grau de doçura do produto. Dos 18 genótipos de umbu-cajazeira analisados, ML1, ML2, ML3, ML4, ML5, ML6 e MA2 não atingiram o nível recomendado pelo PIQ para polpa de cajá (mínimo de 10,0). Já os genótipos JZ1, JZ2, JZ3, JZ4, JZ5 e JZ6, apresentaram os maiores valores para a relação SST/ATT.

Com base nesta variável, o genótipo JZ2 poderia ser selecionado, por apresentar a maior relação SST/ATT. Entretanto, os frutos deste genótipo possuem menor tamanho e peso, ainda com baixo índice de acidez, o que o desqualifica para o processamento. Isso coloca os genótipos JZ3 e JZ6 como candidatos ao processo de seleção.

A relação SST/ATT está entre as variáveis mais adequadas à avaliação do sabor e do ponto de maturação dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; LIMA et al., 2002). Tanto o mercado consumidor de frutas frescas quanto o de frutas processadas tem preferência por frutos com alta relação SST/ATT (SANTANA, 2010).

Os teores de vitamina C (VITC) encontrados expressaram intervalo de variação entre 7,65 mg/100g (ML3 e ML6) e 9,5 mg/100g de ácido ascórbico (ML1, ML2, ML4, ML5, MA1, MA2, MA3 e MA4), com média de 9,19 mg/100g de ácido ascórbico. A variação para este caráter foi reduzida tendo em vista que o teor de vitamina C em polpa de umbu-cajá é muito pequeno quando comparado ao de outras frutas, alcançando no máximo 38,46 mg/100g (VIEIRA, 2013). Os valores obtidos neste trabalho estão na faixa encontrada por Santos (2010), 5,54 e 14,35 mg/100g, Santos et al. (2010), com média de 8 mg/100mg e Carvalho et al. (2008), 3,8 e 16,4 mg/100g.

A vitamina C é necessária em diversos processos de funcionamento do organismo humano. Promover a manutenção da normalidade fisiológica do corpo,

participar de processos metabólicos fundamentais, no equilíbrio dos hormônios sexuais e na defesa do organismo contra infecções e intoxicações, são algumas de suas funções primordiais (SANT ANNA; RUSSO, 2013). Em adultos, a recomendação para ingestão diária de ácido ascórbico é de 45 mg (BRASIL, 2005). Neste caso, considerando os valores obtidos para vitamina C neste trabalho, o consumo diário de um copo de suco de 300 ml, supriria cerca de 82% da necessidade diária para uma dieta balanceada.

De maneira geral, com exceção dos genótipos ML3 e ML6, os demais apresentaram elevados valores para VITC, contribuindo para redução de custo no beneficiamento industrial, sem a necessidade de adição de maior quantidade de ácido ascórbico no processo.

O percentual médio do índice tecnológico (IT) variou de 5,64%, para o genótipo MA2, e 11,68%, para o genótipo JZ5, com média de 9,09%. Vieira (2013) apresentou média superior de 11,16% para IT. Já Santos et al. (2010) reportaram valor médio de 6,97% e Pinto et al. (2003), analisando polpas de cajá, manifestaram valor médio de 5,5% de índice tecnológico. Frutos que apresentam maiores índices de rendimento industrial são preferidos pela agroindústria, pois têm maior possibilidade de apresentar altos teores de sólidos solúveis. Em frutas cítricas e no maracujá (*Passiflora edulis* Sims) este índice de qualidade auxilia no cálculo para o pagamento de caixas de frutas, apresentando-se como uma tendência crescente adotada pelas agroindústrias (SACRAMENTO et al., 2007). Os genótipos JZ5 (11,68) e JZ6 (11,53) destacaram-se com relação ao índice tecnológico, indicando possibilidades de seleção promissora para o melhoramento genético de umbu-cajazeira no Rio Grande do Norte.

Relativamente ao rendimento de polpa (RP), o intervalo de variação foi de 53,3% e 72,7%, com valor médio de 65,34%. Os genótipos JZ5 (75,7%), JZ6 (74,4%) e MA6 (75%) apresentaram os maiores valores para RP, indicando favorável potencial de seleção para estes genótipos. Enquanto que os genótipos MA2 (53,3%), MA1 (55,6%) e ML5 (58,3%) apresentaram os menores valores para esta variável.

Os resultados de rendimento de polpa obtidos neste trabalho foram superiores aos obtidos por Gondim et al. (2013), com média de 68,53% e por Santos et al. (2010), de 69,7%. O rendimento de polpa indica o provável potencial do fruto para a indústria alimentícia, principalmente de polpa e sucos, sendo este o principal fator a ser considerado na aquisição da matéria-prima. Segundo Lira Júnior et al. (2005), a variável RP está entre os atributos relacionados à qualidade, especialmente para frutos destinados à elaboração de produtos processados, cujo valor mínimo exigido pelas indústrias é de 40%. Para a agroindústria, frutos com grande potencial relacionam-se a indivíduos com rendimento acima da média (acima de 50%), sendo necessário melhorar alguns aspectos químicos inerentes aos genótipos, com vista ao atendimento das exigências do mercado consumidor (PINTO et al., 2003; LIMA et al., 2002).

Em comparação à massa média da polpa e rendimento de polpa, os frutos dos genótipos estudados apresentaram baixos valores para massa de polpa. Contudo, avaliando todos os indivíduos, o rendimento superou 50%. Isso pode ser atribuído à relação existente entre fruto, casca e caroço, na qual a casca e o caroço possuem menor volume em relação à massa total do fruto.

A Tabela 3 apresenta os valores referentes ao coeficiente de correlação fenotípica entre as 14 variáveis consideradas neste trabalho. Essas correlações lineares entre variáveis são muito informativas para trabalhos de melhoramento genético de plantas, pois possibilitam prever a influência da seleção de um caráter sobre a alteração da média do outro (FARIAS NETO et al., 2005), auxiliando ao melhorista na identificação de variáveis que possam ser utilizadas para seleção indireta.

Tabela 3 – Coeficiente de correlação fenotípica entre 14 variáveis avaliadas em frutos de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). Mossoró/RN, 2014.

	DL	DT	DL/DT	MMF	MMP	MMC	MMCR	ATT	pH	SST	VITC	SST/ATT	IT	RP
DL	1													
DT	0.95**	1												
DL/DT	-0.31ns	-0.54ns	1											
MMF	0.96**	0.97**	-0.42ns	1										
MMP	0.92*	0.92*	-0.36ns	0.96**	1									
MMC	0.59*	0.63*	-0.43ns	0.59*	0.34ns	1								
MMCR	0.89*	0.89*	-0.35ns	0.94**	0.82*	0.70*	1							
ATT	0.39ns	0.42ns	-0.37ns	0.38ns	0.16ns	0.81*	0.44ns	1						
pH	0.04ns	-0.05ns	0.38ns	-0.00*	0.24ns	-0.69*	-0.19ns	-0.78*	1					
SST	-0.09ns	-0.14ns	0.271ns	-0.11ns	0.09ns	-0.54*	-0.33ns	-0.39ns	0.52*	1				
VITC	-0.03ns	-0.03ns	0.08ns	0.00ns	0.05ns	-0.18ns	0.025ns	-0.33ns	0.24ns	0.00ns	1			
SST/ATT	-0.38ns	-0.45ns	0.42ns	-0.40ns	-0.15ns	-0.85*	-0.56*	-0.86*	0.78*	0.77*	0.20ns	1		
IT	-0.00*	-0.05ns	0.22ns	-0.02ns	0.23ns	-0.64*	-0.28ns	-0.50*	0.70*	0.95**	0.07ns	0.81**	1	
RP	0.15ns	0.13ns	0.07ns	0.16ns	0.44ns	-0.63*	-0.12ns	-0.54*	0.82*	0.75*	0.12*	0.72*	0.91**	1

Diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT), em mm; relação DL/DT; massa média do fruto (MMF), massa média da polpa (MMP), massa média da casca (MMC) e massa média do caroço (MMCR), em gramas, acidez total titulável (ATT), em % ácido cítrico, sólidos solúveis totais (SST), em °Brix; potencial hidrogênionico (pH), relação SST/ATT; vitamina C, em mg/100g polpa; índice tecnológico (IT), em % e rendimento de polpa (RP), em %.

** e * : Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t.

A maioria das correlações mostrou-se não-significativa. Entretanto, algumas variáveis demonstraram estar fortemente relacionadas entre si. Como é o caso do DL com DT (0,95), indicando que frutos compridos tendem a ter maior diâmetro. Correlações positivas e altamente significativas foram encontradas para DL e MF (0,96), DT e MF (0,97) e MMF e MMCR (0,94), nas quais frutos considerados grandes em tamanho tendem a ter maior massa, e frutos mais pesados tendem a ter maior peso de caroço. Deve-se considerar o resultado da correlação apresentada entre MF e RP, indicando que, independentemente da massa do fruto, o rendimento de polpa pode ser menor ou maior. Isso pode estar atrelado a quantidade da massa da casca e da massa do caroço.

Lima et al.(2012) encontraram correlação entre as variáveis MF e RP (0,96) e SST e IT (0,82), corroborando com os dados apresentados neste trabalho. Santos (2009) detectou correlações positivas entre MF e MP (0,93) e DT e MF (0,90). Vale ressaltar que a correlação se refere a uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando necessariamente em uma relação de causa-efeito. Neste caso, por mais que duas variáveis estejam algebricamente relacionadas, não significa que exista uma relação de funcionalidade entre elas. Existe forte indicativo de que a seleção de genótipos com base nas variáveis diâmetro longitudinal e transversal do fruto é ideal para seleção de genótipos promissores de umbu-cajazeira, visto que nelas o efeito ambiental é menor que o verificado na massa do fruto.

Na Figura 2 observa-se o dendrograma de similaridade genética idealizado pelo método UPGMA para os 18 genótipos de umbu-cajazeira estudados com base nas 14 variáveis analisadas. A partir do ponto de corte de 0,33 da similaridade genética no dendrograma gerado, observa-se a formação de quatro grupos subdivididos em outros subgrupos. O **Grupo I**: constituído pelos genótipos JZ1, JZ2, JZ3, JZ4, JZ5 e JZ6; o **Grupo II**: compreendendo os genótipos ML1, ML2, ML3, ML4, ML5, ML6 e MA1; o **Grupo III**: formado pelos genótipos MA3, MA4, MA5 e MA6; e, por fim, o **Grupo IV**: constituído pelo genótipo MA2.

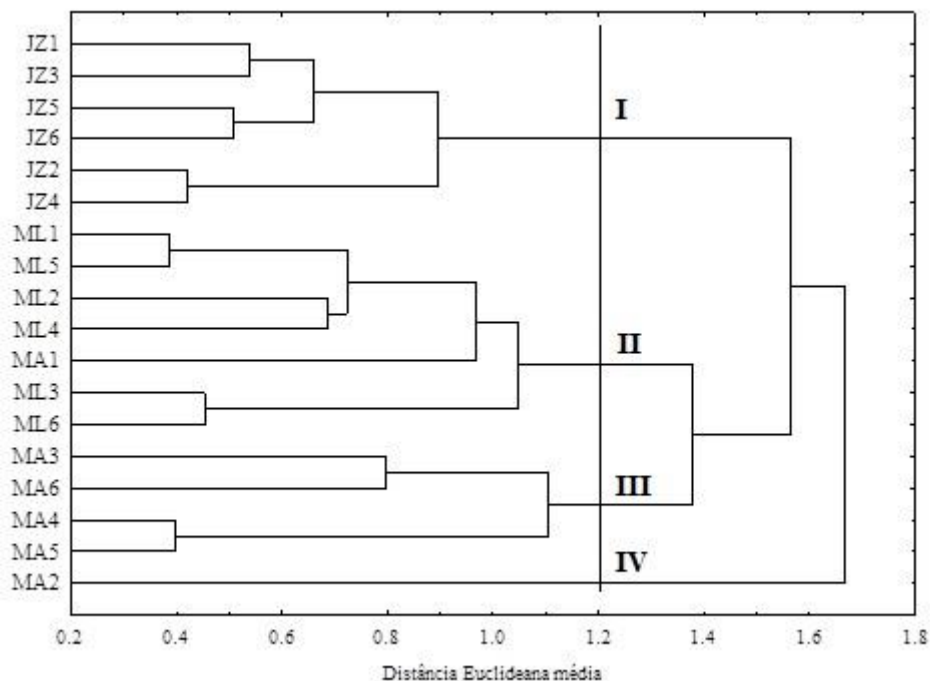


Figura 2– Dendrograma de dissimilaridade entre 18 genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) com base em 14 variáveis de frutos pelo método hierárquico aglomerativo da média aritmética entre pares não ponderados (UPGMA) da distância euclidiana média padronizada. Valor cofenético: 0,80. Mossoró/RN, 2014.

No primeiro grupo foram reunidos todos os genótipos do Assentamento Moacir Lucena mais o genótipo MA1, os quais obtiveram na caracterização físico-química dos frutos a menor relação SST/ATT. Estes genótipos, possivelmente, foram agrupados por estarem sob as mesmas condições edafoclimáticas, expressando valores semelhantes para a maioria das variáveis analisadas, com exceção do MA1.

O grupo II reuniu quatro dos seis genótipos de umbu-cajazeira da comunidade rural Coqueiro, visivelmente mais próximos em termos geográficos do que os demais genótipos desta mesma região alocados nos grupos I e IV. Quanto às variáveis físicas de frutos, este grupo reuniu indivíduos que tiveram os maiores valores para DL, DT, MMF, MMP, MMCr e ATT analisados neste estudo.

O grupo III ficou caracterizado por conter todos os indivíduos da comunidade rural Juazeiro II. Este grupo englobou os genótipos com maiores valores para IT e RP.

Por fim, o grupo IV foi composto apenas pelo genótipo MA2, que apresentou menor tamanho e massa média de frutos e menores valores de SST, IT e RP. Este indivíduo deve ter ficado excluído dos demais devido ao fato de possuir características fenotípicas diferentes.

Conforme também relatado por Carvalho et al. (2008), a umbu-cajazeira é uma espécie que se propaga tradicionalmente por via assexuada, indicando que genótipos localizados em regiões circunvizinhas possuem a tendência de se assemelharem entre si, justificando, possivelmente, o que ocorreu com os genótipos do Assentamento Moacir Lucena, comunidade rural Juazeiro II e Coqueiro. Entretanto, essa mesma situação não ocorreu entre os indivíduos MA1 e MA2, não apenas devido a causas ambientais, mas à provável ocorrência de reprodução sexuada ou mutações naturais (SOUZA et al., 2006; SANTOS et al., 1999; GIACOMETTI, 1993).

Na análise da distância euclidiana média padronizada, as variáveis que mais contribuíram para a separação entre os grupos foram: RP (42,1%), relação SST/ATT (21,28%), MMF (9,49%), DL (6,11%) e DT (6,8%) e as variáveis que menos contribuíram foram: relação DL/DT, MMC, MMCR, ATT, pH e VITC (Tabela 5).

Tabela 4 – Contribuição relativa das 14 variáveis para divergência de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) pela distância euclidiana média padronizada. Variáveis: diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) do fruto, relação DL/DT, massa média do fruto (MMF), massa média da polpa (MMP), massa média da casca (MMC) e massa média do caroço (MMCR), acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), pH, relação SST/ATT, vitamina C, índice tecnológico (IT) e rendimento de polpa (RP), Mossoró/RN, 2014. Mossoró/RN, 2014.

Variável	S.j.	Contribuição relativa (%)
DL	1347,619	6,112
DT	1499,425	6,801
DL/DT	0,319626	0,001
MMF	2093,3	9,494
MMP	1115,01	5,057
MMC	96,56	0,438
MMCR	71,3	0,323
ATT	20,13504	0,091
pH	20,8044	0,094
SST	821,07	3,724
VITC	99,12	0,450
SST/ATT	4692,386	21,282
IT	876,9174	3,977
RP	9294,544	42,155

S.j.: valor estimado da estatística Singh (1981)

A análise de componentes principais (ACP) demonstrou que os três primeiros componentes explicaram 86,7% da variação total disponível. O primeiro componente foi responsável por 47,27%, o segundo componente ficou com 30,77% e o terceiro com 8,63% da variação. Segundo Cruz e Regazzi (2001), quando se obtém acima de 80% da variação em dois ou três componentes é possível fazer uma análise de agrupamento dos genótipos em gráficos de dispersão tridimensional (Figura 3).

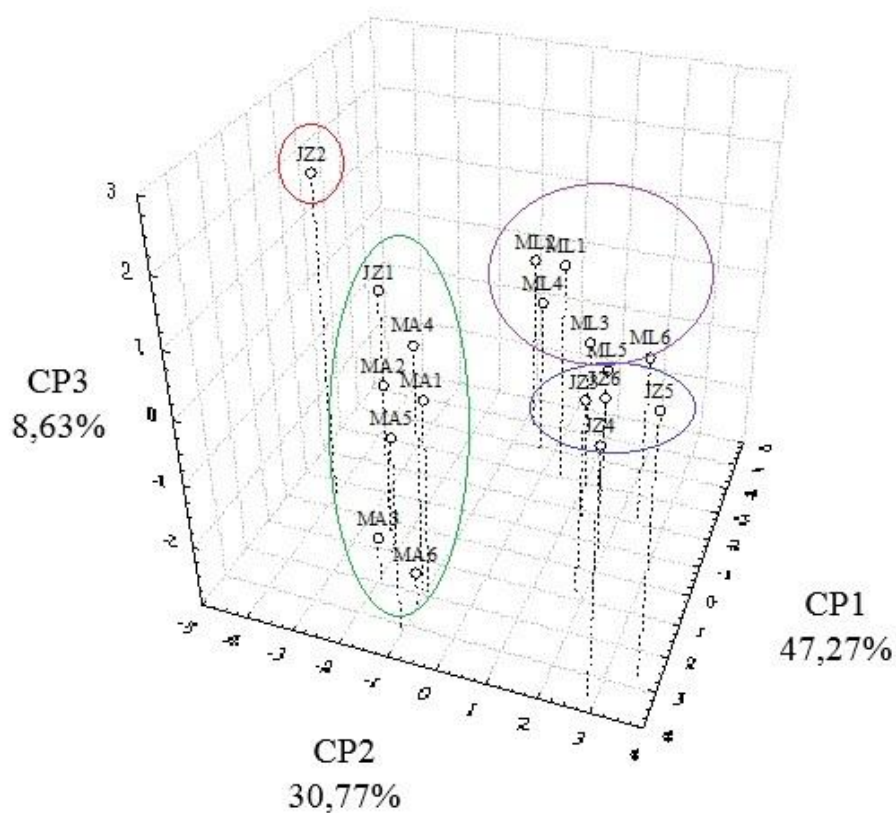


Figura 3– Gráfico da classificação dos 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) baseado nos escores dos três primeiros componentes principais (CP1, CP2 e CP3). Mossoró/RN, 2014.

Em comparação, a análise de agrupamentos pelo método UPGMA e a análise de componentes principais demonstraram estar em concordância na estimativa da similaridade genética entre genótipos de umbu-cajazeira, promovendo a formação de quatro grupos distintos.

3.2 ANÁLISES MOLECULARES

3.2.1 Marcador molecular ISSR

Dos 25 iniciadores ISSR testados do trabalho de Santana et al. (2011), 19 apresentaram resultado adequado com a produção de fragmentos consistentes, perfil de amplificação satisfatório e intensidade variável. Fragmentos inespecíficos foram descartados. A Figura 4 ilustra o padrão eletroforético dos 18 genótipos de umbu-cajazeira com o marcador molecular ISSR (TriCGA3'RC).

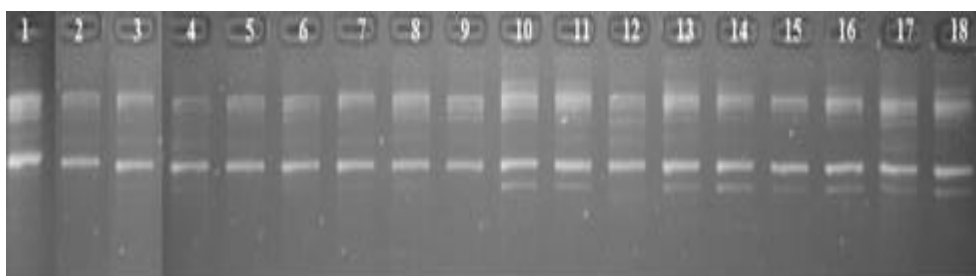


Figura 4– Padrão eletroforético de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) obtido pelo marcador molecular *Inter Simple Sequence Repeat* (ISSR) (TriCGA3'RC); 1: ML1; 2: ML2; 3: ML3; 4: ML4; 5: ML5; 6: ML6; 7: MA1; 8: MA2; 9: MA3; 10: MA4; 11: MA5; 12: MA6; 13: JZ1; 14: JZ2; 15: JZ3; 16: JZ4; 17: JZ5; 18: JZ6. Mossoró/RN, 2014.

O número de fragmentos gerados foi de 144, com a obtenção de 64 fragmentos polimórficos e 80 monomórficos. O número de fragmentos por iniciador variou entre 4 e 11, com média de 3,37 fragmentos polimórficos. Os números de fragmentos gerados por meio de 19 iniciadores ISSR foi considerado suficiente para detecção da variabilidade genética existente entre genótipos de umbu-cajazeira.

A validação dos iniciadores ISSR para umbu-cajazeira permitem a caracterização de genótipos e estudos mais aprofundados sobre questões de estruturas de populações, com o objetivo de aprimorar o uso de umbu-cajazeiras, com consequente melhoramento genético da espécie. A Tabela 5 contém os nomes dos iniciadores escolhidos, suas respectivas sequências e o número de fragmentos produzidos nas análises moleculares.

Foi constatada baixa variabilidade entre os genótipos de umbu-cajazeira dos três locais analisados, indicando pequena variação genotípica. Esse resultado é esperado pois, de acordo com Reis e Grattapaglia (2004), a variabilidade dentro de uma população é menor do que entre populações. Ainda assim, é possível a seleção de clones promissores para futuros trabalhos de melhoramento genético.

Tabela 5 – Iniciadores *Inter Simple Sequence Repeats* (ISSR) selecionados para amplificação de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), com respectivas sequências, temperatura de anelamento (Tm), número total de fragmentos (NTF), número total de fragmentos polimórficos (NFP) e percentagem de polimorfismo (%). Mossoró/RN, 2014.

Nome do iniciador	Sequência*	Tm (°C)	NTF	NFP	% Polimorfismo
DiCA5'CY	CY(CA) ₈	50	8	3	37,5
DiGA3'C	(GA) ₈ C	50	7	3	42,9
DiGA3'RC	(GA) ₈ RC	50	8	6	75,0
DiGA3'T	(GA) ₈ T	50	7	3	42,9
TriCAC3'RC	(CAC) ₅ RC	50	6	1	16,7
TriGTG	(GTG) ₅	50	6	2	33,3
TriGTG3'YC	(GTG) ₅ YC	50	8	6	75,0
TriGTG5'CY	CY(GTG) ₅	50	8	3	37,5
TriTGT3'RC	(TGT) ₅ RC	50	8	5	62,5
TriTGT5'CY	CY(TGT) ₅	50	8	3	37,5
TriAAC3'RC	(AAT) ₅ RC	50	9	3	33,3
TriAAG3'RC	(AAG) ₅ RC	50	8	6	75,0
TriACA3'RC	(ACA) ₅ RC	48	7	2	28,6
TriAGG3'RC	(AGG) ₅ RC	50	6	1	16,7
TriTCA3'RC	(TCA) ₅ RC	50	11	4	36,4
TriTCT3'RC	(TCT) ₅ RC	50	6	1	16,7
TriTGA3'RC	(TGA) ₅ RC	48	4	1	25,0
TriCGA3'RC	(CGA) ₅ RC	50	9	5	55,6
TriGAA3'RC	(GAA) ₅ RC	50	10	6	60
TOTAL		-	144	64	
MÉDIA		-	7,58	3,37	42,5

*R=A, G; Y=C, T

Santana et al. (2011), trabalhando com 25 iniciadores ISSR em umbu-cajazeira, encontraram um polimorfismo de 80%, correspondendo a uma média de 10 fragmentos por iniciador, variando entre 5 e 16 fragmentos/iniciador. Silva (2009), caracterizando 12 acessos de cajazeiras por meio de 19 iniciadores ISSR, obteve um total de 135 fragmentos amplificados. Destes, 77,7% mostraram-se polimórficos com uma média de 5,83 fragmentos/iniciador, variando de 1 a 14 fragmentos polimórficos.

Com relação ao coeficiente de correlação cofenética, a associação entre as distâncias obtida pelo coeficiente de Jaccard e a matriz cofenética forneceu um valor indicando alta representatividade (92%), inferindo que os agrupamentos realizados são consistentes (VAZ PATTO et al., 2004). O grau de distorção foi de 3,34%, valor este concordando com a correlação cofenética, indicando que as matrizes então bem representadas na forma de dendrograma. Já o valor do estresse foi de 18,26%, considerado bom de acordo com Kruskal (1964).

Santana et al. (2011) apresentaram valor de 83% para CCC. Silva (2009), com acessos de cajazeira, obteve valores de 83,49%. Personi (2007), trabalhando com cajueiro, encontrou valores de CCC de 74% e 47,6% para grau de distorção e 50,85% para o coeficiente de estresse, requerendo cautela para análise do dendrograma gerado. Os valores para CCC, estresse e distorção deste trabalho são superiores em termos de qualidade quando comparados aos citados anteriormente.

O intervalo de dissimilaridade variou de 0,010 a 0,208. Com a menor distância entre os genótipos ML1 e ML5 e o maior grau de dissimilaridade entre os genótipos JZ1 e MA2 (Figura 5).

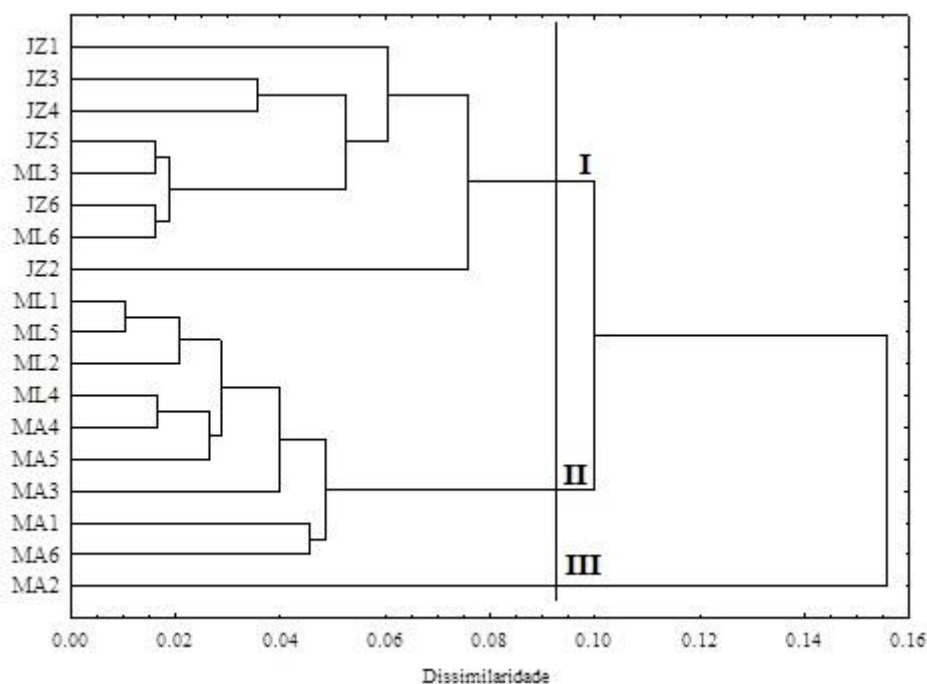


Figura 5– Análise de agrupamento de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), obtida pelo método hierárquico aglomerativo da média aritmética entre pares não ponderados (UPGMA), utilizando o complemento aritmético do índice de Jaccard como medida de dissimilaridade, a partir de 19 iniciadores *Inter Simple Sequence Repeats* (ISSR). Mossoró/RN, 2014. Valor cofenético: 0,92.

Com base no ponto de corte correspondente à dissimilaridade genética média ($d_{gm}=0,09$) (60%), o dendrograma gerado classificou os genótipos de umbu-cajazeira em três grupos subdivididos em vários outros grupos. Com isso, observou-se a formação do **Grupo I**, composto pelos genótipos: JZ6, ML3, JZ5, ML6, JZ3, JZ4, JZ1 e JZ2, do **Grupo II**, composto pelos genótipos: ML1, ML5, ML2, ML4, MA4, MA5, MA3, MA1 e MA6 e do **Grupo III**, formado pelo genótipo: MA2.

De maneira geral, os genótipos ficaram distribuídos entre os diferentes grupos, provavelmente devido ao fato de estarem localizados dentro de uma mesma região (mesorregião do Oeste Potiguar), supostamente provenientes de mesma origem genética, já que a umbu-cajazeira propaga-se exclusivamente por reprodução assexuada.

Os genótipos da comunidade rural Coqueiro ficaram quase que completamente agrupados no grupo I, com exceção do genótipo MA2 (grupo III), que ficou separado dos demais, apresentando uma suposta constituição genética diferente dos demais. Vale ressaltar que nas análises morfológicas este mesmo indivíduo constituiu um grupo à parte, inferindo que as variáveis analisadas podem estar relacionadas a regiões gênicas.

Já os genótipos da comunidade rural Juazeiro ficaram completamente agrupados (grupo III), indicando possuir elevada similaridade genética. Os indivíduos do assentamento Moacir Lucena ficaram distribuídos nos grupos I e II, apresentando similaridade genética com genótipos de outros locais. A técnica de ISSR apresentou valor médio 59,6% para a análise de reamostragem, com uma consistência acima de 60% para a maioria dos grupos formados.

A variabilidade genética encontrada, mesmo sendo pequena, pode auxiliar programas de melhoramento genético. Uma das vantagens de programas de melhoramento com espécies perenes de propagação vegetativa está no fato da possibilidade de transferência de toda variância genética existente em um dado genótipo, tendo em vista sua forma de multiplicação.

Em outros trabalhos com espécies tropicais, geralmente se encontra um elevado nível de polimorfismo quando se utilizam marcadores moleculares dominantes (SANTANA et al., 2011; PESSONI, 2007). Entretanto, dependendo da população analisada este polimorfismo pode ser ínfimo, em virtude da alta similaridade genética evidenciada também pela semelhança fenotípica. Mesmo que os genótipos amostrados tenham sido coletados em uma área grande, pode-se concluir que a espécie foi disseminada na região a partir de poucos exemplares.

A variabilidade decorrente dos marcadores ISSR pode ser atribuída aos seguintes fatores: a) a elevada taxa de mutação entre as sequências de microssatélites; b) a característica do iniciador, isto é, motivo repetitivo, existência ou não de região de ancoragem, bem como sua localização (5' ou 3') e composição de sequência; c) o método de resolução aplicado por meio de gel poliacrilamida e coloração com nitrato de prata ou de agarose corado com brometo de etídeo (REDDY et al., 2002). O baixo polimorfismo encontrado neste trabalho pode ser

atribuído também à reduzida taxa de mutação entre as sequências repetitivas dos microssatélites e à existência de regiões similares do genoma para ancoragem.

A separação de um único genótipo num terceiro grupo pode indicar que sua natureza genética é diferente dos demais, sugerindo, assim, a ocorrência de reprodução sexuada ou da manifestação de hibridações naturais entre umbu-cajazeiras, como afirmam SOUZA et al. (2006) e GIACOMETTI (1993). Essas prováveis hibridações confirmam as afirmações relatadas por Santos et al. (1999), de que em ambientes naturais a existência de plantas que apresentam características intermediárias, quando comparadas a algumas espécies do gênero, indica não apenas a possibilidade de cruzamentos naturais, mas também a existência de barreiras fracas de incompatibilidade dentro do gênero.

São necessários mais estudos com o objetivo de identificar áreas de ocorrência de indivíduos desta espécie com o objetivo de selecionar genótipos contrastantes para compor Bancos Ativos de Germoplasma (BAG) de umbu-cajazeiras em futuros programas de melhoramento genético no estado do Rio Grande do Norte. Atividades de prospecção, coleta e caracterização são imprescindíveis para a conservação e implementação dos recursos genéticos de *Spondias*, tendo em vista a devastação causada pelo homem, com consequente perda de variabilidade genética.

3.2.2 Marcador molecular RAPD

A partir da triagem de 40 iniciadores RAPD foram selecionados 20 por apresentarem fragmentos consistentes. Entretanto, destes, apenas 17 apresentaram fragmentos com maior nitidez e repetibilidade. Fragmentos inespecíficos foram descartados, evitando o comprometimento das análises. A Figura 6 ilustra o padrão eletroforético dos 18 genótipos de umbu-cajazeira com o marcador molecular RAPD (OPA-13).

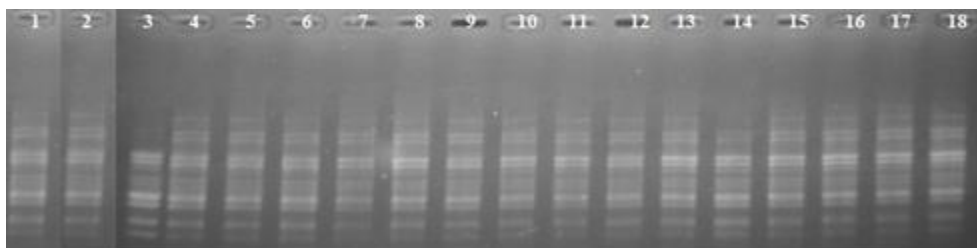


Figura 6– Padrão eletroforético de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) obtido pelo marcador molecular *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) (OPA-13); 1: ML1; 2: ML2; 3: ML3; 4: ML4; 5: ML5; 6: ML6; 7: MA1; 8: MA2; 9: MA3; 10: MA4; 11: MA5; 12: MA6; 13: JZ1; 14: JZ2; 15: JZ3; 16: JZ4; 17: JZ5; 18: JZ6. Mossoró/RN, 2014.

Da análise de RAPD foram gerados 143 fragmentos, com 25,4% de fragmentos polimórficos e 74,6% de fragmentos monomórficos (Tabela 6). O número de fragmentos produzido por iniciador variou entre cinco (OPAA-13 e OPD-02) a 11 (OPA-13), com uma média de 2,1 fragmentos polimórficos por iniciador. As análises moleculares com os marcadores RAPD utilizados foram suficientes para discriminar genótipos de umbu-cajazeira.

Tabela 6 – Iniciadores *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) selecionados para amplificação de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), com respectivas sequências, temperatura de anelamento (Tm), número total de fragmentos (NTF), número total de fragmentos polimórficos (NFP) e percentagem de polimorfismo (%). Mossoró/RN, 2014.

Nome do iniciador	Sequência*	Tm (°C)	NTF	NFP	%Polimorfismo
OPA-01	CAGGCCCTTC	40	10	5	50
OPA-09	GGGTAACGCC	40	9	2	22,22
OPA-13	CAGCACCCAC	40	11	1	9,09
OPA-18	AGGTGACCGT	40	9	3	33,33
OPAA-02	GAGACCAGAC	40	9	1	11,11
OPAA-03	TTAGCGCCCC	40	8	1	12,50
OPAA-04	AGGACTGCTC	40	8	2	25
OPAA-07	CTACGCTCAC	40	11	2	18,18
OPAA-08	TCCGCAGTAG	40	7	4	57,14
OPAA-09	AGATGGGCAG	40	10	2	20
OPAA-12	GGACCTCTTG	40	9	2	22,22
OPAA-13	GAGCGTCGCT	40	5	1	20
OPAA-14	AACGGGCCAA	40	7	3	42,86
OPAA-15	ACGGAAGCCC	40	10	2	20
OPD-02	GGACCCAACC	40	5	2	40
OPD-05	TGAGCGGACA	40	6	1	16,67
OPD-15	CATCCGTGCT	40	9	1	11,11
TOTAL		-	143	35	
MÉDIA		-	8,4	2,1	25,4

A baixa porcentagem de marcadores polimórficos evidencia a reduzida variabilidade genética encontrada entre os genótipos analisados. Tal resultado já era esperando, tendo em vista que a umbu-cajazeira propaga-se exclusivamente de forma assexuada.

Santos (2010), analisando acessos de umbu-cajazeira, obteve resultado semelhante aos deste trabalho, com baixo polimorfismo (44,1%), analisando 48 genótipos, com média de apenas três fragmentos polimórficos por iniciador. Moreira et al. (2007), analisando a diversidade genética entre umbuzeiros (*S. tuberosa* Arr.

Câm.), a partir de marcadores RAPD, detectaram baixa variabilidade, com média de um fragmento polimórfico por iniciador.

A partir do ponto de corte para dissimilaridade genética de 60% observou-se a formação de dois grupos dispostos em outros 4 subgrupos (Figura 7). O **Grupo I** foi composto pelo **subgrupo Ia**: JZ1, JZ2, JZ5, JZ6, JZ4, ML6 e JZ3, e o **subgrupo Ib**: ML3. O **Grupo II** foi formado pelos **subgrupos IIa**, composto pelos genótipos: ML1, ML4, ML5 e ML2, e pelo **subgrupo IIb**: MA1, MA3, MA5, MA6, MA4 e MA2.

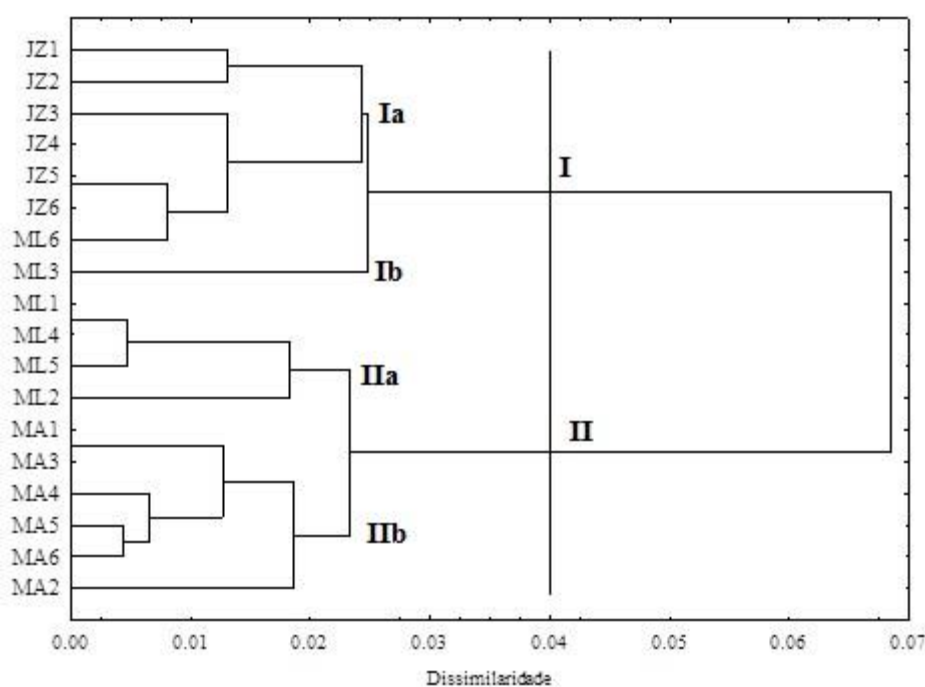


Figura 7– Análise de agrupamento de 18 genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), obtida pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) utilizando o complemento aritmético do índice de Jaccard como medida de dissimilaridade, a partir de 17 iniciadores *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD). Mossoró/RN, 2014. Valor cofenético: 0,91.

A partir da análise visual do dendrograma, nota-se que alguns genótipos apresentaram 100% de similaridade entre si, nos dois grupos formados, mesmo utilizando o complemento aritmético de Jaccard, recomendado para dados binários de populações bastante semelhantes, reforçando a hipótese levantada por Carvalho

et al. (2008), de que, devido à umbu-cajazeira ser propagada de forma assexuada (estaquia e enxertia), indivíduos de localidades próximas tendem a ser mais semelhantes entre si, como resultado da multiplicação de genótipos entre agricultores vizinhos. Como as plantas de umbu-cajazeira analisadas são de elevada longevidade, agricultores do local não puderam confirmar as pressuposições geradas pelas análises moleculares.

Mesmo estando localizados na mesma região geográfica, a maior dissimilaridade ocorreu entre os genótipos ML2 e ML3, sendo que de maneira geral o genótipo ML3 foi o mais divergente geneticamente entre todos os demais, constituindo um grupo à parte. Os resultados obtidos por meio da técnica RAPD sugerem resposta de menor variabilidade dentro das comunidades ou assentamento do que entre os mesmos (REIS; GRATTAPAGLIA, 2004). A distância geográfica entre os vários municípios é um fator favorável à formação de grupos entre os genótipos de umbu-cajazeira estudados.

Lima et al. (2011) encontraram similaridade genética de 68,8% entre 32 acessos de cajá estudados. Santos (2010), analisando acessos de umbu-cajazeira, encontrou similaridade média de 51%. A variabilidade genética, mesmo sendo pequena, pode ocorrer devido à ocorrência de reprodução assexuada ocasional ou mutações naturais, gerando novos genótipos. As análises moleculares com marcadores RAPD em *Spondias* são recentes.

Mediante a análise da correlação cofenética verificou-se uma associação de 91% entre a matriz de distâncias obtidas pelo coeficiente de Jaccard e a matriz cofenética (representada pelo dendrograma), indicando existir consistência entre os agrupamentos gerados. Um valor cofenético de 0,70, gerado pelo dendrograma no método UPGMA, pode ser considerado adequado em plantas perenes (AMORIM et al, 2009). Santos (2010) obteve valor cofenético de 0,80 em genótipos de umbu-cajazeira. Santos et al. (2008), analisando umbuzeiro por meio do marcador *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP), obtiveram uma correlação cofenética de 96%.

O grau de distorção foi de 4,85%, concordando com o valor para matriz cofenética, e o valor de estresse foi de 21,9%, considerado mediano, de acordo com

Kruskal (1964). Alves (2010), analisando variedades e progênies de mangueira (*Mangifera indica* L.) com marcadores SSR, obteve valores de distorção e estresse considerados bons (2,60% e 16,13%, respectivamente). A consistência das bifurcações geradas pela análise de reamostragem teve média de 67%, com a maioria das ligações entre genótipos acima de 50%.

3.2.3 Correlação entre as análises morfológicas e moleculares ISSR e RAPD

Pela análise da comparação dos agrupamentos gerados a partir das dissimilaridades genéticas pelo teste de Mantel, foi constatada significância entre os marcadores moleculares ISSR e RAPD ($r= 0,47$) e não significância para as características morfológicas (Tabela 7). Entretanto, devido à sua média magnitude, isso indica que devem ser consideradas como medidas complementares, não podendo uma técnica substituir a outra.

Tabela 7 – Correlação entre a divergência genética estimada por meio da caracterização genética entre as características morfológicas, os marcadores moleculares *Inter Simple Sequence Repeats* (ISSR) e *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) pelo teste de Mantel. Mossoró/RN, 2014.

	ISSR	RAPD	MORFOLÓGICA
ISSR		0.4745**	0.115ns
RAPD			0.193*
MORFOLÓGICA			

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Mantel, mediante 1000 permutações

Quanto ao polimorfismo ambos marcadores apresentaram baixa porcentagem, ISSR: 45% e RAPD: 25,4%. Contudo, a técnica ISSR apresentou maior polimorfismo comparado ao RAPD, confirmando sua superioridade (BORBA et al., 2005; GOULÃO; OLIVEIRA, 2001)

Em ambos os marcadores moleculares houve uma certa tendência de genótipos de um mesmo local se agruparem conjuntamente. A priori, a umbu-

cajazeira apresenta comportamento alógamo, dado ao fato de que a autofecundação é dificultada devido ao estigma estar acima de todos os estames (NADIA et al., 2007). Nota-se também a presença de flores masculinas e hermafroditas (andromonóica) (CRUZ et al., 2009). Com isso, espera-se que exista menor variabilidade dentro de regiões do que entre regiões.

Faleiro et al. (2001), analisando acessos de cacauieiro cacau (*Theobroma cacao* L.), concluíram que a quantidade e a reprodutibilidade dos fragmentos são os principais fatores que influenciam a associação entre os marcadores moleculares. Assim, a baixa magnitude de concordância entre as matrizes genéticas pode ter ocorrido pelo motivo anteriormente citado, tendo em vista que a comparação entre os conjuntos de dados foi de 64 e 35 fragmentos polimórficos de ISSR e RAPD, respectivamente. A amostragem de diferentes partes do genoma da umbu-cajazeira entre os marcadores moleculares pode influenciar as correlações encontradas entre as matrizes genéticas. Outros trabalhos na literatura comparam as informações geradas pelas associações entre diferentes marcadores (LINS, 2008; COLOMBO et al., 2000; DANTAS, 2011; MOULIN et al., 2012; SANDEGHI; CHEGHAMIRZA, 2012).

4 CONCLUSÕES

- A partir de uma análise geral baseada nas caracterizações físicas, químicas e físico-químicas dos 18 genótipos, pode-se inferir que os indivíduos JZ5, JZ6 e MA6 são recomendados para o processamento industrial de polpa e os genótipos JZ1, JZ2, JZ3 e JZ6 para o consumo in natura.
- A dissimilaridade genética gerada pelos marcadores moleculares e a dissimilaridade morfológica podem orientar a coleta de genótipos divergentes para formação de bancos de germoplasma para estudos de melhoramento genético de umbu-cajazeiras.
- Os marcadores moleculares ISSR e RAPD detectaram baixa variabilidade genética entre os genótipos de umbu-cajazeira analisados, indicando a necessidade da ampliação da base genética desta espécie nos locais de coleta dos acessos avaliados.
- O marcador ISSR gerou maior polimorfismo entre os genótipos. Entretanto, o marcador RAPD possibilitou um agrupamento mais consistente dos genótipos, concordando com a distribuição geográfica dos mesmos.
- Os marcadores moleculares ISSR e RAPD indicaram que a variabilidade interpopulacional é menor que a intrapopulacional.

5 REFERÊNCIAS

ALVES, E. O. dos S. **Diversidade genética de variedades e progênies de manga com base em marcadores moleculares e características físico-químicas**. 2010. 47f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010.

AMORIM, E. P.; LESSA, L. S.; LEDO, C. A. S.; AMORIM, V. B. de O.; REIS, R.V. dos; SANTOS-SEREJO, J. A. dos; SILVA, S. O. Caracterização agrônômica e molecular de genótipos diplóides melhorados de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p.154-161, 2009.

AYRES, M.; AYRES, JÚNIOR M.; AYRES D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0**: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Brasília, DF: Sociedade Civil Mamiraúá, Belém, CNPq. 2007. 290 p.

BORBA, R. DA S.; GARCIA, M. S.; KOVALLESKI, A.; OLIVEIRA, A. C.; ZIMMER, P. D.; BRANCO, J. S. C.; MALONE, G. Dissimilaridade genética de linhagens de *Trichogramma Westwood* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) através de marcadores moleculares ISSR. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 565-569, 2005.

BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1998. 453 p.

BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S. P. D. de; BARROS, R. V. Banco ativo de germoplasma de cajá no Estado da Paraíba. In: WOKSHOP PARA CURADORES DE BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS, 1997, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-Cenargen, 1999. p. 80-85.

BRASIL. Instrução Normativa Nº. 01 de 7 de janeiro de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 de 7 de janeiro de 2000.

BRASIL. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 de setembro de 2005.

BUSSAD, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. **Introdução à análise de agrupamentos**. São Paulo: ABE, 1990. 105 p.

CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. S.; LEDO, C. A. S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 140-147, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

COLOMBO, C.; SECOND, G.; CHARRIES, A. Genetic relatedness between cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and *M. flabellifolia* and *M. Peruviana* based on both RAPD and AFLP markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, p. 417-423, 2000.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 390 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, UFV, 2003. 579 p.

CRUZ, E. S. da; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. dos S. Avaliação do florescimento de acessos de umbu-cajazeira. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DO RECÔNCAVO DA BAHIA, 3.; SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PESQUISA DA UFRB, 3.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFRB, 3., 2009, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. 1 CD-ROM.

DANTAS, A. C. de A. **Caracterização morfológica e molecular de acessos de melão coletados no nordeste brasileiro**. 2011, 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

DÁVILA, J. A.; LOARCE, Y.; FERRER, E. Molecular characterization and genetic mapping of random amplified microsatellite polymorphism in barley. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 98, p. 265-273, 1999.

DOYLE, J. J. T.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, Rockville, v. 12, p. 13-15, 1990.

FALEIRO, F. G.; LOPES, U. V.; YAMADA, M. M.; PIRES, J. L.; BAHIA, R. C. S.; SANTOS, R. C.; GOMES, L. M. C.; ARAÚJO, I. S.; FALEIRO, A. S. G.; GRAMACHO, K. P.; MELO, G. R. P.; MONTEIRO, W. R.; VALE, R. R. Caracterização de variedades clonais de *Theobroma cacao* L. com base em marcadores RAPD, AFLP e microssatélites. **Agrotrópica**, v. 13, p. 79-86, 2001.

FARIAS NETO, J. T.; OLIVEIRA, M. S. P. de; MULLER, A. A.; NOGUEIRA, O.L.; ANAISSI, D. F. S. P. Variabilidade genética em progênies jovens de açaizeiro. **Cernes**, v. 11, p. 336-341, 2005.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1993, Cruz das Almas, **Anais...** Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1993. p.13-27.

GONDIM, P. J. S.; SILVA, S. de M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L.; CHAVES NETO, J. R.; SANTOS, L. F. dos. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1217-1221, 2013.

GOULÃO, L.; OLIVEIRA, C. M. Molecular characterization of cultivars of apple (*Malus x domestica* Borkh.) using microsatellite (SSR and ISSR) markers. **Euphytica**, v. 122, p. 81-89, 2001.

IBPGR - International Board for Plant Genetic Resources. **Tropical fruit descriptors**. Rome, 1980. 11 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo, SP: IAL, 2008. 1020p.

JACKIX, M. H., **Doces, geleias e frutas em calda**: teórico e prático. Campinas, SP: Ícone, 1988. 172 p.

KRUSKAL, J. B. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a no metric hypothesis. **Psychometrika**, Williamsburg, v. 29, p. 1-27, 1964.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, J. F. da; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. Potencialidade das espécies de *Spondias* no desenvolvimento da fruticultura brasileira. In: LEDERMAN, L. E.; LIRA JÚNIOR, J. S. de; SILVA JÚNIOR, J. F. da. ***Spondias* no Brasil**: umbu, cajá e espécies afins. Recife, PE: [s.n.], 2008, p.15-22.

LIMA, M. S. S. de. **Seleção e propagação de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) da região semiárida da Bahia**. 2012. 47 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

LIMA, A. T. B., SOUZA, V. A. B. de; GOMES, R. L. F.; LIMA, P. S. C. Molecular characterization of cajá (*Spondias mombin*) (Anacardiaceae) by RAPD markers. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p. 2893-2904, 2011.

LIMA, E. D. P. DE A.; LIMA, C. A. DE A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p.338-343, 2002.

LINS, A. B. **Distâncias genéticas estimadas com marcadores moleculares e associação com performance de híbridos de *Theobroma cacao* L.** 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2008.

LIRA JÚNIOR, J. S. de; MUSSER, R. dos S.; MELO, E. de A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. dos. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 757-761, 2005.

MOREIRA, P. A.; PIMENTA, M. A. S.; SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; Oliveira, D. A. Variabilidade genética de umbuzeiro na região Norte do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 279-281, 2007.

MORORÓ, R. C. **Como montar uma pequena fábrica de polpas de frutas.** 2. ed. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas, 2000. 84 p.

MOULIN, M. M.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; SUDRÉ, POMBO, C.; PEREIRA, M. G. A comparison of RAPD and ISSR markers reveals genetic diversity among sweet potato landraces (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 34, p. 139-147, 2012.

MOURA, E. F. **Divergência genética entre acessos de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*).** 2003. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

NADIA, T. de L.; MACHADO, I.C.; LOPES, V.A. Polinização de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae) e análise da partilha de polinizadores com *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), espécies frutíferas e endêmicas da caatinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, p. 89-100, 2007.

NEWTON, A.C., ALLNUTT, T.R., GILLIES, A.C.M., LOWE, A.J. & ENNOS, R.A. Molecular phylogeography, intraspecific variation and the conservation of tree species. **Trends in Ecology and Evolution**, n. 14, p. 140-145, 1999.

NORONHA, M. A. S. de; CARDOSO, E. de A.; DIAS, N. da S. Características químicas e físico-químicas de frutos de umbu-cajá (*Spondias* sp.) provenientes dos pólos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró (RN). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, V. S. G. de; FERREIRA, L. L.; PORTO, V. C. N. Agricultura familiar e agroecologia: um estudo no município de Apodi-RN. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, p. 01-07, 2013.

PESSONI, L. A. **Estratégias da diversidade em germoplasma de cajueiro (*Anacardium spp L.*)**. 2007. 159 f. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PINTO, W. S.; DANTAS, A. C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. S.; JESUS, S.C.; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1059-1066, 2003.

REDDY, M. P.; SARLA, N.; SIDDIG, E. A. Inter-simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. **Euphytica**, v. 129, p. 9-17, 2002.

REIS, A. M. M.; GRATTAPAGLIA, D. RAPD variation in a germplasm collection of *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae), an endangered tropical tree: recommendations for conservation. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, p. 529-538, 2004.

RUSSELL; J. R., FULLER, J. D., MACAULAY, M.; HATZ, B. G., JAHOR, A.; POWELL, W., WAUGH, R. Direct comparison of levels of genetic variation among barley accessions detected by RFLPs, AFLPs, SSRs and RAPDs. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 95, p. 714-722, 1997.

SACRAMENTO, C.K. do; MATOS, C.B.; SOUZA, C.N.; BARRETTO, W.S.; FARIA, J.C. Características físicas, físico-químicas e químicas de cajás oriundos de diversos municípios da região sul da Bahia. **Magistra**, v.19, p.283-289, 2007.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. Cajá (*Spondias mombin L.*). Jaboticabal, SP: Funep, 2000. Série Frutas Nativas, 4. 42p.

SADEGHI, A.; CHEGHAMIRZA, K. Efficiency of RAPD and ISSR marker systems for studying genetic diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivars. **Annals of Biological Research**, v. 3, p.3267-3273, 2012

SANT ANNA, M.; RUSSO, A. Uso Racional da Vitamina C (ácido ascórbico). Cebrim informa. 2013. Disponível em: <<http://www.cff.org.br/userfiles/file/cebrim/Cebrim%20Informa/Uso%20Racional%20da%20Vitamina%20C%2018-03-2013.pdf>>. Acesso em: 15 jan 2014.

SANTANA, I. B. B. **Divergência genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise multivariada utilizando marcadores morfoagronômicos e moleculares**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

SANTANA, I. B. B.; OLIVEIRA, E. J. de; SOARES FILHO, W.S.; RITZINGER, R.; AMORIM, E. P.; COSTA, M. A. P. C.; MOREIRA, R. F. C. Variabilidade

genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise de marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 868-876, 2011.

SANTOS, A. P. **Caracterização de frutos e enraizamento de estacas de umbu-cajazeiras. Cruz das Almas-Ba.** 2009. 54 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

SANTOS, C.A.F.; NASCIMENTO, C.E. de S.; ARAÚJO, F.P. de. Avaliação do umbuzeiro como porta-enxerto de algumas espécies do gênero *Spondias*. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA, 1999. 5 p.

SANTOS, C. A. F.; RODRIGUES, M. A.; ZUCCHI, M. I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, p.1037-1043, 2008.

SANTOS, C. B. dos; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. de O.; CONCEIÇÃO, M. do N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* x *S. mombin*) Provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1089-1097, 2010.

SANTOS, L. A. dos. **Caracterização de frutos e molecular de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp) no semiárido da Bahia.** 2010. 65 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

SILVA, C. J. D. **Caracterização genética de cajazeiras (*Spondias mombin* L.) (*Anacardiaceae*) por meio de marcadores moleculares.** 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, L. R. da. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE.** 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba-Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, p. 237-245. 1981.

SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CARNEIRO, J. G. DE M.; NASCIMENTO, F. N. do; SILVA, I. C. V.; COSTA, J. C. L. da. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 518-519, 2006.

SOUZA, F. X. de.; COSTA, J. T. A.; LIMA, R. N. de; CRISOSTOMO, J. R. Crescimento e desenvolvimento de clones de cajazeira cultivados na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 414-420, 2006.

STROHECKER, R., HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

VALLS, J. F. M. Caracterização de Recursos Genéticos Vegetais. In: NASS, L.L. (Org.). **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 281-305.

VAZ PATTO, M.C.; SATOVIC, Z.; PÊGO, S.; FEVEREIRO, P. Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germoplasm using microsatellite markers. **Euphytica**, v. 137, p. 63-72, 2004.

VIEIRA, A. R. **Propagação assexuada e qualidade de frutos de genótipos de umbu-cajazeira da mesorregião Centro-Sul do Ceará**. 2013. 155 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

YAMAMOTO, E. L. M.; LEMOS, M. DE S.; MANIÇOBA, F. E.; PINTO, K. N. C.; MAIA, A. K. DOS S.; HOLANDA, I. S. A.; ANTONIO, R. P. Otimização de protocolo para extração de DNA em umbu-cajazeira. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, 1., CONGRESSO NACIONAL DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, 2., SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, 4., Recife, PE. **Anais...** Recife, PE: [s.n.], 2013. 1 CD-ROM.

ZANINI, J. R.; PAVANI, J. R.; SILVA, J. A. da. Irrigação em citros. Jaboticabal, SP: Funep, 1998. Disponível em: <http://www.estacaoexperimental.com.br/documentos/BC_07.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A umbu-cajazeira é uma fruteira não-tradicional, com elevada produção de frutos nas condições ambientais mais adversas, como as do semiárido brasileiro, proporcionando ao mercado consumidor novas sensações por meio das características organolépticas de seus frutos. Entretanto, ainda são poucos os cultivos comerciais da espécie devido à falta de genótipos que possam ser recomendados para o plantio em cada região.

A carência de conhecimento do germoplasma dessa fruteira, aliada à inexistência de incentivo para plantio, constituem pontos favoráveis ao estreitamento da sua base genética, considerando que muitas regiões têm perdido a variabilidade entre plantas devido à devastação de áreas caracterizadas anteriormente pela intensa presença da espécie.

Torna-se necessária a adoção de ferramentas no sentido de incentivar o plantio de culturas como a umbu-cajazeira, buscando fazer a caracterização morfológica de frutos, para que futuramente estas plantas participem de programas de melhoramento genético a partir da constituição de coleções de germoplasma em assentamentos e comunidades rurais.

Os resultados alcançados por este trabalho permitem as seguintes conclusões:

1. É necessária a inserção de um maior número de indivíduos contrastantes para características morfológicas e genéticas no Banco Ativo de Germoplasma de Umbu-cajazeira da EMPARN, no município de Ipanguaçu-RN, de modo a aumentar a variabilidade existente no local para que futuramente o BAG possa servir como fonte de variação entre clones, permitindo ao melhorista fazer seleção entre os indivíduos mais promissores.
2. O clone Serra do Mel destacou-se como um dos mais promissores, por apresentar frutos com maior massa e baixa acidez, desejáveis para o consumo in natura, bem como apresentou alto rendimento de polpa e frutos de formato arredondado, atributos essenciais para o processamento de polpa.

3. O uso dos marcadores moleculares ISSR e RAPD permitiram detectar baixa variabilidade genética entre os 18 genótipos distribuídos entre o assentamento Moacir Lucena e as comunidades rurais Juazeiro II e Coqueiro, inferindo-se que a variabilidade entre as plantas destes locais é baixa. É necessária a realização de outras coletas de genótipos em outras regiões do Oeste Potiguar a fim de detectar maior variabilidade genética.
4. A caracterização morfológica entre os 18 genótipos permitiu concluir que a seleção pode ser feita entre os indivíduos mais contrastantes para características morfológicas de frutos. Destacam-se os genótipos JZ5, JZ6 e MA6 como os mais promissores quanto à produção de frutos voltados para o processamento de polpa, por apresentarem acidez dentro dos padrões estabelecidos para polpa de cajá, alto rendimento de polpa e frutos arredondados. JZ1, JZ2, JZ3 e JZ6 possuem atributos relevantes para a comercialização de frutos in natura, como maior tamanho e massa de frutos, baixa acidez e elevada relação sólidos solúveis/acidez titulável.