

ADRIANO DA SILVA ALMEIDA

**QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE TOTAL DE PEDÚNCULOS DE CAJUIZEIROS E
FRUTOS DE UMBUZEIROS NATIVOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ**

**Tese apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
parte das exigências para obtenção do
grau de Doutor em Agronomia:
Fitotecnia, Área de Concentração:
Agricultura Tropical, Linha de
pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e
Tecnologia Pós-Colheita.**

ORIENTADOR:

Prof. Dr. RICARDO ELESBÃO ALVES

MOSSORÓ-RN
2009

ADRIANO DA SILVA ALMEIDA

**QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE TOTAL DE PEDÚNCULOS DE CAJUIZEIROS E
FRUTOS DE UMBUZEIROS NATIVOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ**

**Tese apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
parte das exigências para obtenção do
grau de Doutor em Agronomia:
Fitotecnia, Área de Concentração:
Agricultura Tropical, Linha de
pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e
Tecnologia Pós-Colheita.**

APROVADA EM: 07/04/2009

Pesq. D.Sc. Ricardo Elesbão Alves - Embrapa Agroindústria Tropical / UFERSA
Orientador

Prof. D.Sc. Vander Mendonça - UFERSA
Conselheiro

Prof. D.Sc. Manoel Abílio de Queiroz - UNEB / UFERSA
Conselheiro

Pesq., D.Sc. Carlos Farley Herbster Moura - Embrapa Agroindústria Tropical
Conselheiro

Prof. D.Sc. Jorge Mancini Filho - FCF/USP
Conselheiro

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação
e catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da
UFERSA**

A447q Almeida, Adriano da Silva.
Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de pedúnculos de cajuzeiros e frutos de umbuzeiros nativos do semi-árido do Piauí. / Adriano da Silva Almeida. -- Mossoró: 2009.
186f.

Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
Orientador: Prof. D.Sc. Ricardo Elesbão Alves.

1.Recursos genéticos. 2.Fruteiras nativas.
3.Variabilidade genética. I.Título.

CDD:634.6

Bibliotecária: Marilene S. de Araújo
CRB/5 1033

Deus escolheu as coisas loucas do mundo para envergonhar os sábios e escolheu as coisas fracas do mundo para envergonhar as fortes; e Deus escolheu as coisas humildes do mundo e as desprezadas, e aquelas que não são, para reduzir a nada as que são; a fim de que ninguém se vanglorie na presença de Deus (1Co 1. 27-29).

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar direcionamento e entendimento em tudo que faço e por colocar pessoas especiais em minha vida.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido pelo aprendizado oferecido através dos seus professores que fazem o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.

À Universidade Estadual do Piauí – UESPI, na pessoa da Magnífica Reitora, Profa. Valéria Madeira por ter concedido a minha liberação.

À Embrapa Agroindústria Tropical pela concessão do uso de suas instalações, especialmente ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita na pessoa da laboratorista Márcia Régia.

Aos meus pais Francisco Nunes de Almeida e Maria Francisca da Silva Almeida por terem investido em minha vida e pelos ensinamentos que contribuíram para a formação do meu caráter.

Aos meus tios do coração Ana Parente e Claudio Carneiro por terem me acolhido com tanto amor e carinho durante o doutorado, mestrado, licenciatura e graduação.

Ao amigo e orientador, Dr. Ricardo Elesbão Alves, pelo incentivo, paciência, confiança, dedicação e amizade e acima de tudo orientação para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao amigo Dr. Levi de Moura Barros pelos bons momentos de conversa e ensinamentos e ao colega de curso e amigo Fernando Antônio Souza Aragão pela imensa ajuda nas análises estatísticas e presteza.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Manoel Abílio de Queiroz, Prof. Dr. Vander Mendonça e Prof. Dr. Jorge Mancini Filho, pela colaboração e sugestões.

Aos pesquisadores e amigos da Embrapa Agroindústria Tropical Ebenézer Silva, Heloísa Filgueiras, Socorro Bastos e José Luiz Mosca, pelo convívio e amizade.

A minha prima Fabíola Parente e sua linda família Hermes e Isabelle pelo apoio e acolhida em sua casa.

Aos colegas do laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical: Josefranci, Joze Fonteles, Suelane, Nara, Carol, Kellina, Sâmia, Luciana, Vlayrton, Marcela, Juliana e Marcelo pela ótima convivência e em especial a Denise Josino pela preciosa ajuda nas análises.

Aos colegas doutores Dijauma Honório, Socorro Rufino e ao Agrônomo da Emater de Picos Elvis Ramos pela valiosa ajuda na colheita e avaliação dos frutos.

À amiga e professora da UFERSA Dra. Elisângela Cabral dos Santos pelo apoio, amizade e incentivo e ao amigo e pesquisador da Embrapa Dr. Carlos Farley Herbster Moura pelo convívio, amizade e ajuda na realização deste trabalho.

Ao amigo e pesquisador da Embrapa Cruz das Almas, Márcio Eduardo Canto Pereira pela preciosa ajuda e presteza.

Aos colegas da pós-graduação Aline Ellen, Erica, Robson, Jailma, Marcos, Torres, Renato, Maria José e Gilcimar pela agradável convivência e amizade durante o curso.

À Socorro, funcionária da Pós-Graduação da UFERSA, pela preciosa ajuda e disponibilidade.

E a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA

ADRIANO DA SILVA ALMEIDA, filho de Francisco Nunes de Almeida e Maria Francisca da Silva Almeida, nascido no dia 06 de maio de 1972 em Floriano-Piauí. Formado em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará em 1997, durante o curso foi bolsista do PROLICEN-Programa de Licenciaturas, monitor da disciplina morfologia e anatomia vegetal pelo departamento de Biologia da UFC e estagiário da Embrapa Agroindústria Tropical. Em 1999 finaliza o curso de Licenciatura em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará. Em março de 2000 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia: Fitotecnia, da antiga Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, atualmente Universidade Federal Rural do Semi-árido-UFERSA, recebendo o título de mestre em fevereiro de 2002. Atualmente é Professor Assistente I da Universidade Estadual do Piauí – UESPI onde exerceu a função de coordenador de curso. Em março de 2006 ingressa no Doutorado em Fitotecnia da UFERSA.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	
1 INTRODUÇÃO GERAL	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 SEMI-ÁRIDO	21
2.2 FRUTEIRAS NATIVAS	24
2.2.1 Cajuzeiro.....	27
2.2.2 Umbuzeiro.....	29
2.3 RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS	34
2.3.1 Cajuzeiro.....	35
2.3.2 Umbuzeiro.....	38
2.4 QUALIDADE	40
2.4.1 Cor.....	40
2.4.2 Peso.....	42
2.4.3 Dimensões.....	43
2.4.4 Firmeza.....	46
2.4.5 Rendimento.....	47
2.4.6 Sólidos solúveis totais e Açúcares solúveis totais.....	48
2.4.7 Acidez total titulável e pH.....	51
2.4.8 Relação sólidos solúveis/Acidez.....	54
2.5 COMPOSTOS BIOATIVOS	55
2.5.1 Vitamina C.....	56
2.5.2 Carotenóides.....	58
2.5.3 Compostos fenólicos.....	59
2.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	62
REFERÊNCIAS	67

CAPÍTULO II - QUALIDADE DE PEDÚNCULOS DE GENÓTIPOS DE CAJUZEIRO (<i>Anacardium spp.</i>) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL.....	88
RESUMO	88
ABSTRACT	89
1 INTRODUÇÃO	90
2 MATERIAL E MÉTODOS	91
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4 CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS.....	106
CAPÍTULO III - COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE PEDÚNCULOS DE GENÓTIPOS DE CAJUZEIRO (<i>Anacardium spp.</i>) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL.....	112
RESUMO	112
ABSTRACT	113
1 INTRODUÇÃO	114
2 MATERIAL E MÉTODOS	116
3 RESULTADOS.....	120
4 DISCUSSÃO.....	127
5 CONCLUSÕES	131
REFERÊNCIAS	132
CAPÍTULO IV – QUALIDADE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL.....	138
RESUMO	138
ABSTRACT	139
1 INTRODUÇÃO	140

2 MATERIAL E MÉTODOS	141
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	143
4 CONCLUSÕES	158
REFERÊNCIAS	159

CAPÍTULO V – COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL.....

RESUMO	163
ABSTRACT.....	164
1 INTRODUÇÃO.....	165
2 MATERIAL E METODOS.....	167
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	171
4 CONCLUSÕES.....	180
REFERENCIAS	180
CONCLUSÕES GERAIS.....	186

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Acessos de cajueiros introduzidos no BAG-Cajueiro da Embrapa Agroindústria Tropical.....	37
--	----

CAPÍTULO II

Tabela 1. Coloração de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	94
Figura 1. Comprimento de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	95
Figura 2. Diâmetro basal de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	96
Figura 3. Diâmetro apical de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	97
Figura 4. Firmeza de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	98
Figura 5. Sólidos solúveis de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	99
Figura 6. Açúcares solúveis totais de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	101
Figura 7. Acidez total titulável de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	102
Figura 8. pH de pedúnculos de genótipos de cajueiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI.	

2006.....	104
Figura 9. Relação SST/ATT de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	105

CAPÍTULO III

Figura 1. Vitamina C de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	121
Figura 2. Flavonóides amarelos de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	122
Figura 3. Antocianinas totais de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	123
Figura 4. Carotenóides totais de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	124
Figura 5. Polifenóis extraíveis totais de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	125
Figura 6. Atividade antioxidante total pelo método ABTS de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	126
Figura 7. Atividade antioxidante total pelo método DPPH de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (<i>Anacardium</i> spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.....	127

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Médias das características físicas observadas nos doze genótipos de umbuzeiro.....	144
Figura 1. Sólidos solúveis totais de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias</i>	148

<i>tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	
Figura 2. Açúcar redutor de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	150
Figura 3. Açúcar total de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	151
Figura 4. Acidez total titulável de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	152
Figura 5. pH de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	153
Figura 6. Relação SST/ATT de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	155
Tabela 2. Correlações fenotípicas entre as características físicas avaliadas em 12 genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	156
Tabela 3. Estimativas da variância ambiental, variância genética, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação (R^2) e do número de medições necessárias para obtenção de um R^2 de 95 e 99%, nas características físicas avaliadas nos frutos de umbuzeiro.....	158

CAPÍTULO V

Figura 1. Vitamina C de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	171
---	-----

Figura 2. Carotenóides totais de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	173
Figura 3. Polifenóis extraíveis totais de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	175
Figura 4. Atividade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	177
Figura 5. Porcentagem da inibição da oxidação em extratos de frutos de genótipos de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam) provenientes da região de Picos-PI. 2007.....	178

RESUMO

ALMEIDA, Adriano da Silva. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de pedúnculos de cajuzeiros e frutos de umbuzeiros nativos do semi-árido do Piauí.** 2009. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade, os compostos bioativos e a atividade antioxidante total de pedúnculos de cajuzeiros e frutos de umbuzeiros de diferentes genótipos nativos da região semi-árida do Piauí. Foram colhidos manualmente pedúnculos de 14 genótipos de cajuzeiros no estágio de maturação fisiológica e frutos de 12 genótipos de umbuzeiros no estágio de maturação *de vez*. As análises constaram de: Peso, diâmetro, comprimento, firmeza, cor, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, relação SST/ATT, vitamina C, açúcares solúveis totais e redutores, carotenóides, flavonóides, polifenóis e atividade antioxidante total pelos métodos ABTS, ácido linoléico/ β -caroteno e DPPH. Em ambos tipos de frutos foram utilizados 25 repetições por planta para análise física e três repetições para as análises químicas. Os dados obtidos foram analisados através de estatística descritiva utilizando o programa Genes. A caracterização morfológica dos pedúnculos de genótipos de cajuzeiro demonstrou que há uma grande variabilidade genética para esta espécie na região Semi-Árida do Piauí. Os pedúnculos de cor amarela foram predominantes entre os demais, sendo que os genótipos 2, 3, 6, 9 e 11 apresentaram os melhores valores de sólidos solúveis, firmeza e açúcares totais, indicando um bom potencial para o mercado de mesa. O teor de vitamina C foi bastante elevado para a maioria dos pedúnculos dos genótipos avaliados, apresentando valores acima de 200 mg/100g. Observou-se também que existe uma relação direta entre os polifenóis e a atividade antioxidante total. Os pedúnculos dos genótipos 2 e 10 se destacaram entre os demais por apresentarem os melhores valores de vitamina C, polifenóis extraíveis totais e a atividade antioxidante total pelos dois métodos. Para o umbu, do ponto de vista dos recursos genéticos, os frutos mostraram pequena variabilidade genética quanto as características morfológicas, apresentando bastante uniformes quanto ao peso total,

comprimento e diâmetro, sendo um bom indicador para o processamento, associado a acidez elevada e ao rendimento acima de 85% encontrado na maioria dos genótipos. A atividade antioxidante nos frutos de umbuzeiro oscilou de 1,12 a 3,89 μM de Trolox/g de polpa fresca. A maior % de inibição de oxidação foi observada na concentração de 300 g/L, e os genótipos que mais se destacaram foram o 4, com 83,78%, 2, com 82,70% e 11 com 81,60% de inibição da oxidação.

Palavras-chave: recursos genéticos, fruteiras nativas, variabilidade genética.

ABSTRACT

ALMEIDA, Adriano da Silva. **Quality, bioactive compounds and total antioxidant activity of cajui apples and umbu tree fruit native from semi-arid region of Piauí State.** 2009. Dissertation (Doctorate in Agronomy: Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2009.

This study aimed to evaluate the quality, the bioactive compounds and the total antioxidant activity of cajui apples and umbu tree fruit of different genotypes from the native semi-arid region of Piauí. Physiologically mature cajui apples from 14 cajui tree plants and mature-green fruit from 12 umbu tree plants were manually picked. The analyses consisted of: weight, diameter, length, firmness, color, total soluble solids, total titratable acidity, pH, TSS/TTA ratio, vitamin C, total and reducing sugars, carotenoids, flavonoids, polyphenols and total antioxidant activity by ABTS methods, linoleic acid / β -carotene and DPPH. For both fruits 25 replicates were used per plant for physical analysis and three replicates for chemical analyses. The data were analyzed by descriptive statistics using the statistical package Genes. The characterization of cajui apples from cajui tree genotypes showed that there is a large genetic variability for this species in the semi-arid region of Piauí. The yellow cajui apples were predominant among the others, and the genotypes 2, 3, 6, 9 and 11 showed the highest values of soluble solids, firmness and total sugars, indicating a good potential for the fresh fruit market. Vitamin C content was very high for most of the assessed genotypes, showing values above 200 mg/100g. A direct relationship between polyphenols and total antioxidant activity was also observed. Cajui apples from genotypes 2 and 10 were distinguished among the others for having the best vitamin C contents, total extractable polyphenols and total antioxidant activity by both methods. As for umbu fruit, from the genetic resources point of view, fruit showed short genetic variability for morphological characteristics, being very uniform for total weight, length and diameter, a good indicator for processing, combined with high acidity and yield above 85% observed for most genotypes. The antioxidant activity for umbu tree fruit ranged from 1.12 to 3.89 μ M of Trolox/g of fresh pulp. The highest percentage of inhibition of oxidation was observed at concentrations of 300 g/L, and the most distinguished genotypes were 4, with 83.78%, 2, with 82.70%, and 11, with 81.60% inhibition of oxidation.

Keywords: genetic resources, native fruit crops, genetic variability.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas tropicais representada principalmente pelas culturas de banana, laranja, abacaxi, mamão e caju (IBGE, 2007). Destaca-se também em nível mundial como terceiro maior produtor de frutas diversas, precedido da China e da Índia, com base em estatísticas divulgadas pelo Orgão das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2008).

As possibilidades de exploração, de forma sustentável, dos recursos naturais e a ocupação dos recursos humanos nas múltiplas atividades da fruticultura, como produção de polpa, doces cristalizados, compotas, massas, sucos, licores, vinhos e outras iguarias, oportunizando a geração de renda e alimento, são viáveis. O problema é que uma grande parcela de produtores/catadores de frutas nativas ainda não entendeu a importância dessa atividade (LEAL et al., 2006).

A maior parte das espécies frutíferas que se encontram no Nordeste, tanto aquelas cultivadas de forma regular, a exemplo da gravioleira, goiabeira, ateira, aceroleira, cajueiro, mangueira e maracujazeiro, como outras exploradas normalmente de forma extrativista, dentre as quais se encontram o umbuzeiro, umbucajazeira, jenipapeiro, cajazeira, grumixameira, guabirobeira, jabuticabeira, cagaiteira, diversos araticuns, palmeiras e várias outras mirtáceas, apresentam grande escassez ou mesmo ausência de dados relativos à sua morfologia, produção, características fisiológicas e fenologia, importantes para a descrição e caracterização dos diversos genótipos existentes, dados estes que serviriam de base para a incorporação de muitas espécies frutíferas, particularmente estas últimas, aos sistemas produtivos comerciais, também

contribuindo, desta forma, para a conservação dos recursos genéticos (CARVALHO et al., 2001).

O Semi-Árido brasileiro, cenário geográfico onde ocorrem as secas, abrange os seguintes Estados do Brasil: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, além do Vale do Jequitinhonha, no Norte de Minas Gerais, e parte da região Norte do Espírito Santo. Trata-se de uma região onde o regime pluvial é irregular, com 400 a 800 mm anuais, seus solos são rasos, com ocorrência de vegetação do tipo Xerófila, resistente a longos períodos de estiagem (INSA, 2009).

As fruteiras nativas ocupam lugar de destaque nos diversos ecossistemas e de um modo geral seus frutos são comercializados no mercado regional com grande aceitação popular. Algumas dessas espécies, entre elas o cajuí e o umbu, oferecem frutos abundantes, nutritivos e suculentos, e desempenham um papel importante na nutrição do nordestino, principalmente como fonte de sais minerais e vitaminas. Além disso, algumas vezes, se tornam as únicas fontes alimentícias para os animais nativos (MENDES, 1997b; CAVALCANTI et al., 1999; AVIDOS e FERREIRA, 2000).

O consumo de frutas tem aumentado principalmente em decorrência do seu valor nutritivo. Estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedade antioxidante que pode estar relacionada com o retardo do envelhecimento e a prevenção de certas doenças (LIMA et al., 2002a).

Os antioxidantes dos frutos, entre os quais se incluem ácido ascórbico, tocoferóis, carotenóides e compostos fenólicos, variam amplamente em seus conteúdos e perfis entre os diversos frutos. Como resultado, a capacidade antioxidante de um fruto difere consideravelmente de outro (LEONG e SHUI, 2002) em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas) que apresentam, em termos quantitativos e qualitativos, composição variada desses constituintes que por sua vez a eficácia da ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO et al., 2008).

Na fruticultura comercial as espécies nativas constituem uma preciosa fonte de riqueza e de alimentos, pois algumas destas espécies oferecem frutos abundantes e nutritivos e suculentos, cor agradável, aroma e sabor exótico (AGUILLERA et al., 1992).

As espécies nativas representam uma fonte de recursos genéticos que podem ser economicamente exploradas através do conhecimento sobre o seu potencial de utilização, visando a geração de produtos e subprodutos destinados a mercados promissores.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos:

Avaliar a qualidade física, físico-química e química de diferentes pedúnculos de genótipos de cajuzeiros e frutos de umbuzeiros provenientes da região semi-árida do Piauí;

Avaliar a quantidade dos compostos bioativos e a atividade antioxidante total de diferentes pedúnculos de genótipos de cajuzeiros e frutos de umbuzeiros nativos da região semi-árida do Piauí, com vistas a enriquecer dados sobre potencial de utilização e variabilidade destas espécies.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SEMI-ÁRIDO

A geografia convencional divide o Nordeste brasileiro nas zonas litorânea, agreste e sertão. Estas duas últimas formam, essencialmente, a região semi-árida, abrangendo 70% da área do Nordeste e 13% do Brasil, e comportando 63% da população nordestina e 18% da população brasileira. Apesar da idéia da existência de uma região Nordeste castigada por repetidas secas, os estudos mais detalhados têm demonstrado que a região apresenta uma grande diversidade de quadros naturais e socioeconômicos. Com base na interação entre vegetação e o solo, a região pode ser dividida nas seguintes zonas: domínio da vegetação hiperxerófila (34,3%); domínio da vegetação hipoxerófila (43,2%); ilhas úmidas (9,0%); e, agreste e área de transição (13,4%) (SÁ et al., 2004).

A área classificada oficialmente como Semi-Árido brasileiro aumentou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km², sendo composta por 1133 municípios dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Norte de Minas Gerais, totalizando uma população de 20.858.264 milhões de pessoas, 44% destas residindo na zona rural. Do ponto de vista físico-climático, o semi-árido se caracteriza por médias térmicas elevadas (acima de 26°C) e duas estações bem distintas: uma seca na qual chove muito pouco, e uma úmida quando ocorrem precipitações irregulares que vão de um mínimo de 300 mm a um máximo de 800 mm (LINS e CARVALHO, 2005).

O Semi-Árido brasileiro é considerado a região árida mais habitada do mundo. A formação vegetal presente nessa região é a caatinga, bioma exclusivamente brasileiro. Fitogeograficamente, o bioma caatinga ocupa cerca de 11% do território

nacional, abrangendo os Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Minas Gerais (DRUMOND et al., 2008).

A vegetação da caatinga é constituída, especialmente, de espécies lenhosas de pequeno porte, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas. Não existe uma lista completa das espécies da caatinga, encontrada nas suas mais diferentes situações edafoclimáticas (agreste, sertão, cariri, seridó, carrasco, entre outros). Em trabalhos qualitativos e quantitativos sobre a flora e a vegetação da caatinga, foram registradas cerca de 932 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 328 endêmicas (GIULIETTI et al., 2002).

As fruteiras nativas ocupam lugar de destaque nos diversos ecossistemas e de um modo geral seus frutos são comercializados no mercado regional com grande aceitação popular. Algumas dessas espécies, entre elas o cajuí e o umbu, oferecem frutos abundantes, nutritivos e suculentos, e desempenham um papel importante na nutrição do nordestino, principalmente como fonte de sais minerais e vitaminas. Além disso, algumas vezes, se tornam as únicas fontes alimentícias para os animais nativos (MENDES, 1997b; CAVALCANTI et al., 1999; AVIDOS e FERREIRA, 2000).

Destacam-se como frutíferas, o umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), araticum (*Annona glabra* L., *A. coriacea* Mart., *A. spinescens* Mart), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez), jatobá (*Hymenaea* spp.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), murici (*Byrsonima* spp.) e o licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.), que são exploradas de forma extrativista pela população local (MENDES, 1997a).

Com relação ao extrativismo vegetal, as principais espécies utilizadas são: umbu, licuri e carnaúba (*Copernicia prunifera* Mart.). A comercialização dos frutos do umbuzeiro, coletados por famílias de pequenos produtores ou assalariados agrícolas, é uma atividade crescente em algumas regiões do Nordeste, exceto em Alagoas e Maranhão. Apesar de sua importância socioeconômica, os trabalhos de pesquisa e, principalmente, de conservação genética, são incipientes. (DRUMOND et al., 2008).

O Piauí, localizado no Nordeste do Brasil, é o Estado litorâneo com menor extensão de costa, apenas 66 km. Esse pequeno trecho, porém, é privilegiado. Na

fronteira com o Maranhão, a oeste, fica o delta do rio Parnaíba, o único em mar aberto das Américas, mas a maior parte do território piauiense está sob a ação do clima semi-árido. E Teresina, às margens do rio Parnaíba, é a única das capitais nordestinas que não está localizada à beira-mar. Isso se deve à colonização, que ao contrário do resto do Nordeste, o Estado foi ocupado do interior para o litoral. Em toda essa região predomina o clima semi-árido, com longos períodos de seca e vegetação de caatinga. Essas condições climáticas reforçam uma economia baseada na agricultura de subsistência, na criação extensiva de gado, feita em grandes latifúndios e no extrativismo de carnaúba e babaçu (PIAUÍ, 2009).

A área de domínio do Semi-Árido piauiense abrange 150.454,25 km², ocupando grande parte do setor central, leste e sudeste, fazendo fronteiras com o Ceará, Pernambuco e Bahia, correspondendo a 59,61% da área total do Estado e um total de 127 municípios, segundo a nova delimitação do semi-árido brasileiro (Portaria interministerial N°. 01 de 09 de março de 2005). O semi-árido que ocorre no leste e sudeste do Estado é caracterizado por uma curta estação chuvosa no verão, consequência da diminuição das precipitações da massa de ar Equatorial Continental, bem como no aumento da duração do período seco, no leste e sudeste do Estado. A estação chuvosa ocorre de dezembro a abril, sendo janeiro/fevereiro/março o trimestre mais chuvoso. Os meses de julho/agosto/setembro são os mais secos. A complexidade da área do semi-árido piauiense também é marcada pelos diferentes tipos de solos, embora, no geral, sejam rasos e com limitações ao uso agrícola (GOVERNO DO PIAUÍ, 2008).

Estas condições intrínsecas de solo e água servem de base para a sua classificação em zonas de: caatingas, seridó, carrasco e agreste. As estiagens prolongadas ocorrem ciclicamente, trazendo efeitos nocivos sobre a economia da região e acarretando com isto, custos sociais elevados. A economia do semi-árido, ainda que mais industrializada hoje do que há anos atrás, está baseada no setor

primário. Um complexo de pecuária extensiva e agricultura de baixo rendimento (INSA, 2009).

A irrigação está ligada ao setor da produção vegetal, sendo fundamental para as regiões áridas e sem-áridas, especialmente para o semi-árido nordestino, onde sem a implantação deste sistema a agricultura é praticamente impossível de ser executada e onde deve-se dar maior atenção às modificações ambientais e que o planejamento e a execução de sistemas de irrigação compatíveis com o meio ambiente constituem necessidade técnica e política para implantação dos mesmos, assim sendo, deve-se buscar sempre a adoção de medidas ambientais, tecnológicas, econômicas e sociais adequadas, examinando-as freqüentemente, uma vez que estas medidas podem ser restritivas do ponto de vista financeiro (COSTA, 2003).

2.2 FRUTEIRAS NATIVAS

O Brasil, devido às suas dimensões continentais, reúne uma imensa diversidade florística, que se encontra distribuída pelos mais diferentes ecossistemas. Dentre as categorias existentes, as espécies frutíferas destacam-se pelo elevado valor econômico, tanto no comércio de frutas frescas, como na produção de matérias-primas para a agroindústria. Além disso, muitas dessas frutas são importantes fontes de alimento e de sustento para as populações de baixa renda em várias partes do país (SILVA JÚNIOR et al., 1998).

As frutas de clima tropical representam um grande mercado potencial ainda pouco explorado pela agroindústria brasileira. No caso das frutas típicas da região Norte e Nordeste do Brasil, o seu consumo é restrito, praticamente, à região de produção, tendo pouca penetração junto aos mercados consumidores de maior poder aquisitivo das regiões Sul e Sudeste e não constando, em sua grande maioria, sequer

como item da pauta de exportações brasileiras. Isso representa um desperdício da aptidão produtiva natural da região cujo clima quente e com pequenas variações de temperatura ao longo do ano favorece o desenvolvimento e a produção de culturas de clima tropical (LIMA et al., 2003).

O Nordeste brasileiro apresenta condições climáticas favoráveis ao cultivo de diversas espécies frutíferas de clima tropical, o que é evidenciado pela expressiva diversidade de espécies nativas encontradas na região, ao lado de outras exóticas introduzidas de ecossistemas equivalentes e que se adaptaram bem, comportando-se de modo semelhante ao do material nativo, a exemplo da jaqueira, fruta-pão, sapotizeiro, mangueira, entre outras (CARVALHO et al., 2001).

A existência de um grande número de espécies frutíferas vegetando no Brasil, principalmente no Nordeste, sem as informações necessárias sobre o seu desenvolvimento vegetativo, início de produção, época de floração, incidência de pragas e doenças, além da descrição botânica, constitui uma lacuna importante que deve ser preenchida o mais rapidamente possível para que possam determinar o seu destino (ARRUDA e NOLASCO, 1986).

Carvalho et al., (2001) enfatizam que a exploração de fruteiras nativas no Nordeste do Brasil ocorre na maioria das vezes de forma extrativista, em razão da falta de conhecimento de quem as utiliza, pois muitos não têm noção do que são recursos genéticos e da importância da conservação de germoplasma. Muitas árvores são transformadas em lenha para atender a olarias, casas-de-farinha e padarias, causando a redução da biodiversidade, provocada pelo desmatamento de áreas com vegetação nativa. Neste contexto, além disso, a formação de pastagens é, sem dúvida, o principal fator responsável pela perda de recursos genéticos, tanto de origem vegetal como animal.

A coleta de germoplasma pode ser definida como o conjunto de atividades que visa à obtenção de unidades físicas vivas, que contenham a composição genética de um organismo, ou amostra de uma população de determinada espécie, com habilidade de

se reproduzir (WALTER et al., 2005). A conservação de germoplasma pode ser tanto *in situ* quanto *ex situ*, sendo o primeiro processo definido como a manutenção contínua de uma população em seu habitat natural e o segundo, na manutenção de espécies em habitats diferentes daqueles aos quais estão adaptadas (HOYT, 1992).

Recursos fitogenéticos podem ser entendidos como a variabilidade de plantas, integrantes da biodiversidade, de interesse sócio-econômico atual e potencial para utilização em programas de melhoramento genético, biotecnologia e outras ciências afins (VALOIS et al., 1996).

Muitas espécies frutíferas encontradas no Nordeste, notadamente aquelas exploradas de forma extrativista, dentre as quais o umbuzeiro, umbucajazeira, jenipapeiro, jaqueira, cajazeira, grumixameira, guabirobeira, jabuticabeira, cagaiteira, diversos araticuns, palmeiras e várias outras mirtáceas, apresentam grande escassez ou mesmo ausência de dados relativos à sua morfologia, produção, características fisiológicas e fenologia. Estas informações são importantes para a descrição e caracterização de genótipos de diversas fruteiras, permitem um melhor aproveitamento dos recursos vegetais disponíveis, possibilitando a incorporação de muitas espécies aos sistemas produtivos comerciais, também contribuindo, desta forma, para a conservação dos recursos genéticos (CARVALHO et al., 2001; LEAL, 2005).

Apesar de toda importância que reveste as fruteiras tropicais e do seu potencial econômico, muitos materiais que se encontram em estado selvagem ou não-domesticado, apresentam forte tendência ao desaparecimento, devido à exploração irracional dos ecossistemas em que ocorrem. Diante disso, algumas instituições de ensino e pesquisa do país têm envidado esforços no sentido de preservar, caracterizar, selecionar e multiplicar o germoplasma de fruteiras do Brasil, ainda muito limitado (SILVA JÚNIOR et al., 1998).

Os esforços para assegurar a conservação da biodiversidade e conseqüentemente dos recursos genéticos ainda são insuficientes, principalmente nos trópicos, que detêm cerca de dois terços do total de espécies e 95% da biodiversidade

da terra. O Brasil, com sua megadiversidade, está inserido nessa realidade, pois através de sua grande expansão populacional vem devastando os seus habitats naturais quase na mesma velocidade do resto do mundo (VIEIRA NETO, 2002).

2.2.1 Cajuzeiro (*Anacardium* spp.)

O cajuzeiro (*Anacardium* spp.) é uma espécie de Anacardiaceae nativa dispersa na Amazônia, no Nordeste, Goiás, Mato Grosso e Guianas e que habita na mata alta de terra firme ou de várzea, sendo raramente cultivada. No trabalho de Mitchel e Mori (1987), essa espécie foi agrupada, pela taxonomia numérica, como variabilidade da espécie cultivada, *A. occidentale* L. Essa modificação taxonômica foi avaliada por Cunha (2002), que após um estudo em que utilizou seqüências dos genes rDNA 18S na reconstrução filogenética do gênero e utilizando os métodos de máxima parcimônia e máxima verossimilhança concluiu que o identificado como *A. microcarpum* não é uma espécie e sim um ecotipo ou variedade botânica de *A. occidentale*.

Lima (1988) fazendo a descrição de 19 espécies de *Anacardium*, classificou como cajú as espécies *A. amilcarianum*, *A. corimbosum*, *A. giganteum*, *A. humile*, *A. microcarpum*, *A. nanum* e *A. pumilum*.

O termo cajú é atribuído, em geral, a castanhas pequenas do caju e para as espécies que ocorrem no cerrado que, igualmente, produzem castanhas e pedúnculos pequenos (PONTES e RIBEIRO, 2006). Porém, em relação à planta, o termo é utilizado e fixado para a espécie classificada pela taxonomia clássica como *Anacardium microcarpum*, de ocorrência no Baixo Amazonas, Planalto Central e Nordeste do Brasil (CORRÊA, 1926; DUCKE, 1939).

O cajuzeiro é uma árvore pequena (4 a 6 m de altura), parecida com indivíduos de menor tamanho de *A. occidentale*. As folhas, no entanto, são mais duras, com pecíolo mais aplainado e costa muito grossa. As inflorescências são menos

densas. As flores aparecem no começo do verão e os frutos no meio deste. A castanha é muito pequena, excedida em tamanho pelo pedúnculo e apresenta nomes comuns como cajuí e caju do campo (CORRÊA, 1926; DUCKE, 1939). A coloração dos pedúnculos de cajuí pode variar de amarelo-clara a vermelho-intensa, predominando a amarela (RUFINO, 2001, 2004).

A produção de cajuí ocorre no Piauí em sua maior parte em áreas com árvores não ordenadas tanto na pequena como na grande propriedade, cujos proprietários não despertaram ainda para a importância econômica da atividade frutícola (LEAL et al., 2006).

A forma de exploração é puramente extrativista, uma característica observada em várias espécies nativas com potencial de uso econômico de forma racional. O fato de a castanha não ser aceita pela grande indústria de beneficiamento tem feito com que não haja interesse no plantio, mesmo com o pedúnculo podendo ser aproveitado da mesma forma que o do tipo cultivado. Porém, a castanha tem sido aproveitada por pequenos beneficiadores que a comercializam tanto para o consumo direto como para a indústria de doces (RUFINO et al., 2007).

Como o cajuí é uma fruta nativa pouco conhecida, não há muitos trabalhos relatados na literatura científica a respeito do seu potencial de utilização e os poucos que têm ficam restritos a região onde predomina a cultura.

O cajuí pode ser consumido *in natura*, separando-se o suco da polpa. O suco é utilizado em refrescos e bebidas, e a polpa é usada para a fabricação de compotas e doces (ALMEIDA, 1998).

Leal et al. (2006) realizando estudos com fruteiras nativas, observaram que não existem plantios comerciais do cajuí na microrregião de Teresina. Rufino (2004), estudando a ocorrência do cajuí na vegetação litorânea do Piauí, onde o envolvimento das comunidades rurais para o aproveitamento do cajuí é maior, também relatou a inexistência de plantios comerciais. A maior fábrica de doces do Piauí, que é também a maior produtora de doce de pedúnculos de cajuzeiro na região, e mesmo fábricas

menores de beneficiadores, segundo informações de empresários do setor, ressentem-se da escassez da oferta da matéria-prima mesmo na época da safra (LEAL et al., 2006). Os mesmos autores perguntando aos produtores/catadores se havia interesse em produzir de forma racional algum tipo de fruta, a resposta foi quase unânime: 98% afirmaram que sim, mas dentre as fruteiras nativas estudadas, o cajuí foi a única espécie que não apareceu em nenhuma resposta na lista de preferência, devido ao pouco conhecimento que se tem do uso dessa fruta.

Rufino (2004) concluiu que apesar de desorganizada, existe uma cadeia produtiva associada ao extrativismo do cajuí nativo da vegetação litorânea do Piauí e que se utiliza da castanha e/ou da amêndoa para comercialização e o pedúnculo para consumo *in natura*, uso doméstico como tempero ou suco e para o processamento de doces (cajuí ameixa, em calda e massa).

O pedúnculo do cajuzeiro pode ser utilizado no processamento para a produção de suco e polpa e a castanha para produção de amêndoa salgada e torta de amêndoas. O pedúnculo também pode ser utilizado na produção de compota, doce tipo ameixa e sorvete caseiro (EMBRAPA CERRADOS, 2007).

Devido a grande variabilidade genética existente em pedúnculos de cajuzeiro (RUFINO, 2001), faz-se necessário selecionar aqueles que possam atender às exigências de consumo, principalmente pelos aspectos de qualidade serem naturalmente os mais importantes para determinar a aceitabilidade das frutas comercialmente.

2.2.2 Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)

O umbuzeiro é uma árvore endêmica do semi-árido brasileiro (PRADO e GIBBS, 1993). Pertencente a família Anacardiaceae, é uma árvore que atinge cerca de 5 m de altura, exibindo uma copa de até 15 m de diâmetro (SILVA et al., 1979).

Segundo Lorenzi (1992), a espécie distribui-se naturalmente nas regiões secas do Nordeste brasileiro, desde o Estado do Ceará até o norte de Minas Gerais.

Segundo Campbell (1996), no gênero *Spondias* existem oito a dez espécies de origem americana e asiática. Além do umbu, no Brasil ocorrem mais espécies desse gênero: cajá (*S. mombim* L), ciriguela (*S. purpurea* L), cajarana (*S. cytherea* Sonn), umbuguela (*S. sp*), umbu-cajá (*S. sp*) (PIRES, 1990).

A palavra imbu e a variação umbu têm origem no tupi-guarani “Y’ m’bu”, que significa “árvore que dá de beber”, em alusão à água contida nas túberas, que era consumida pelos índios que habitavam as caatingas. Também chamado de ombu, ambu e giqui. No idioma inglês, é conhecido por *brazilian-plum* (CORRÊA, 1978).

O umbuzeiro tem como descrição botânica: folhas alternas, pinadas compostas, 3 a 7 folíolos, membranáceas; inflorescência terminal paniculada, com flores alvas, actinomorfas, pentâmeras, 7,0-8,0 mm de diâmetro; ovário súpero, unilocular. estilete terminal com 5 ramos espessos; fruto drupa, globosa a elipsóide, de superfície lisa ou 4-5 pequenas protuberâncias na porção distal; semente envolvida por endocarpo lenhoso, muito resistente, porém dotado de orifícios que deixam penetrar água, e por onde (o maior deles) saem radícula e cotilédones, no processo germinativo; o sistema radicular do umbuzeiro é dotado de órgãos de reserva de água, amido, entre outras substâncias (ANDRADE - LIMA, 1989).

Segundo Nadia et al. (2007), o umbuzeiro apresenta dois tipos de flores, hermafroditas e masculinas, em um mesmo indivíduo, caracterizando o sistema sexual do tipo andromonóico. Essa Anacardiacea floresce quase sempre um pouco antes das primeiras chuvas quando ainda sem folhas, ou no início das chuvas quando já enfolhada. Como as chuvas na caatinga não iniciam na mesma época, a floração e a produção de frutos variam de local para local. Entretanto, de maneira geral, sua época predominante de floração é durante os meses de setembro-dezembro e os frutos amadurecem na planta predominantemente nos meses de janeiro-fevereiro (LORENZI, 2000).

O fruto do umbuzeiro apresenta, em média, 15 g de peso, distribuídos em epicarpo (12,8%), mesocarpo (76,8%) e endocarpo (10,4%) e, o tamanho do fruto pode variar de 2,85 a 4,96 cm de comprimento e 2,64 a 4,91 cm de largura (SILVA et al., 1987). O fruto contém até 14,5 mg de ácido ascórbico por 100 mL, além de minerais, como potássio, cálcio, magnésio e fibras solúveis e insolúveis. Por outro lado, a raiz tuberosa do umbuzeiro contém proteína, fibra bruta, extrato etéreo, tanino, amido, enxofre, fósforo, cálcio e magnésio (LIMA, 1996).

Esta planta apresenta maneiras peculiares de sobreviver à irregularidade das chuvas da região Semi-Árida. Segundo Cavalcanti et al. (2000a), a fenologia reprodutiva do umbuzeiro ocorre no período de julho a dezembro, quando a região encontra-se normalmente seca. Durante o período de estiagem vive da água e da seiva orgânica que armazenou em seus xilopódios (túberas) durante a época chuvosa. Mas, no início do período chuvoso, ele floresce e logo em seguida aparecem também as folhas e os frutos (SANTOS e OLIVEIRA, 2001).

Cavalcanti et al. (2008) observaram que em plantas de umbuzeiro irrigadas houve maior ocorrência da emissão do botão floral, sendo em média, 82% para plantas com irrigação e 36,5% para plantas sem irrigação e que em plantas irrigadas foram contados, em média, até 6 frutos aos cinco dias após a fecundação por panícula. Já nas plantas sem irrigação, este número foi, em média, de um fruto por panícula, concluindo que a ausência de precipitações nas diferentes fases fenológicas do umbuzeiro podem ser compensadas pela irrigação com ganhos significativos na produção de frutos.

Os xilopódios do umbuzeiro são estruturas intumescidas, de consistência esponjosa, arredondadas, de cor escura, constituído por tecido lacunoso, celulósico que tem a função de acumular água e nutrientes, principalmente mucilagem, glicose, tanino, amido, etc., que permitem sua sobrevivência nos períodos de seca que na região semi-árida do Nordeste que pode perdurar por 5 a 7 meses. Quando a planta absorve os nutrientes dos xilopódios, estes secam e sua casca e polpa são incorporadas ao solo como matéria orgânica (CAVALCANTI e RESENDE, 2006).

O Nordeste é a região de maior produção de umbu e segundo dados do IBGE (2007), em 1990, a produção brasileira era de 19.861 t e caiu para 8.891 t, em 2006. Em todos os anos, a Bahia aparece como o principal Estado produtor, seguindo-se Pernambuco. Outros Estados produtores são: Rio Grande do Norte e Minas Gerais com produção relativamente estável, Paraíba e Ceará com produção em queda, Piauí com aumento de produção.

Em muitas regiões, no período da colheita, o umbuzeiro tem se tornado a principal atividade econômica, chegando a produzir entre 28 e 32 mil frutos por planta, algo em torno de 350 quilos safra/ano. Os umbus são colhidos e vendidos em feiras livres e para as agroindústrias de beneficiamento de polpas. O umbuzeiro também dá aos sertanejos uma grande lição de convivência com o clima quente e seco, já que todos os anos ou chova ou faça sol o umbuzeiro produz frutos que alimentam animais nativos, animais domésticos, os seres humanos e constitui numa fonte de renda considerável para essa população (SANTOS e OLIVEIRA, 2001).

No estudo das propriedades termofísicas de frutos de umbuzeiro oriundos da cidade de Campina Grande, PB, Lima et al. (2003) sugerem que a viabilização da exploração economicamente eficiente do umbu em um prazo mais curto deve ocorrer através da industrialização da polpa em razão de que, nessa forma, diferente do que ocorre com a comercialização do fruto inteiro, podem-se dispensar os demorados e dispendiosos procedimentos de seleção, necessários à obtenção de frutos uniformes e com relação polpa/semente adequada.

Da mesma forma, Neves e Carvalho (2005) citam através do Manual de Tecnologia de Produção do Umbuzeiro que a maior importância econômica para o umbu está na sua industrialização sob a forma de polpa. Seu suco tem boa aceitação, o que propicia o surgimento de indústrias para o processamento e a conservação do produto destinado ao mercado interno e externo. Para isso, seria necessário o incentivo para o cultivo em escala comercial.

O crescente interesse dos consumidores por frutos tropicais, aliado ao número cada vez maior de pequenas indústrias de processamento de frutas para produção de polpa, poderá tornar os produtos derivados do umbuzeiro, um rentável negócio agrícola (ARAÚJO et al., 2000).

Mendes (1990) apresenta diversas formas de aproveitamento do umbu (suco, doce, umbuzada, licor, xarope, etc.), o que demonstra a grande capacidade que esta planta tem para contribuir com o desenvolvimento da região, de forma especial, com produtos de fabricação caseira.

Além dos frutos, os xilopódios são utilizados por pequenos agricultores para alimentação dos animais na seca e para produção de doce caseiro, principalmente no Estado de Pernambuco e sertões da Bahia. Nestes Estados, alguns autores consideram que a extinção dessa espécie é devido a retirada dos xilopódios pelos agricultores (GOMES, 1989; MATTOS, 1990; EPSTEIN, 1998). Por outro lado, Mattos (1990) afirma que a retirada de parte dos xilopódios do imbuzeiro, anualmente, pode facilitar o crescimento de novos xilopódios e garantir assim, a sobrevivência da planta.

Cavalcanti et al. (2004), trabalhando com emergência de plantas de umbuzeiro em Petrolina, PE para a obtenção de xilopódios de umbuzeiro para a produção de pickles, observaram que as plantas atingem comprimento, diâmetro e peso adequados para o processamento deste produto aos 120 dias de crescimento da planta e os mesmos autores afirmam que nesta idade, o pickles de xilopódio apresentou uma boa aceitação nas avaliações sensoriais, podendo ser mais uma alternativa para o aproveitamento pela agroindústria processadora deste tipo de produto.

2.3 RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

Os recursos genéticos são definidos como a fração da biodiversidade que tem previsão de uso atual ou potencial. Assim, compreendem as variedades tradicionais (ainda existentes em áreas menos influenciadas pelas variedades exóticas), variedades melhoradas, linhas avançadas e espécies nativas (aí incluídas os parentes selvagens de espécies cultivadas). Neste último grupo, verifica-se que no Nordeste do Brasil, destacam-se as espécies perenes de uso múltiplo e as fruteiras nativas, tendo estas, dois centros de diversidade na região, localizados na Caatinga e na Mata Atlântica (GIACOMETTI, 1993).

O extrativismo vegetal se constitui em importante alternativa de emprego e renda na medida em que a demanda por frutas nativas expande-se tanto em nível nacional como internacional (LEAL et al., 2006). Coleta, uso e conservação dos recursos naturais pelas populações tradicionais extrativistas implicam em diferentes formas e intensidade de relações com outros atores e, cada vez mais, com o mercado (MOTA et al., 2007).

Shanley et al. (2002) afirmam que a dificuldade de acesso ao mercado, a baixa densidade dos recursos em muitos casos, a frutificação imprevisível, a perecibilidade dos produtos, dentre outros aspectos indicados, colocam as populações extrativistas em desvantagem quando comparadas a outros grupos que têm possibilidade de regularidade da oferta e de controle da qualidade do produto (cor, tamanho e sabor) no momento da venda. Essa exigência de qualidade (mesmo que concentrada apenas na aparência) tende a se generalizar, mas ainda não vigora nos dinâmicos mercados regionais nordestino e amazônico de frutas nativas no qual a diversidade dos frutos e a irregularidade da oferta no decorrer do ano são considerados quase que natural.

As perdas de variabilidade genética, causadas pela atividade humana, são expressivas e se devem, principalmente, à destruição de habitats naturais de populações

de plantas. Esse fato destaca a importância da pesquisa e dos procedimentos voltados à conservação de recursos genéticos no ecossistema tropical (PAIVA et al., 2003).

2.3.1 Cajueiro

As espécies de gênero *Anacardium* são tipicamente tropicais, sendo encontradas na Amazônia (florestas úmidas, matas de galeria e cerrado), planalto central (cerrado) e Nordeste (cerrado) do Brasil, embora *A. humile* possa ser encontrada até o sul do Trópico de Capricórnio, no Estado do Paraná e Nordeste do Paraguai (MITCHELL e MORI, 1987). O cajueiro (*Anacardium occidentale* L) é a única espécie cultivada e a de maior dispersão, sendo encontrada em todo o mundo tropical, principalmente nas zonas costeiras. O agente inicial desta dispersão foi os portugueses, após o descobrimento do Brasil, seguindo-se os espanhóis que passaram no país no início da colonização (JOHNSON, 1973).

De acordo com Kerr (1993) há várias espécies de cajuí (*Anacardium* spp.) no Norte, especialmente no Acre, Amazonas e Roraima, com pedúnculos vermelhos, grandes (7 a 10 cm), cheiro agradável, porém diferentes do caju.

O primeiro Banco Ativo de Germoplasma de Cajueiro (BAG-Cajueiro) foi instalado na Estação Experimental de Pacajus, CE, em 1956, pertencente ao então Ministério da Agricultura, depois à EPACE e hoje pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical. O melhoramento genético do cajueiro tem seu marco histórico quando da introdução de plantas do cajueiro anão precoce naquela estação, originadas de uma população natural do Município de Maranguape, CE (PAIVA et al., 2003).

Os primeiros acessos do gênero *Anacardium* foram introduzidos no BAG-Cajueiro no ano de 1956 e, até o ano de 2002, a coleção de germoplasma de caju constava de 621 acessos, sendo 565 da espécie cultivada *Anacardium occidentale* L. e 56 de outras espécies do gênero, originados da Região dos Cerrados, estando identificados como *A. microcarpum* Ducke, *A. othonianum* Rizz, *A. humile* e

Anacardium spp. A coleção apresenta a maioria dos acessos oriundos do estado do Ceará com cerca de 70%, o que de certa forma merece atenção para, futuramente, não comprometer a representatividade do germoplasma conservado (PAIVA et al. 2003). Segundo os mesmos autores, o cajuí (*Anacardium* spp.) foi introduzido no BAG-Cajueiro no ano de 1964 e atualmente consta de 55 acessos (Tabela 1) e a partir do ano de 1999 iniciaram-se os trabalhos com retrocruzamentos de *A. occidentale* com *A. microcarpum* (CRISÓSTOMO et al., 2002).

Tabela 1 - Acessos de cajuzeiros introduzidos no BAG-Cajueiro da Embrapa Agroindústria Tropical

Ano de introdução	Origem	Espécie	Nº de acessos	Nº de plantas	Sistemas de propagação
1964	Região NE	Espécie não cultivada – cajuí vermelho <i>Anacardium microcarpum</i>	1	31	Sexuada
1964	Região NE	Espécie não cultivada – cajuí vermelho <i>Anacardium microcarpum</i>	1	18	Vegetativa
-	Região NE	Espécie não cultivada – cajuí vermelho <i>Anacardium microcarpum</i>	1	9	Sexuada
1975	Roraima	<i>Anacardium</i> sp.	18	47	Sexuada
1985	Roraima	<i>Anacardium</i> sp.	1	10	Sexuada
1977	Camocim, CE	<i>Anacardium</i> sp.	1	5	Sexuada
1985	Piauí e Ceará	<i>Anacardium</i> sp.	3	23	Sexuada
-	Desconhecida	<i>Anacardium</i> sp.	1	5	Sexuada
1984	Goiás – GO	<i>Anacardium othonianum</i>	1	1	Sexuada
1985	Goiás – GO	<i>Anacardium othonianum</i>	18	96	Sexuada
-	Desconhecida	<i>Anacardium othonianum</i>	1	15	Sexuada
1985	Goiás – GO	<i>Anacardium othonianum</i>	8	45	Sexuada
Total			55	305	

Adaptado por Paiva et al. (2003).

2.3.2 Umbuzeiro

O umbuzeiro é uma planta típica do sertão e do agreste, e tem sua origem no Brasil, precisamente na região Semi-Árida nordestina. Cresce espontaneamente nas regiões do Cariri paraibano, no planalto, sobre a Serra da Borborema, nas Serras do Seridó norte-rio-grandense, no Agreste piauiense, no norte do Estado de Minas Gerais e nas caatingas, baiana, alagoana e pernambucana, onde ocorre a maior concentração dessa planta (MENDES, 1990; LORENZI, 1992).

De acordo com Giacometti (1993), o centro de diversidade e domesticação da espécie *Spondias tuberosa* é o 6: Centro Nordeste / Caatinga, devido a ocorrência natural de elevado número de plantas. Este centro inclui a caatinga dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e a Chapada Diamantina na Bahia, tendo como coordenada os paralelos 2°S e 14°S e os meridianos 37° a 42° W.

É notória a importância sócio-econômica desta cultura para as populações rurais da região semi-árida do Nordeste, tanto pelo fornecimento de frutos saborosos e nutritivos, túberas radiculares doces e ricas em água, quanto pelas folhas verdes, como alternativa de alimentos para os animais, principalmente, os caprinos e ovinos (MENDES, 1990; CAVALCANTI et al. 1999). O crescente interesse dos consumidores por frutos tropicais, aliado ao número cada vez maior de pequenas indústrias de processamento de frutas para produção de polpa, poderá tornar os produtos derivados do umbuzeiro, um rentável negócio agrícola (ARAÚJO et al., 2000).

Queiroz et al. (1993) identificaram quatro causas que contribuem para o desaparecimento da vegetação nativa no trópico semi-árido: 1) formação de pastagens; 2) implantação de projetos de irrigação; 3) uso na produção de energia para atividades diversas como padarias, olarias e calcinadoras, e 4) queimadas. Outro fator de pressão é a pecuária extensiva praticada na região, que tem dificultado a substituição natural

das plantas velhas por novas plantas do umbuzeiro. Estas causas, em conjunto ou isoladamente, têm contribuído não só para a diminuição da coleta do umbu, como também para o desaparecimento da variabilidade genética da espécie (SANTOS et al., 1999a).

Considerando o grau de risco de extinção de espécies silvestres, Morales e Valois (1994), citam o umbuzeiro como uma espécie vulnerável com forte tendência ao risco de extinção, se os fatores causais continuarem em operação.

Santos et al. (1999b), visando à preservação de parte da variabilidade genética e ao melhoramento do umbuzeiro, formaram um Banco Ativo de Germoplasma do Umbuzeiro (BAG-Umbuzeiro) localizado na Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, com indivíduos de ocorrência rara e de interesse para a exploração racional do umbuzeiro. Eles identificaram seis árvores com peso do fruto acima de 75 g, normalmente os frutos não alcançam 30 g.

A presença de plantas de potencial produtivo superior na macrorregião sertaneja representa um desafio para a pesquisa no sentido de preservar genótipos que ocorrem naturalmente e não permitir a extinção do único banco natural de germoplasma existente no mundo dessa frutífera de indiscutível valor comercial. A Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e a Embrapa Semi-Árido são as que detêm em suas coleções os maiores números de acessos de umbu. Aposta-se na possibilidade de que, num futuro próximo, se eleve essa espécie ao cenário de uma fruticultura produtiva (NEVES e CARVALHO, 2005).

Ao caracterizar os frutos do umbuzeiro, Silva et al. (1987) constataram variação fenotípica para os caracteres estudados, sugerindo existência de alta variabilidade genética dentro da espécie. Do mesmo modo, Lima et al. (1996) relataram variações fenotípicas superiores a 20% para quase todos os caracteres: peso do fruto, da polpa, da casca, da semente e relação SST/ATT, entre plantas da espécie do sertão alagoano. Souza (2000), estudando a variabilidade genética e sistema de cruzamento em populações naturais de umbuzeiro concluiu que as populações de

umbuzeiro possuem alta variabilidade genética e a maior proporção desta variabilidade está contida dentro das populações, indicando que a seleção de plantas nas populações naturais é um método adequado em programas de melhoramento (SOUZA, 2000).

2.4 QUALIDADE

A qualidade pode ser definida como o conjunto de características que irão influenciar na aceitabilidade de um alimento. Os fatores de qualidade detectados pelos órgãos do sentido podem ser divididos em três categorias: aparência, textura e sabor. Os fatores relacionados com a aparência incluem a cor, o brilho, o tamanho, a forma, a integridade, a consistência e os defeitos. Os fatores de textura incluem aqueles ligados ao tato (dureza, maciez e suculência) e aos sentidos pela boca (fibrosidade, pegajocidade, arenosidade, farináceo, entre outros). Os fatores de qualidade ligados ao sabor estão relacionados com os gostos básicos (doce, ácido, salgado e amargo), com o aroma (ácido, fragrante, rançoso, adocicado, verde) e com o sabor residual (amargo, seco, adstringente) (GAVA, 1984; ROMOJARO e RIQUELME, 1994).

As características físicas e químicas dos frutos são essenciais para a aceitação por parte dos consumidores e também para a sua inserção em mercados mais exigentes e promissores, principalmente quando se trata de frutas nativas que requerem mais estudos sobre o seu potencial de utilização.

2.4.1 Cor

A coloração é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor. Varia intensamente com as espécies e mesmo entre cultivares. Os produtos de cor forte e brilhante são os preferidos, embora a cor, na maioria dos casos, não contribua para um

aumento efetivo do valor nutritivo ou da qualidade comestível do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Falade (1981), trabalhando com uma população heterogênea de plantas de cajueiro na Nigéria, relatou uma grande heterogeneidade durante a época de frutificação. Em dois lotes estudados, as árvores com pedúnculos amarelos foram dominantes em 54,5 e 71% da população total das árvores dos lotes 1 e 2, respectivamente. Quando foram observados as variáveis cor e formato, simultaneamente, os pedúnculos amarelos e arredondados foram dominantes (38,2 %) no lote 1 e os alongados e amarelos (31,2 %) no lote 2.

Trabalhando com vários tipos de caju na Índia, Kundu e Ghosh (1994) observaram que 9,7% dos pedúnculos eram vermelhos, 51,6% amarelos e 38,7% foram considerados intermediários, ou seja, com misturas de vermelho e amarelo em vários graus.

A avaliação de cores feita por Pinto et al. (1997), para identificar pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce com coloração próxima do vermelho, teve como referência o clone 'CCP 76' de coloração alaranjado escuro, atualmente o mais cultivado para consumo fresco, sendo observado que de todos os clones estudados, com exceção do 'CCP 09', exibiram no mínimo a cor do 'CCP 76'.

Há muitas combinações diferentes de cor em pedúnculos de cajueiro e cajuzeiro. Além dos pedúnculos vermelhos e amarelos, há muitas gradações entre estas cores. Wait e Jamieson (1986) relatam que a cor dos mesmos varia do amarelo claro ao vermelho claro. Já Paiva et al. (1998) relacionam cores variando desde o amarelo canário ao vermelho vinho.

Abreu (2007), trabalhando com 10 clones comerciais de cajueiro anão precoce, observou que 60 % dos pedúnculos dos clones de cajueiro apresentaram a coloração da película variando da tonalidade laranja à tonalidade avermelhada, coloração essa mais apreciada pelo consumidor.

Rufino (2001), trabalhando com 30 genótipos de cajuzeiros oriundos de diferentes localidades da região Meio-Norte, encontrou cerca de 47 % dos pedúnculos com coloração amarela, sendo que os demais apresentaram coloração variando do amarelo-alaranjado ao vermelho intenso.

Em outro trabalho com cajuzeiros oriundos do litoral piauiense, Rufino (2004) observou que as cores dos pedúnculos dos cajuis variaram do amarelo claro ao vermelho claro, sendo que a predominância de coloração dos pedúnculos foi de cajuis amarelos.

2.4.2 Peso

Um dos atributos de qualidade para a comercialização de frutos é o menor peso de sementes por fruto. Esta variável influencia diretamente o percentual de rendimento, também considerado um atributo de qualidade, especialmente para os frutos destinados à elaboração de produtos, cujo valor mínimo exigido pelas indústrias processadoras é de 40% (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Segundo Silva et al. (1990), o fruto do umbuzeiro apresenta em média um peso de 15 gramas, distribuído em epicarpo (12,8%), mesocarpo (76,40%) e endocarpo (10,40%). E de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o peso se correlaciona bem com o tamanho do produto e constitui uma característica varietal. Ao atingirem o pleno desenvolvimento, as frutas devem apresentar peso variável dentro dos limites típicos da cultivar, os quais são bastante flexíveis.

Silva et al. (1987), caracterizando frutos de umbuzeiro em diferentes árvores oriundas do Campo Experimental da Embrapa Semi-Árido, localizado em Petrolina, PE, encontraram valores variando de 13 a 22 g de peso total médio do fruto por árvore. Valores aproximados foram encontrados por Mendes (1990) que realizando estudo sobre o umbuzeiro encontrou valores entre 10 e 20 g.

Narain et al. (1992) estudando as características física e química do umbu durante a maturação, encontraram pesos de 10,95 g para frutos verdes; 19,02 g para frutos *de vez* ou inchados; e 16,19 g para frutos maduros.

Santos et al. (1999a), avaliando o Banco de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU), localizado na Embrapa Semi-Árido em Petrolina-PE, consideraram os frutos dos acessos de umbuzeiro 44, 48, 50 e 68, como umbu gigante em virtude dos mesmos pesarem em média 86,7, 75,3, 85,0 e 96,7 g, respectivamente.

A avaliação das características físico-químicas de frutos de umbuzeiro azedo e doce em quatro estádios de maturação, oriundos da Paraíba, revelaram que o peso do fruto está relacionado linearmente com o seu grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento, exceto quando o fruto se encontra em um estágio avançado de maturação (COSTA et al., 2004). Os mesmos autores observaram que os pesos dos frutos foram: verde de 11,51 g, *de vez* de 15,64 g e maduros de 16,31 g.

Dias et al. (2007), avaliando as características físicas de umbus maduros provenientes do Estado da Paraíba, observaram que os pesos variaram entre 16,56 a 25,95 g.

Amaral et al. (2007), ao caracterizar biometricamente frutos de dez plantas de umbuzeiro provenientes da cidade de Japonvar, Norte de Minas Gerais, encontraram uma variação no peso dos frutos entre 10,14 e 50,7 g, com média de 27,09 g.

Dantas Júnior (2008) avaliando frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes do BAG da Embrapa Semi-Árido, localizada em Petrolina, PE, encontrou variação de peso de 9,37 a 62,98 g, demonstrando grande amplitude para esta característica.

2.4.3 Dimensões

As características de tamanho e peso são os principais atributos utilizados para diferenciar o caju do cajuí, sendo o último, de um modo geral, relativamente menor e

mais leve (RUFINO, 2004). Na literatura científica são poucos os trabalhos relacionados com o cajuí e neste trabalho algumas citações estarão sendo comparadas com o caju, principalmente pela proximidade genética e o cajuzeiro ser uma variedade botânica do cajueiro, de acordo com Mitchell e Mori (1987) e Cunha (2002).

A forma do pedúnculo do cajueiro, segundo Johnson (1973), pode variar de esférica a cilíndrica. Em trabalhos com seleção de clones de cajueiro anão para cultivo irrigado, foram relacionados diversos formatos desde piriforme, cilíndrico a fusiforme e alongado (MOURA, 1998).

Falade (1981) relata que a população de plantas de cajueiro na Nigéria é heterogênea, devido ao material de plantio ser não selecionado. A heterogeneidade é percebida durante a época de frutificação, quando várias formas são encontradas. Avaliando o formato do pedúnculo em dois lotes de plantas, o autor observou que pedúnculos redondos foram dominantes no lote 1 (72,7 %) e pedúnculos alongados (57 %) no lote 2.

Silva Júnior e Paiva (1994), em trabalho realizado com o objetivo de caracterizar caju oriundos de quatro clones de cajueiro anão precoce, relatam que os aspectos físicos apresentaram certa heterogeneidade, especialmente em relação ao comprimento do pedúnculo.

Ortiz e Arguello (1985), avaliando características físicas de pedúnculos de cajueiro na Costa Rica, observaram que na variedade 'Trinidad', o diâmetro apical teve uma diferença considerável entre os pedúnculos vermelhos (40,6 mm) e os amarelos (31,6 mm). Com relação ao diâmetro basal a maior diferença foi observada na variedade "Local", com os pedúnculos vermelhos apresentando 35,2 mm e os amarelos 40,9 mm. De modo geral, o pedúnculo da variedade 'Trinidad' apresentou dimensão consideravelmente maior do que a variedade "Local". Paiva et al. (1998) relatam que os pedúnculos de cajueiro podem variar de 30 até 200 mm de comprimento e de 30 até 120 mm de largura.

Em um dos poucos estudos disponíveis sobre caracterização de pedúnculos de cajuzeiros oriundos da Região Meio-Norte, Rufino et al. (2002) encontraram para diâmetro basal e apical e comprimento, uma média de 30,21, 22,73 e 29,33 mm, respectivamente.

Rufino (2004) avaliando a qualidade e potencial de utilização de cajuís da vegetação litorânea do Piauí, encontrou diâmetro basal de 39,84, 38,47, 37,92 e 37,53 mm para as matrizes 10, 1, 14 e 9, respectivamente. Com relação ao diâmetro apical as matrizes 10 (32,86 mm), 15 (31,76 mm), 14 (31,57 mm) e 1 (30,93 mm) apresentaram resultados superiores aos da testemunha (26,37 mm).

Com relação às dimensões para os frutos de umbuzeiro, Costa et al. (2001), trabalhando com frutos de umbuzeiro em diferentes estádios de maturação provenientes da Paraíba, verificaram variação de 31,7 a 33,1 mm de comprimento e de 24,9 a 28,9 mm para o diâmetro dos frutos.

Costa et al. (2004), avaliando as características físico-químicas de frutos de umbuzeiro dos tipos azedo e doce em quatro estádios de maturação, oriundos da Paraíba, observaram que o diâmetro transversal variou de maneira semelhante em função do tipo de fruto e linearmente em função do seu estágio de maturação. Os frutos doces revelaram diâmetro transversal (28,0 mm) maior quando comparados aos frutos azedos. O diâmetro transversal dos frutos maduros (28,9 mm) e *de vez* (28,2 mm) alcançaram maiores valores quando comparados aos frutos em maturação avançada (26,3 mm) e verdes (24,9 mm).

Dias et al. (2007), avaliando as características físicas de umbus maduros provenientes do Estado da Paraíba, observaram variações de diâmetro entre 29,5 a 35,8 mm e comprimento entre 30,0 a 34,6 mm.

Ao caracterizar biometricamente frutos de dez plantas de umbuzeiro provenientes da cidade de Japonvar, Norte de Minas Gerais, Amaral et al. (2007) relataram que o comprimento, a largura e a espessura relacionaram positivamente com

a polpa. Os frutos de umbuzeiro oscilaram entre 20,5 e 55,7 mm de comprimento, 17,7 e 48,6 mm em largura e 16,6 e 41,2 mm em espessura.

Dantas Júnior (2008), avaliando frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes do Banco de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU), localizado na Embrapa Semi-Árido em Petrolina-PE, encontrou valores individuais de comprimento variando de 25,5 a 49,5 mm. Para as médias dos diferentes genótipos, essa variação ficou entre 27,61 a 46,47 mm. O menor valor médio para a variável diâmetro foi apresentada pelo genótipo 5 (26,32 mm). O diâmetro oscilou com valores individuais entre 22,88 e 49,54 mm.

2.4.4 Firmeza

A firmeza representa uma das mais importantes características físicas, uma vez que frutos com firmeza mais elevada sugerem uma vida útil pós-colheita mais prolongada. Essa característica está associada não só a composição e estrutura das paredes celulares, como também, com a manutenção de sua integridade (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo Abbot e Harker (2002), o termo firmeza engloba propriedades estruturais e mecânicas perceptíveis através do tato, seja pela mão ou pela boca. Para Szczesniak (2002), este termo expressa as manifestações sensoriais e funcionais das propriedades estruturais e mecânicas de um dado produto, percebidas não só através do tato, mas também da visão e audição.

Pinto et al. (1997) encontraram para os clones 'CAP 11', 'CAP 15' e 'CAP 22' uma firmeza significativamente maior do que o 'CCP 76', sugerindo que eles podem ter uma vida útil pós-colheita superior quando comparado com os outros clones.

Com relação à firmeza, uma das mais importantes características físicas para pedúnculos de cajueiro, Moura et al. (2001) avaliando pedúnculos de nove clones de cajueiro anão precoce, cultivados sob irrigação, observaram que apenas o 'CCP 09'

(7,42 N) e ‘BRS 189’ (7,25 N) apresentaram pedúnculos mais firmes que o ‘CCP 76’ (5,83 N).

Em experimento realizado em Pacajus, CE, avaliando a qualidade de pedúnculos de cajueiro anão precoce, de cajuís e de seus híbridos, Crisóstomo et al. (2002) encontraram valor médio de firmeza (10,8 N) de pedúnculos de cajuí superior aos dos cajuís avaliados (‘CCP 76’ – 5,9 N e ‘CCP 09’ – 7,9 N). Moura et al. (2004), em experimento de conservação pós-colheita de cajuís com a mesma origem, observaram valores ainda maiores (17,87 N) por ocasião da colheita.

Rufino (2004) observou que a firmeza de pedúnculos de cajuís, oriundos da vegetação litorânea do Piauí, apresentou uma variação de 9,21 N a 19,97 N, com média geral de 14,36 N, valores estes superiores aos de pedúnculos de cajueiro.

2.4.5 Rendimento

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a proporção entre o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo (caroço) é de interesse em algumas frutas, podendo ser utilizada, em conjunto com outras características, como índice de maturação ou como indicativo de rendimento da matéria-prima.

Cavalcanti et al. (2000b) trabalhando com umbuzeiros localizados nos municípios de Petrolina, PE e Curaçá, BA, obtiveram rendimento de polpa de 75% e 73%, para umbus nos estádios de maturação, inchado e muito inchado, respectivamente.

Saturnino et al. (2000) caracterizaram frutos do umbuzeiro no Estado de Minas Gerais e verificaram porcentagens de polpa nos frutos variando de 51,59% a 77,88%, com média de 64,73%.

No trabalho realizado por Costa et al. (2004) sobre as características físico-químicas de frutos de umbuzeiro dos tipos azedo e doce em quatro estádios de maturação, oriundos da Paraíba, foi observado que em frutos verdes o rendimento em

polpa de fruto foi de 59,07%, enquanto que os frutos de maturação avançada apresentaram 71,44% de rendimento. Os mesmos autores citam que o rendimento da polpa de 69% em frutos maduros é considerado vantajoso para a indústria, já que estes têm boa aceitação pelos consumidores.

No estudo da biometria de frutos de umbuzeiro realizado por Amaral et al. (2007) observaram que o rendimento de polpa foi de 85,84% e o de semente 14,16%.

Dantas Júnior (2008), avaliando frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes do Banco de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU), localizado na Embrapa Semi-Árido em Petrolina-PE, encontrou para o rendimento de polpa uma variação entre 86,31 a 92,77%.

2.4.6 Sólidos Solúveis Totais e Açúcares Solúveis Totais

Os sólidos solúveis totais (SST) indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas. São comumente designados como °Brix e têm tendência de aumento com o avanço da maturação. São constituídos principalmente por açúcares, sendo variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Em frutos, de uma forma geral, os açúcares são acumulados ao longo do desenvolvimento quando estes ainda estão associados à planta mãe. Alguns frutos acumulam suas reservas na forma de amido e outros na forma de açúcares solúveis como sacarose, frutose e glicose, antes ainda do amadurecimento (SEYMOUR et al., 1993).

Durante a maturação das frutas, uma das principais modificações em suas características é o acúmulo de açúcares (notadamente glicose, frutose e sacarose), o qual ocorre simultaneamente com a redução da acidez. O teor de açúcares atinge o máximo no final da maturação, conferindo excelência de qualidade ao produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Dentre os açúcares presentes na polpa dos frutos, os principais são glicose, frutose e sacarose. O dissacarídeo sacarose é o principal açúcar não-redutor enquanto glicose e frutose constituem os principais açúcares redutores, havendo, na maioria dos frutos, predomínio do primeiro. Durante o crescimento e a maturação, os teores de açúcares redutores aumentam tanto em frutos climatéricos quanto em não climatéricos (WHITING, 1970).

Rufino (2001), em uma das poucas literaturas existentes sobre cajuí, encontrou uma amplitude de 8 a 21,13 °Brix em pedúnculos de 30 genótipos de cajuzeiros oriundos da Região Meio-Norte.

Crisóstomo et al. (2002), trabalhando com cruzamentos entre cajueiro (*A. occidentale* L) e cajuzeiro (*A. microcarpum* Ducke), encontraram valores de 11,3 °Brix para essa variável, enquanto que Moura et al. (2004) encontraram valores de 12,6 °Brix para pedúnculos de cajuzeiros originados do mesmo local (Pacajus, CE).

Rufino (2004) avaliando pedúnculos de 24 genótipos de cajuzeiro provenientes da vegetação litorânea piauiense encontrou valores de 16,83, 16,77 e 16,53 °Brix para as matrizes 22, 20, 23, respectivamente, enquanto que a testemunha apresentou valor médio de 11,27 °Brix.

A qualidade de pedúnculos de cajueiro, como matéria-prima para processamento de polpa, está regulamentada pelo MAPA por meio da Instrução Normativa N° 01, de 07 de janeiro de 2000, que fixa os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para Polpa de Fruta (BRASIL, 2000). Esta norma estabelece para polpa de caju um mínimo de 10 °Brix. Até o momento não existe regulamento técnico para fixação dos PIQ para o cajuí como matéria-prima.

Figueiredo (2000) cita que o acréscimo de açúcares é atribuído, principalmente, a hidrólise do amido acumulado durante o crescimento do pedúnculo na planta. O aumento gradual de sólidos e açúcares solúveis tem sido observado em pedúnculos de cajueiro ao longo do seu desenvolvimento (MAIA et al., 1971; ALVES et al., 1999). No pedúnculo do cajueiro, os principais açúcares encontrados são:

maltose, sacarose, glicose, frutose, celebiose e rafinose, sendo a glicose o principal açúcar presente, seguido da frutose.

No pedúnculo de cajueiro maduro, os açúcares redutores são predominantes, enquanto os não-redutores apresentam-se em proporção muito pequena (MAIA et al., 1971). Maia et al. (2004) em estudo com os clones ‘CCP 76’, ‘CCP 1001’ e ‘CCP 06’ obtiveram os teores de açúcares solúveis totais de 8,74, 9,67 e 8,55%, respectivamente.

A amplitude de variação no teor dos açúcares solúveis totais (AST) em pedúnculos de cajuzeiro, em trabalho realizado por Rufino (2004), foi de 9,28 a 13,75 %, se enquadrando na faixa relatada na literatura para caju, que é de 6,90 a 15,81 % (MOURA FÉ et al., 1972; ORTIZ e ARGUELLO, 1985; KUNDU e GHOSH, 1994; SILVA JÚNIOR e PAIVA, 1994). Rufino (2004) cita em seu trabalho que, o conteúdo de açúcares dos pedúnculos de cajuzeiros nativos foi superior aos da testemunha, indicando que os mesmos apresentam potencial para o mercado de mesa e industrialização.

Com relação aos teores de sólidos solúveis totais em umbu, Santos (1997) estudando a dispersão da variabilidade do umbuzeiro em 17 regiões ecogeográficas localizadas em sete estados do polígono da seca, quais sejam: Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, observou que os valores médios de SST obtidos na polpa oscilaram de 10,0 a 13,4 °Brix.

No trabalho de Santos et al. (1999b) sobre caracterização de frutos de umbuzeiro de 24 regiões ecogeográficas distribuídas nos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, para amostragem de germoplasma-semente do umbuzeiro, foram encontrados valores de SST oscilando de 10,0 a 12,8 °Brix.

Assim como ocorre na maioria dos frutos de outras espécies tropicais, os frutos de umbuzeiro apresentam uma relação direta entre os teores de sólidos solúveis e o seu estágio de maturação (COSTA et al., 2004). Esses autores trabalhando com características físico-químicas de frutos de umbuzeiro dos tipos azedo e doce em

quatro estádios de maturação, oriundos da Paraíba observaram que o teor de SST aumentou de 7,0 para 10,0 °Brix, em frutos azedos e de 7,3 para 10,0 em frutos doces.

No trabalho de Dantas Júnior (2008), sobre a qualidade de frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes do Banco de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU), localizado na Embrapa Semi-Árido em Petrolina-PE, o autor observou que os SST de umbus *de vez* diferiram entre genótipos, apresentando valor médio de 9,60 °Brix, sendo o mínimo de 7,67 °Brix referente ao genótipo 19 e máximo de 11,77 °Brix referente ao genótipo 25.

Almeida (1999) obteve conteúdo de açúcares solúveis totais e redutores de 7,44% e 3,64% em umbus maduros, valores estes bem superiores aos encontrados por Ferreira et al. (2000), que estudando frutos maduros de umbuzeiros colhidos no Estado da Paraíba encontraram valores médios de açúcares redutores de 3,60% e 6,12% de açúcares totais.

Bueno et al. (2002), avaliando a qualidade de polpas de frutas congeladas encontraram 5,7% de açúcares redutores na polpa do umbu, valores superiores aos relatados por Lopes (2007), que estudando a fisiologia e maturação de acessos de umbu-laranja provenientes do município de Juazeirinho, PB, observou teores de 5,79% de açúcares solúveis totais e 3,04% de açúcares redutores para frutos no estádio de maturação amarelo esverdeado.

Dantas Júnior (2008), trabalhando com frutos de 32 genótipos de umbuzeiros, encontrou teores de açúcares redutores variando de 2,51% para o genótipo 19 a 5,82% para o genótipo 5 e para açúcares solúveis totais a variação foi 3,6% a 8,31% para os genótipos 30 e 25, respectivamente.

2.4.7 Acidez Total Titulável e pH

Os ácidos orgânicos são produtos intermediários das vias metabólicas e estão diretamente envolvidos no crescimento, maturação, amadurecimento e senescência dos

frutos (CLEMENTS, 1964). Os teores de ácidos orgânicos, com poucas exceções, tendem a diminuir com o amadurecimento, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares nos frutos (BIALE, 1960). Sendo o período do amadurecimento de intensa atividade metabólica, os ácidos orgânicos também podem constituir uma eficiente reserva energética dos frutos, através de sua oxidação no ciclo de Krebs (ULRICH, 1970).

Em geral, o sabor ácido está associado, principalmente, ao íon hidrogênio e ao grau de dissociação. Ácidos fortes (completamente dissociados) apresentam maior acidez do que soluções de um ácido fraco de normalidade equivalente. Neste sentido, o ácido cítrico tem se destacado por sua alta acidez relativa (PANGBORN, 1963).

As mudanças na acidez também são importantes no desenvolvimento do sabor característico dos frutos. Embora vários ácidos orgânicos sejam encontrados, geralmente apenas um ou dois se acumulam em um mesmo tipo de fruto (KAYS, 1991).

A acidez total titulável (ATT) é geralmente determinada por titulometria, ou por potenciometria. O ácido que predomina no pedúnculo do cajueiro é o málico, assim como em outros frutos, tais como maçã, banana, ameixa e pêra. Outro ácido orgânico de importância no pedúnculo do cajueiro é o ácido cítrico (MENEZES e ALVES, 1995).

A importância do pH está relacionada com a qualidade e segurança dos alimentos. De um modo geral, fornece uma indicação do seu grau de deterioração, atestado pela acidez desenvolvida (GOMES, 1996). Baseando-se no pH mínimo para multiplicação e produção de toxina de *Clostridium botulinum* (4,5) e no pH mínimo para proliferação da maioria das bactérias (4,0), pode-se subdividir os alimentos em: baixa acidez - pH situa-se acima de 4,5; ácidos - pH entre 4,0 e 4,5; e muito ácidos - pH inferior a 4,0 (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

Rufino et al. (2002), trabalhando com 30 genótipos de cajuzeiros nativos da região Meio-Norte, observaram uma variabilidade bastante considerável com a acidez

oscilando entre 0,14 e 1,81 %, com média de 0,81 %, enquanto que o pH variou de 2,73 a 5,29, com média de 3,79.

Crisóstomo et al. (2002), trabalhando com melhoramento de cajuzeiros encontraram valores de pH de 5,1 e ATT de 0,15%, enquanto que Moura et al. (2004), trabalhando com pós-colheita de pedúnculos de cajuzeiro encontraram pH de 4,85 e ATT de 0,16%.

Em trabalho com 24 pedúnculos de cajuzeiros provenientes da vegetação litorânea do Piauí, Rufino (2004) encontrou acidez oscilando de 0,17 a 1,98% e pH variando de 2,78 a 4,83, sendo a média para as duas características 0,72% e 3,90%, respectivamente.

Quanto aos valores de acidez e pH do umbu, Costa et al. (2004), avaliando as características físico-químicas de frutos de umbuzeiro dos tipos azedo e doce em quatro estádios de maturação oriundos da Paraíba, encontraram acidez de 1,56% para frutos azedos e de 1,49% de ácido cítrico para frutos doces, ambos maduros.

Campos (2007), estudando o desenvolvimento de frutos de umbuzeiro, provenientes de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA, encontrou acidez de 0,88 % de ácido cítrico quando o fruto se apresentava completamente maduro.

Dantas Júnior (2008), caracterizando frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes do Banco de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido em Petrolina, PE, encontrou ATT com variação de mais de 2,5 vezes entre os genótipos, sendo o menor valor registrado de 0,77 para o genótipo 11 e o maior valor foi de 2,00 para o genótipo 30.

Costa et al. (2004), trabalhando com características físico-químicas de frutos de umbuzeiro azedo e doce em quatro estádios de maturação oriundos da Paraíba, obtiveram pH 2,28 para umbus maduros do tipo azedo.

Lopes (2007), trabalhando com umbu-laranja oriundos de Juazeirinho, PB, encontrou pH 2,58 para umbus no estágio maduro.

No trabalho de Dantas Júnior (2008) com caracterização de frutos de 32 genótipos de umbuzeiro, provenientes do Banco de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido em Petrolina, PE, o autor encontrou pH oscilando entre 2,28 para o genótipo 30 até 2,82 para o genótipo 16, sendo verificada uma média geral de 2,57.

2.4.8 Relação Sólidos Solúveis Totais/Acidez Total Titulável

A relação SST/ATT indica o grau de doçura de um determinado material, sendo um dos índices mais utilizados para avaliar a maturação de frutos. Desta forma, tanto para o mercado de mesa quanto para o processamento, a relação SST/ATT elevada é desejável.

Essa relação é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Essa relação dá uma boa ideia do equilíbrio entre esses dois componentes, devendo-se especificar o teor mínimo de sólidos e o máximo de acidez, para se ter uma ideia mais real do sabor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A relação SST/ATT dos pedúnculos de cajuzeiros avaliados por Rufino (2004), principalmente relacionado à acidez, apresentou uma variação muito grande, de 7,48 a 66,77, com uma média de 31,63. Essa média é comparável aos trabalhos com pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce que oscilaram de 32,78 a 36,19 (MOURA, 1998; PINTO, 1999; AGUIAR, 2001).

Avaliando os cajús coletados na região Meio-Norte do Estado do Piauí, Rufino (2001) também já havia verificado para essa característica uma grande variabilidade, em consequência das diferenças existentes entre os genótipos quanto as duas variáveis que geram esse índice. A relação SST/ATT variou de 7,23 a 85,58, porém, a média foi relativamente baixa (24,61).

Crisóstomo et al. (2002) estudando cruzamentos entre *A. occidentale* L e *A. microcarpum* Ducke, encontraram relação SST/ATT média de 83 para o cajú,

enquanto que Moura et al. (2004), trabalhando com pós-colheita de pedúnculos de cajuzeiro encontraram relação de 75,33.

Em relação aos trabalhos com umbus, Costa et al. (2004) trabalhando com dois tipos de frutos de umbuzeiros oriundos do Estado da Paraíba, observaram que a razão SST/ATT foi de 9,90 em frutos azedos e de 6,28 em frutos doces, ambos no estágio maduro.

Dantas Júnior (2008) caracterizando frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes do Banco de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido em Petrolina, PE, encontrou relação SST/ATT variando de 4,89 (genótipo 30) a 11,89 (genótipo 11). Dos 32 genótipos avaliados, 12 apresentaram relação SST/ATT superior a média geral que foi de 8,07.

2.5 COMPOSTOS BIOATIVOS

Frutas e hortaliças, além de fornecerem componentes importantes para desempenharem funções básicas do organismo como, por exemplo, ácido ascórbico, betacaroteno e ácido fólico, são fontes de compostos bioativos diretamente associados à prevenção de doenças (ARTS E HOLLMAN, 2005).

Recentemente tem crescido o interesse pelos frutos e produtos de frutos, principalmente aqueles que apresentam em sua composição substâncias com atividade antioxidante, a exemplo dos carotenóides, vitamina C e flavonóides, que as caracterizam como alimentos funcionais (LIMA et al., 2000).

2.5.1 Vitamina C

O homem e outros primatas, bem como as cobaias e alguns morcegos, são os únicos mamíferos conhecidos, incapazes de sintetizar o ácido ascórbico devido à ausência da enzima hepática L-gulonolactona-oxidase, que catalisa a conversão da L-gulonolactona em ácido ascórbico, em consequência disto, necessitam de vitamina C dietética para prevenção do escorbuto (MARCUS e COULSTON, 1991).

A vitamina C é encontrada largamente nos frutos e hortaliças e recebe o nome de ácido ascórbico (forma reduzida), sendo o ácido L-ascórbico a sua forma principal e biologicamente ativa. Após oxidar-se, o ácido ascórbico transforma-se em ácido dehidroascórbico, que também é ativo. Essa oxidação se dá pela ação da enzima ácido ascórbico oxidase (BRAVERMAN, 1967).

A vitamina C é essencial para seres humanos, age como antioxidante, varredor de radicais livres e nutre as células, protegendo-as de danos causados pelos oxidantes, da mesma forma que o α -tocoferol e o β -caroteno (PADH, 1991). A vitamina C tem múltiplas funções no organismo, sendo necessária para a produção e manutenção do colágeno; é responsável pela cicatrização de feridas, fraturas e sangramentos gengivais; reduz a suscetibilidade à infecção, desempenha papel na formação de dentes e ossos, aumenta a absorção de ferro e previne o escorbuto (COMBS Jr., 2003).

Mesmo considerando que o teor contido em pedúnculos de cajueiro é bem inferior ao da acerola, por exemplo, este é tido como uma excelente fonte dessa vitamina, chegando a apresentar de três a cinco vezes o teor dos frutos cítricos que é de cerca de 50 mg/100g (MENEZES e ALVES, 1995).

A extrema variabilidade com relação ao teor de vitamina C no pedúnculo do cajueiro é mostrado na literatura citando valores entre 156 e 455 mg/100g (MOURA FÉ et al., 1972; SOARES, 1975; FALADE, 1981; ORTIZ e ARGUELLO, 1985; BARROS et al., 1993).

Moura et al. (2004), trabalhando com pedúnculos de cajuzeiro da região de Pacajus, CE, encontraram uma média de vitamina C de 150 mg/100g.

Dos 24 materiais de cajuzeiros analisados por Rufino (2004) para vitamina C, a testemunha (oriunda de Pacajus, CE) foi a que apresentou menor valor (92,61 mg/100g). Com relação às outras matrizes da região de Parnaíba, PI, houve uma variação de 137 a 243,34 mg/100g. A média geral foi de 185,39 mg/100g ocorrendo diferença estatística entre os materiais, o que pode ser atribuído à variabilidade genética e ao fator ambiente.

Com relação aos frutos de umbuzeiro, Ferreira et al. (2000), trabalhando com umbus colhidos no Estado da Paraíba, encontraram 13,31 mg/100g de vitamina C, valores superiores foram encontrados por Campos (2007), que caracterizando frutos de umbuzeiro nos municípios de Petrolina, PE e Juazeiro, BA, encontrou 39,5 mg/100g de vitamina C para frutos *de vez*.

Lima et al. (2002b), realizando caracterização física e química dos frutos de umbu-cajazeira em cinco estádios de maturação, observaram que os mesmos atingiram o teor máximo de vitamina C no estádio de maturação parcialmente amarelo com 18,35 mg/100g.

No trabalho de correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais de várias frutas tropicais realizados por Sousa et al. (2007), foi encontrado teor de 12,1 mg/100g de vitamina C nos frutos de umbuzeiro.

No estudo de caracterização dos compostos bioativos em 32 frutos de genótipos de umbuzeiros feito por Dantas Júnior (2008), os valores de vitamina C encontrados oscilaram de 44,01 a 71,05 mg/100g, ou seja, bem superiores aos encontrados na literatura.

2.5.2 Carotenóides

Os carotenóides são uma classe de pigmentos amarelo-alaranjado-vermelhos distribuídos em várias frutas, hortaliças, temperos e ervas (MANGELS et al., 1993). De várias centenas de carotenóides que ocorrem naturalmente, apenas 50 têm atividade biológica significativa. Uma importante função de alguns carotenóides é o seu papel como precursores de vitamina A, podendo ser agrupados em dois grupos: com e sem atividade de pró-vitamina A (THANE e REDDY, 1997).

Alguns carotenóides são precursores da vitamina A e dentre os mais encontrados na natureza estão: α -caroteno, γ -caroteno, criptoxantina e β -caroteno, sendo este último e seus isômeros os de maiores méritos, tendo em vista a sua atividade vitamínica, em relação aos demais (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989). Sendo assim, os carotenóides de origem vegetal têm importância nutricional para o homem atuando na manutenção da integridade dos tecidos epiteliais, no processo visual, no crescimento, reprodução, etc. (CAVALCANTE, 1991).

Os carotenóides são pigmentos que desempenham o principal papel na proteção de plantas contra o processo foto-oxidativo (MANN, 1987). Eles são eficientes antioxidantes como seqüestradores do oxigênio singlete e de radicais peroxila. No organismo humano, os carotenóides integram o sistema de defesa antioxidante e interagem sinergisticamente com outros antioxidantes (STAHL e SIES, 2003).

Estudos epidemiológicos mostraram que o aumento do consumo de frutas e vegetais ricos em carotenóides correlacionou com a diminuição de risco de doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e catarata (BARON et al., 1998; DIPLOCK et al., 1998).

Algumas das principais fontes de carotenóides são cenouras e abóboras (α e β -caroteno), tomates e produtos derivados, como extrato, polpa e molhos (licopeno) e espinafre (luteína) (BIANCHI e ANTUNES, 1999; SILVA e NAVES, 2001).

Os carotenóides encontram-se em frutas e hortaliças com coloração variando de amarelo à laranja e nos cloroplastos em tecidos verdes, onde estão mascarados pela clorofila até o amadurecimento do fruto. O conteúdo de carotenóides das frutas aumenta durante a maturação, sendo que parte da intensificação da cor se deve à degradação da clorofila (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004).

Rufino (2004), caracterizando 24 matrizes oriundas da vegetação litorânea do Piauí, encontrou um conteúdo de carotenóides totais nos pedúnculos de cajuzeiros variando de 0,24 a 1,29 mg/100g, com uma média de 0,67 mg/100g. As matrizes com teores mais elevados de carotenóides totais diferiram estatisticamente da testemunha (matriz 24), sendo que as matrizes 1, 13 e 15 apresentaram as maiores médias, 1,29, 1,01 e 1,00 mg/100g, respectivamente.

Com relação ao estudo com umbus, as características químicas de frutos de 32 genótipos de umbuzeiro oriundos do BAG pertencente a Embrapa Semi-Árido, localizado em Petrolina, PE, Dantas Júnior (2008) verificou que a variação do teor de carotenóides entre os frutos dos genótipos foi de 0,08 mg/100g a 0,55 mg/100g.

2.5.3 COMPOSTOS FENÓLICOS

As principais substâncias classificadas como fenólicas são: os ácidos cinâmicos e seus derivados, dos quais se destaca o ácido clorogênico; as flavanas; as antocianidinas e antocianinas; os flavonóis e suas formas glicosídicas; os polifenóis condensados, cujos precursores possivelmente sejam as flavanas; e outros menos comuns, como flavonas, flavononas e isoflavonas (VAN BUREN, 1970).

As propriedades antioxidantes dos fenólicos ocorrem, principalmente, devido ao seu potencial de oxirredução, que os permitem atuar como agentes redutores, doando hidrogênio e neutralizando radicais livres (RICE-EVANS et al., 1997). Uma substância polifenólica pode ser definida como um antioxidante unicamente se preencher a duas condições, a saber: (a) quando estando presente em baixa

concentração relativa ao substrato a ser oxidado este possa retardar ou prevenir a oxidação e; (b) quando os radicais formados após a reação sejam estáveis (KAUR e KAPOOR, 2001).

Os compostos fenólicos estão entre os antioxidantes mais ativos e frequentemente presentes em vegetais, destacando-se os flavonóides (BIANCHI e ANTUNES, 1999), que são os mais estudados dentre os compostos funcionais presentes em produtos de origem vegetal (RE et al., 1999). As propriedades benéficas desses compostos podem ser atribuídas a sua capacidade de seqüestrar os radicais livres (DECKER, 1997). Os frutos contêm, além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes, como minerais, fibras e vitaminas, diversos compostos secundários de natureza fenólica, denominados polifenóis (HARBONE e WILLIAMS, 2000), que em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas) apresentam, em termos quantitativos e qualitativos, composição variada desses constituintes. Por sua vez, a eficácia da ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO et al., 2008).

Existem mais de 8.000 compostos fenólicos no reino vegetal, que variam completamente em complexidade. Estima-se que pessoas que consomem várias porções de frutas e hortaliças por dia estejam ingerindo diariamente cerca de 1 g de compostos fenólicos. Dentre eles têm-se os flavonóides e os não-flavonóides (ácidos fenólicos e cumarinas). Exemplos de fenólicos não flavonóides são o resveratrol, encontrado em vinho, ácido elágico, encontrado em caqui e romã, e ácido clorogênico, encontrado em café, kiwi, maçã e berry fruits (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os flavonóides estão presentes em frutas e hortaliças, cujo consumo tem sido associado a efeitos protetores contra doenças cardiovasculares e câncer. Por muito tempo foram considerados sem nenhum valor nutricional, até a demonstração de ação redutora de fragilidade capilar de alguns deles em 1936, pelos trabalhos de Szent-Gyorgy e de Rusznyak (DE ANGELIS, 2005).

Os principais fenólicos presentes no pedúnculo do cajueiro são ácido gálico, ácido protocatecuico, ácido cafêico e catequina. Devido a concentração bastante elevada de taninos no pedúnculo do cajueiro, esse grupo de compostos desempenha papel importante na determinação do sabor (MOURA, 1998).

Em trabalho desenvolvido por Abreu (2007) com pedúnculos de dez clones comerciais de cajueiro anão precoce foi verificada diferença estatística significativa para os PET, com média geral de 152,30 mg de ácido gálico/100g de polpa, tendo teor mínimo de 99,53 mg/100g para o clone 'BRS 265' e teor máximo de 236,97 mg/100g para o 'Embrapa 50'. O pedúnculo do clone 'BRS 265' não diferiu estatisticamente do 'CCP 76', 'CCP 1001' e 'Embrapa 51'. O 'BRS Bahia 12', além do 'Embrapa 50', foi o que apresentou os teores mais elevados de Polifenóis Extraíveis Totais (PET), dentre os clones estudados nesse experimento, sendo considerados excelentes fontes de polifenóis totais, que são os principais compostos com ação antioxidante, de acordo com diversas literaturas.

O teor de antocianina é de grande importância para a comercialização do pedúnculo do cajueiro *in natura*, já que o consumidor prefere cores fortes, tendendo a avermelhados, ou no mínimo alaranjados. Isso significa que quanto maior o teor de antocianina, maior será a atração do consumidor, já que a cor é a única variável em que o consumidor pode se basear na hora da compra, pois muitas vezes o produto está embalado (MOURA, 1998).

Aguiar (2001), trabalhando com pedúnculos de cajueiro, determinou antocianinas totais na película variando de 6,93 a 19,74 mg/100g. Enquanto Moura (1998), em estudo com nove clones de cajueiro anão precoce, obteve teores oscilando entre 17,56 a 76,07 mg/100g. Moura et al. (2001) determinaram variação de 80,62 a 129,69 mg/100g para flavonóides amarelos em nove clones de cajueiro anão precoce. Em ambos os trabalhos realizados por Moura, as avaliações foram feitas na película do pedúnculo.

Em trabalho desenvolvido por Rufino (2004) com 24 matrizes de cajuzeiro, a matriz 19 com 47,11 mg/100g apresentou a maior média no teor de flavonóides amarelos, apesar de não ter diferido da testemunha, que aparece em segundo lugar (39,76 mg/100g). As médias variaram de 12,9 a 47,11 mg/100g, sendo que a média geral foi de 25,64 mg/100g. Para a variável antocianina total, as matrizes 4 e 24 com 7,53 e 10,02 mg/100g, respectivamente, foram as que apresentaram maiores teores dessa variável nos pedúnculos, diferindo estatisticamente das demais. A média geral encontrada para essa variável foi de 3,19 mg/100g.

Em se tratando de frutos de umbuzeiro, estudo realizado por Sousa et al. (2007) sobre a correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e polifenóis em frutas tropicais do Nordeste brasileiro, foi encontrado na polpa de frutos de umbu 44,6 mg equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de amostra fresca, teor de fenólicos totais maior que nas polpas de sapoti e abacaxi.

Nas observações feitas por Dantas Júnior (2008) em frutos de 32 genótipos de umbuzeiros oriundos do BAG de umbuzeiro pertencente a Embrapa Semi-Árido, localizado em Petrolina, PE, o conteúdo de polifenóis extraíveis totais oscilou de 21,26 a 32,48 mg/100g de polpa.

2.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

O desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes que resulta na indução de danos celulares pelos radicais livres tem sido chamado de estresse oxidativo. A produção contínua desses radicais durante os processos metabólicos levou ao desenvolvimento de muitos mecanismos de defesa antioxidante para limitar os níveis intracelulares e impedir a indução de danos (SIES, 1993).

Os danos oxidativos induzidos nas células e tecidos têm sido relacionados com a etiologia de várias doenças, incluindo doenças degenerativas tais como as cardiopatias, aterosclerose e problemas pulmonares (AMES et al., 1993; STAHL e SIES, 1997). Os danos no DNA causados pelos radicais livres também desempenham um papel importante nos processos de mutagênese e carcinogênese (POULSEN et al., 1998).

Uma ampla definição de antioxidante é “qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz” (SIES e STAHL, 1995).

Dentre os compostos fenólicos com propriedade antioxidante, destacam-se os flavonóides que quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonóis. As antocianinas são pigmentos solúveis em água, amplamente difundidas no reino vegetal e conferem as várias nuances de cores entre laranja, vermelha e azul encontradas em frutas, vegetais, flores, folhas e raízes e os flavonóis são pigmentos de cores branca ou amarela clara (FRANCIS, 1989) importantes por atuarem na co-pigmentação das antocianinas (BOBBIO e BOBBIO, 1995).

Em adição aos efeitos protetores dos antioxidantes endógenos, a inclusão de antioxidantes na dieta é de grande importância e o consumo de frutas e vegetais está relacionado com a diminuição do risco do desenvolvimento de doenças associadas ao acúmulo de radicais livres (POMPELLA, 1997).

Os vegetais, em particular as frutas, apresentam em sua constituição vários compostos com ação antioxidante, os quais incluem o ácido ascórbico, carotenóides e polifenóis. A quantidade e o perfil destes fitoquímicos variam em função do tipo, variedade e grau de maturação da fruta bem como das condições climáticas e edáficas do cultivo (LEONG e SHUI, 2002).

A grande diversidade de métodos analíticos (químicos, físicos e/ou físico-químicos) propostos na literatura para avaliar o grau de oxidação lipídica e a atividade

antioxidante total coloca, na prática, algumas dificuldades de seleção (SILVA et al., 1999).

Dentre os métodos mais utilizados para determinação destes compostos antioxidantes em frutas e hortaliças estão: DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhidrazil), FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), Sistema β -caroteno/ácido linoléico e o ABTS (2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfonato). De acordo com alguns trabalhos de pesquisa em frutas, os mais usados pela comunidade científica tem sido o DPPH e o ABTS (LEONG e SHUI, 2002; NENADIS et al., 2004; WU et al., 2005). De acordo com Brand-Williams et al. (1995), o método do DPPH é baseado na captura do radical DPPH de antioxidantes, o qual produz um decréscimo da absorbância a 515 nm. Este método foi modificado por Sanchez-Moreno et al. (1998) para medir os parâmetros cinéticos.

Dentre os métodos mais utilizados para a determinação da atividade antioxidante em frutas o método que utiliza o radical livre ABTS, tem sido bastante empregado, por ser um método estável e sensível para avaliação de amostras de frutas (OZGEN et al., 2006).

O método do ABTS mede a atividade antioxidante através da captura do radical 2-2 azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfonato) – ABTS, podendo ser gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática. Com esta metodologia pode-se medir a atividade antioxidante em compostos de natureza lipofílica e hidrofílica (KUSKOSKI et al., 2005).

De aparência exótica, aroma agradável e sabor singular, os pedúnculos do cajueiro, assim como do cajuzeiro, são perfeitos para enriquecer e diversificar pratos da culinária tropical. A referência sensorial e nutricional da polpa succulenta faz deste um dos produtos de grande potencial para a exploração. Os pedúnculos do cajueiro e cajuzeiro são consumidos pelo sabor especial e pelo alto valor nutritivo, relacionado principalmente, ao elevado teor de vitamina C (AGOSTINI-COSTA et al., 2006).

No trabalho desenvolvido por Abreu (2007) com atividade antioxidante total, utilizando o método ABTS, foi observada diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade entre pedúnculos de dez clones comerciais de cajueiro anão precoce avaliados. A variação da atividade para os pedúnculos foi de 6,84 a 34,35 $\mu\text{M Trolox/g}$ de polpa, com média geral de 16,36 $\mu\text{M Trolox/g}$ de polpa. Os pedúnculos dos clones 'BRS 265' e 'CCP 1001' mostraram os valores mais baixos de atividade antioxidante, respectivamente de 6,84 e 10,28 $\mu\text{M Trolox/g}$, sendo também os clones que apresentaram os menores teores de polifenóis totais.

No mesmo trabalho, o pedúnculo que apresentou o maior valor de atividade antioxidante total foi do clone 'BRS Bahia 12', o qual diferiu estatisticamente dos demais pedúnculos, apresentando valor mais que duas vezes superior a média geral obtida. Foi observado também, que os pedúnculos dos dois clones que apresentaram os maiores teores de polifenóis totais foram os que mostraram os melhores valores de atividade antioxidante total. Sendo verificada assim, uma possível relação entre esses compostos polifenóis e a atividade antioxidante total.

Na literatura não foram encontrados resultados de atividade antioxidante em pedúnculos de cajueiro.

No trabalho de Sousa et al. (2007) sobre a correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais de várias frutas tropicais avaliadas, os autores observaram uma correlação positiva nos frutos de umbuzeiro entre os conteúdos de fenólicos totais e a capacidade antioxidante total. Pelo método do ABTS o umbu apresentou valores de 1,07 μM de trolox /g de polpa.

Dantas Júnior (2008), avaliando a atividade antioxidante pelo método do ácido linoléico em frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes de Petrolina, PE, verificou que a inibição da oxidação é influenciada pela concentração dos extratos e que para a de 5 g.L^{-1} os genótipos 26 e 31 apresentaram o maior percentual de proteção. Na concentração de 10 g.L^{-1} observou-se que houve variação de 67,56 a 91,08 %, sendo que os maiores valores de inibição da oxidação apareceram nos

genótipos 12 e 26 com percentuais de 89,71 e 91,08 %, respectivamente. A concentração de 20 g.L⁻¹ foi a que apresentou maior variação na inibição de oxidação, oscilando de 64,32 a 94,52 %, se destacando os genótipos 26 e 13 com 94,52 e 92,58 % de inibição, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, J. A.; HARKER, F. R. Texture. In: KENNETH, G.; WANG, C. Y.; SALTVEIT, M. A. (Eds). **The commercial storage of fruits, vegetables, florist and nurse crops**. Washington, D.C.: USDA, 2002 (Agriculture Hand Book, Number 66).

ABREU, C. R. A. **Qualidade e atividade antioxidante total de pedunculos de clones comerciais de cajueiro anao precoce**. 2007. 111f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; VIEIRA, R. F.; NAVES, R. V. **Caju, identidade tropical que exala saúde**. Revista Toda Fruta. 2006. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 22 fev. 2006.

AGUIAR, L. P. **β -caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. 87f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

AGUILERA, J. M.; PARADA, E. CYTED-D AHI: Ibero-American project on intermediate moisture foods and combined methods technology. **Food Research International**, Oxford, v. 25, n. 1, p. 159-165, 1992.

ALMEIDA, M. M. de. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondia tuberosa* Arruda Câmara): Alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação**. 1999. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

ALMEIDA, S. P. de. **Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. (Ed.) Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 247-288.

ALVES, R. E.; BEZERRA, F. C.; ABREU, F. A. P. Development and maturation of the apple of early dwarf cashew tree CCP-76. **Acta Horticulturae**, n.485, p.230-255, 1999.

AMARAL, V. B.; SOUZA, S. C. A.; MORAIS, F.; BARBOSA, C. M.; SALES, H. R.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. F. R. Biometria de frutos e sementes de umbuzeiro, *Spondias tuberosa* A. Câmara (Anacardiaceae), Norte de Minas Gerais-MG. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

AMES, B. N.; SHIGENAGA, M. K.; HAGEN, T. M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington DC, v.90, n.17, p.7915-7922, 1993.

ANDRADE-LIMA, Dárdano de. **Plantas das caatingas**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243 p.

ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; MOREIRA, J. N.; CAVALCANTI, N. de B. **Avaliação do índice de pegamento de enxertos de espécies de Spondias em plantas adultas de umbuzeiro**. Petrolina: Embrapa-Semi-Árido, 2000. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Pesquisa em Andamento; 100).

ARRUDA, R.J.S.; NOLASCO, F. Pomar matriz. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v.6, n.1, p.63-70, 1986.

ARTS, I. C. W, HOLLMAN, P. C. H. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. **American Journal Clinical Nutrition**. 2005; 81(Supl 1): S317-25.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos Cerrados – Preservação gera muitos frutos**. Ano 3, n.15, 2000. Disponível em: <<http://www.biotechnologia.com.br/bio15/frutos.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2007.

BARON, J. A.; BERTRAM, J. S.; BRITTON, G. et al. IARC Handbooks of cancer prevention: **Carotenoids**, IARC, Lyon, 1998, vol. 2.

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

BIALE, J. B. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Advance Food Research**, New York, v.10, p.293-354, 1960.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os princípios antioxidantes da dieta. **Revista Nutrição**, Campinas, v.12, n.2, p.123-130, 1999.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Introdução à química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 223p.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**. v.28, p.25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. **Diário Oficial da União**, 10 de jan. de 2000. Seção 1, p. 54.

BRAVERMAN, J. B. S. Vitaminas. In: BRAVERMAN, J. B. S. **Introduction a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. cap. 14, p.206-239.

BUENO, S. M.; LOPES, M. do R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ, C. H. Avaliação da qualidade de polpas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, n.62, v.2, p.121-126, 2002.

CAMPBELL, R. J. South American fruits deserving further attention. In: JANICK, J. (Ed). **Progress in new crops**. Arlington: ASHS Press, 1996. p.431-439.

CAMPOS, C. O. **Frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda): Características físico-químicas durante seu desenvolvimento e na pós-colheita**. Botucatu, SP:

UNESP, 2007. 129p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, 2007.

CARVALHO, P. C. L. de; SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R.; CARVALHO, J. A. B. S. Conservação de germoplasma de fruteiras tropicais com a participação do agricultor. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n. 3, 2001.

CAVALCANTE, M. L. **Composição de carotenóides e valor de vitamina A na pitanga (*Eugenia uniflora*) e acerola (*Malpighia glabra*)**. 1991. 69f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de . **Ocorrência de xilópódio em plantas nativas de imbuzeiro**. *Caatinga*, v. 19, p. 287-293, 2006.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Extrativismo vegetal como fator de absorção de mão-de-obra e geração de renda: o caso do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). In: XXXVII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 1999, Foz do Iguaçu - PR, **Anais**. Brasília: SOBER, 1999. CD-ROM.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Fruto do umbuzeiro: alternativa de renda em períodos de seca para pequenos agricultores na região semi-árida do estado da Bahia. In: Congresso Mundial de Sociologia Rural, 10,; Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 38, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: UNICAMP/Auburn: IRSA/Brasília: SOBER, 2000a. CD-ROM.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Processamento do fruto de umbuzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 252-259, 2000b.

CAVALCANTI, N. B. ; RESENDE, G. M. de ; BRITO, L. T. L. . Efeito da aplicação de irrigação na fenologia de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). In: Simpósio Brasileiro sobre Umbu, Cajá e Espécies Afins, 2008, Recife. Resumos. Recife : IPA, 2008.

CAVALCANTI, N. de B.; SANTOS, C. A. F.; BRITO, L. T. L.; ANJOS, J. B. **Picles de xilopódio do umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arruda). Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2004. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 64).

COMBS, JR. 2003. **Vitaminas**. In: Mahan, LK, Escott-Sutmp, S. Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia. 10ª ed. São Paulo, Editora Roca, p. 65-105.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro, Imp. Nacional, 1926. v. 1, pp.399-402.

CORRÊA, M. P. Umbuzeiro. In: PIO CORREIA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, IBDF, v. 6, p. 336, 1978.

COSTA, N. P. da; BRUNO, R. de L. A.; SOUZA, F. X. de; LIMA, E. D. P. de A. Efeito do estágio de maturação do fruto e do tempo de pré-embebição de endocarpos na germinação de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n.3, 2001.

COSTA, N. P. da; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. de L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.20, n.2, p.65-71, 2004.

COSTA, S. G. D. **Irrigação, a dualidade no semi-árido nordestino: Desenvolvimento econômico x impactos sócio-ambientais**. II Simpósio Regional de Geografia “Perspectivas para o Cerrado no Século XXI”. Uberlândia, MG, 2003. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/2srg/3/3-131.pdf>> Acesso em: 12 de mar. de 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/Faepe, 320 p.1990.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B **Pós-colheita de Frutas e Hortalças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2. ed., 293p.: il. 2005.

CLEMENTS, R. L. Organic acids in citrus fruits. I. Varietal differences. **Journal of Food Science**, Chicago, v.29, n.2, p.276-280, 1964.

CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTE, J. J. V.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E.; FREITAS, J G; OLIVEIRA, J. N. Melhoramento do cajueiro-anão-precoce: avaliação da qualidade do pedúnculo e a heterose dos seus híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.477-480, 2002.

CUNHA, R. M. S. da. **Filogenia molecular em Anacardium (Anacardiaceae): utilização do gene da subunidade pequena do RNA ribossômico (SSU rRNA)**. 78 p. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2002.

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

DE ANGELIS, R. C. Como obter a melhor defesa contra os RL por meio da alimentacao. In: DE ANGELIS, R. C. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde**: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. Sao Paulo: Atheneu, 2005. p.83-92.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutrition Reviews**, New York, v.55, n.11, p.396-407, 1997.

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; CAVALCANTI, M. B. D. A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro. In: I Congresso Norte-Nordeste de Química. **Resumos...** Natal: UFRN, 2007. Disponível em: http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T89.pdf. Acesso em: 12 de mar. de 2008.

DIPLOCK A. T.; CHARLEUX J. L.; CROZIER-WILLI G.; KOK F. J, RICE-EVANS C.; ROBERFROID M.; STAHL W.; VINA-RIBES J. Functional food science and defence against reactive oxidative species. **Br. Journal Nutrition**. 1998; 80: S77-S112.

DRUMOND, M. A.; PIRES, I. E.; OLIVEIRA, V. R.; OLIVEIRA, A. R.; ALVAREZ, I. A. Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no semi-árido brasileiro. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.4, p.665-669, 2008.

DUCKE, A. **O Gênero *Anacardium* na Amazônia brasileira**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.11, n.1, p. 11-20, mar. 1939.

EMBRAPA CERRADOS. **Aproveitamento alimentar: cajuí (*Anacardium humile* St. Hil.)**. Embrapa Cerrados, 1ª ed, 3ª impressão, 2007.

EPSTEIN, L. **A riqueza do umbuzeiro**. Revista Bahia Agrícola. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Salvador, Comunicações, v.2, n.3, 1998.

FALADE, J. A. Vitamin C and other chemical substances in cashew apple. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.56, n.2, p.177-179, 1981.

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Roma: FAOSTAT Database Gateway – FAO. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/> > Acesso em: 12 nov 2008.

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.7-17, 2000.

FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. 2000. 154f. Tese

(Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmaceuticas, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, 2000.

FRANCIS, F. J. 1989. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 28, p.273-314.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 182p. 1996.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 284p.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: Simpósio Nacional de Recursos Genéticos de Fruteiras Nativas. **Resumos...** Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF, p. 13-27 - 93-99. 1993.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; FIGUEIREDO, M. A. **Espécies endêmicas da caatinga**. In Sampaio, E.V.S.B., A.M., Virginio, J. & Gamarra-Rojas, C.F.L. (eds) *Vegetação e flora da caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste and Centro Nordestino de Informação sobre Plantas. 103-115. 2002.

GOMES, J. C. **Análise de alimentos**. Viçosa: UFV, 1996. 126p.

GOMES, R. P. **O umbuzeiro**. In.: *Fruticultura brasileira*. 11 ed. São Paulo, Nobel, 1989. p. 426 -428.

GOVERNO DO PIAUÍ, 2008. **Casa do semi-árido**. Disponível em http://www.semiarido.pi.gov.br/conheca_mais.php Acesso em: 08 de março de 2009.

HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. **Advances in flavonoid research since 1992**. *Phytochemistry*, v.52, p.481-504, 2000.

HOYT, E. **Conservação dos parentes silvestres das plantas cultivadas**. Wilmington, Delaware: Addison-Wesley, 1992. 52 p.

IBGE, 2007. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Produção agrícola municipal. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp> Acesso em: 10 de setembro de 2008.

INSA, 2009. **O Semi-Árido**. Disponível em <http://www.insa.gov.br/index>. Arquivo capturado em: 18 de março de 2009.

JOHNSON, D. The botany, origin and spread of cashew (*Anacardium occidentale* L.). In: **The Journal of Plantation Crops**, Kerala, v.1, n.2, p.1-7, 1973.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables. The millennium's-health. **International Journal Food Science Technology**. 2001, v.36, p.703-725.

KAYS, S. J. **Postharvest Physiology of Perishable Plant Products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 532 p. 1991.

KERR, W. E. Fruteiras brasileiras nativas e o seu papel na solução de problemas alimentares. In: Simpósio Nacional de Recursos Genéticos de Fruteiras Nativas, 1., 1992, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1993. p. 29-34.

KUNDU, S.; GHOSH, S. N. Studies on physico-chemical attributes of cashew apple of thirty one types. **Cashew Bulletin**, Cochin, v.31, p.6-11, 1994.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicação de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

LEAL, A. F. **Condições do extrativismo e aproveitamento das frutas nativas na microrregião de Teresina, Piauí.** Teresina, PI: UFPI, 2005. 95p, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Piauí, 2005.

LEAL, A. F.; SOUZA, V. A. B. de.; GOMES, J. M. A. Condições do extrativismo e aproveitamento das frutas nativas na microrregião de Teresina, Piauí. **Revista Ceres**, v.53 n. 310, p. 511-513, 2006.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**. v.76, p. 69-75, 2002.

LIMA, L. F. do N.; FERREIRA, P. V.; LEMOS, E. E. de. Caracterização dos frutos de populações de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) no sertão alagoano. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 14. 1996, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: SBF, 1996.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas - usos e potencialidades.** Petrolina - PE: Embrapa-CPATSA/PNE/RBG-KEW. 44p. il. 1996.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002b.

LIMA, L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, p.447-450. 2002a.

LIMA, L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Caracterização físico-química e sensorial de pitanga roxa. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP. v.22, n.3. p. 382-385, 2000.

LIMA, I. J. E. de.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agropecuários**, Campina Grande, Especial, n.1, p.31-42, 2003.

LIMA, V. de P. M. S. **Botânica**. In: LIMA, V. de P. M. S. (Ed.) A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza: BNB-ETENE, p.15-61. 1988.

LINS, C. C.; CARVALHO, O. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro** – Ministério da Integração Nacional – 2005. Disponível em <http://www.mds.gov.br/programas/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas/cisternas-2/o-semi-arido>.

LOPES, M. F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. João Pessoa, PB: UFPB, 2007. 141p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 352p. 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.2, 3ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2000. 368 p.

MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; MARTINS, C. B. Características físicas e químicas do caju. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.1, n.2, p.115-120, 1971.

MAIA, G. A.; SOUSA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, v.35, p.272-278, 2004.

MANGELS, A. R.; HOLDEN, J. M.; BEECHER, G. R.; FORMAN, M. R.; LANZA, E. 1993. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. **Journal of the American Dietetic Association** 93: 284-96.

MANN, J. **Secondary metabolism**. 2ª edição. Oxford: University Orford Press; 1987.

MARCUS, R.; COULSTON, A. M. **Vitaminas hidrossolúveis**. In: GILMAN, A.G., ROLL, T.W., NIES, A.S. As bases farmacológicas da terapêutica. 8.ed. Rio de Janeiro : Guanabara, 1991. p.1017-1032.

MATTOS, J. R. **Fruteiras nativas do Brasil**. Porto Alegre, RS. v. 4, p. 19. 1990.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Importância nutricional de los pigmentos carotenóides. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v.54, n.2, Caracas, jun. 2004.

MELO, E de A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de.; NASCIMENTO, R. da J. do. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n. 2, 2008.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (Spondias tuberosa Arr.Cam.): importante fruteira do semi-árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 66 p. (ESAM. Coleção Mossoroense, Série C - v. 554).

MENDES, B. V. **Uso e conservação da biodiversidade no semi-árido**. Projeto Áridas: Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste. 151p, 1997a.

MENDES, B. V. Importância social, econômica e ecológica da caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO, 1, 1997, Mossoró. **Anais...** Mossoró: Universidade Regional do Rio Grande do Norte/Fundação Vingt-Um Rosado, p.26-35. 1997b.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p. (EMBRAPA-CNPAT. Documentos, 17).

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro** – Ministério da Integração Nacional – 2005. Disponível em <http://www.mds.gov.br/programas/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas/cisternas-2/o-semi-arido>. Acesso em: 22 de jan. de 2009.

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

MORALES, E. A. V.; VALOIS, A. C. C. **Princípios para conservação e uso de recursos genéticos**. In: Curso de conservação de germoplasma-semente, Brasília. EMBRAPA-CENARGEN, Brasília, 1994.

MOTA, D. M.; SCHMITZ, H.; SILVA JÚNIOR, J. F. **O extrativismo em tempos de globalização no Nordeste brasileiro**. 2007, Recife. XIII Congresso Brasileiro de Sociologia, 2007.

MOURA, C. F. H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) Irrigados**. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

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

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; RUFINO, M. S. M.; SILVEIRA, M. R. S. Potencial de conservação de pedúnculos de cajuzeiro sob refrigeração e atmosfera modificada. In: XXVII REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 2004, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 1 CD.

MOURA FÉ, J. A.; HOLANDA, L. F. F.; MARTINS, C. B. Características químicas do hipocarpo de caju (*Anacardium occidentale* L.). *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v.2, n.2, p.103-108, 1972.

NADIA, T. de L.; MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. 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, n.1, p.89-100, 2007.

NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. da S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*). **Food Chemistry**, Barking, n. 44, p. 255-259, 1992.

NENADIS, N. WANG, L. F.; TSIMIDOU, M.; ZHANG, H. Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS●+ assay. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.52, p.4669-4674, 2004.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Boletim técnico**, Universidade Federal de Lavras, ano XI, n. 127. Lavras 2005.

ORTIZ, A. J.; ARGUELLO, O. A. Algunas características físicas y composición química de la manzana de marañón (*Anacardium occidentale* L.). **Turrialba**, San José, v.35, n.1, p.1-3, 1985.

OZGEN, M.; REESE, R. N.; TULLIO Jr., A. Z.; SCHEERENS, J. C.; MILLER, A. R. Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p. 1151-1157, 2006.

PADH, H. Vitamin C: never insights into its biochemical functions. **Nutrition Reviews**, New York, v.49, n.3, p.65-70, 1991.

PAGBORN, R. M. Relative taste intensities of selectet sugars and organic acids. **Journal of Food Science**, Chicado, v.28, n.6, p. 726-733, 1963.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; ALMEIDA, J. H. S.; MOURA, C. F. H. **Produção e qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce sob cultivo irrigado**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1998. 5p. (Comunicado Técnico, 19).

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

PIAUI, Disponível em <http://campus.fortunecity.com/drew/273/piaui.doc>. Acesso em: 08 de março de 2009.

PINTO, S. A. A. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) cultivados em condição de sequeiro**. 1999. 69f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

PINTO, S. A. A.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H. Fresh consumption quality of the apple of some Brazilian early dwarf cashew clones (*Anacardium occidentale* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Miami, v.41, p.189-193, 1997.

PIRES, M. das G. de M. **Estudo taxonômico e área de ocorrência de *Spondias tuberosa* Arr. Cam. no Estado de Pernambuco**. Recife, PE: UFRPE, 1990. 289p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1990.

POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, Bern, v.67, n.5, p.289-297, 1997.

PONTES, A. L.; RIBEIRO, R. M. **Vocabulário da cultura e da industrialização do caju**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 61 p. 2006.

POULSEN, H. E.; PRIEME, H.; LOFT, S. Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. **European Journal of Cancer Prevention**, Oxford, v.7, n.1, p.9-16, 1998.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annual Missouri Botanic Garden**, 80: 902-927. 1993.

QUEIROZ, M. A. de.; NASCIMENTO, C. E. de S.; SILVA, C. M. M. de.; LIMA, J. L. dos S. Fruteiras nativas do semi-árido do nordeste brasileiro: algumas reflexões sobre seus recursos genéticos. In: Simpósio Nacional de Recursos Genéticos de Fruteiras Nativas, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais ... Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF**, p.87-92. 1993.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Sci.**, v.2, n.4, p. 152-159. 1997.

RE, R.; PELLEGRINE, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology Medicine**. v. 26, n. 9-10, p.1231-1237, 1999.

RODRIGUES-AMAYA, D. B. Critical review of provitamina A: determination in plants foods. **Journal Micronutrients An.**, v.5, p.191-225, 1989.

ROMOJARO, F.; RIQUELME, F. Critérios de calidad del fruto. Câmbios durante la maduración. Identificación de critérios no destructivos. In: CALIDAD POST-COSECHA Y PRODUCTOS DERIVADOS EN FRUTOS DE HUESO. **Actas del seminário celebrado en la Fira de Lleida**. p.55-78, 1994.

RUFINO, M. S. M. **Caracterização física e química do fruto e pseudofruto, germinação e vigor de semente de genótipos de cajuí (*Anacardium spp.*)**. 2001, 51p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2001.

RUFINO, M. S. M. **Qualidade e potencial de utilização de cajuís (*Anacardium spp.*) oriundos da vegetação litorânea do Piauí.** 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente) Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2004.

RUFINO, M. S. M.; CORRÊA, M. P. F.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; LEITE, L. A. S. **Suporte tecnológico para a exploração racional do cajuzeiro.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 30p. (Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico, 107).

RUFINO, M. S. M.; VASCONCELOS, L. F. L.; CORRÊA, M. P. F.; RIBEIRO, V. Q.; SOARES, E. B. ; SOUZA, V. A. B. Caracterização física e química do fruto e pseudofruto de genótipos de cajuí (*Anacardium spp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/SBF, 2002. 4p. 1 CD.

SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. **As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino.** Publicações eletrônicas (Série outras publicações). Embrapa Semi-Árido. 2004.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p.923-930, 1997.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, C. E. de S.; CAMPOS, C. de O. Preservação da variabilidade genética e melhoramento do umbuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 104-109, 1999b.

SANTOS, E. de O. C.; OLIVEIRA, A. C. N. de. **Importância sócio-econômica do beneficiamento do umbu para os municípios de Canudos, Uauá e Curaçá.** Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA. 8p., 2001.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, M. C. **Recursos genéticos do umbuzeiro: preservação, utilização e abordagem metodológica.** In: QUEIRÓZ, M. A., GOEDERT, C. O., RAMOS, S. R. R. ed. Recursos genéticos e melhoramento de plantas do Nordeste brasileiro (on-line). Versão 1.0. Petrolina-PE. EMBRAPA Semi-Árido/Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Nov, 1999a. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/umbuzeiro.doc>. Acesso em: 22 maio. 2008.

SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SILVA, E. de B. **Informações sobre a cultura do umbuzeiro.** Nova Porteirinha, MG: EPAMIG-CTNM, 6p. (EPAMIG-CTNM. Circular, 8), 2000.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening.** London: Chapman e Hall, 450p. 1993.

SHANLEY, P.; LUZ, L; SWINGLAND, I. The faint promise of a distant market: a survey of Belém's trade in non-timber forest products. *Biodiversity and Conservation*, 11:615-636. 2002.

SIES, H. Strategies of antioxidant defence. Review. **European Journal of Biochemistry**, Berlin, v.215, n.2, p.213-219, 1993.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.62, n.6, p.1315-1321, 1995.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SILVA, C. R. M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Revista Nutrição**; v.14, n.2, p.135-143, 2001.

SILVA, C. M. M. de S.; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. da. **Caracterização de frutos do umbuzeiro**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1987. 17p. (Boletim de Pesquisa, 34).

SILVA, C. M. M. de S.; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. da. Propagação vegetativa do umbuzeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30. 1979, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBB, p.131-134. 1979.

SILVA JUNIOR, J. F. da.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E. **Recursos genéticos e melhoramento de fruteiras nativas e exóticas em Pernambuco**. In: Simpósio de Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro. Petrolina. Embrapa Semi-Árido e Recursos Genéticos e Biotecnologia (palestra) 15 p. 1998.

SILVA JÚNIOR, A.; PAIVA, F. F. A. **Estudos físicos e físico-químicos de clones de cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1994. 19p. (Boletim de pesquisa, 23).

SOARES, J. B. **Conservação do caju in natura**. Fortaleza: BNB, 1975. 41p. (Folheto).

SOUSA, P. H. M.; ALMEIDA, M. M. B.; FERNADES, A. G.; MAIA, G. A.; MAGALHÃES, A. C.; LEMOS, T. L. G. **Correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais em frutas tropicais do nordeste brasileiro**. In: 47º Congresso Brasileiro de Química- Associação Brasileira de Química, Natal, RN, 2007.

SOUZA, J. C. **Variabilidade genética e sistema de cruzamento** em populações naturais de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). 2000. 86p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

STAHL, W.; SIES, H. **Antioxidant activity of carotenoids**. Mol Aspects Med.; v.24: p.345-351. 2003.

STAHL, W.; SIES, H. **Antioxidant defence: vitamins E and C and carotenoids**. Diabetes, New York, v.46, p.S14-S18, Supplement 2. 1997.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**. v.13, p.215-225, 2002.

THANE, C.; REDDY, S. Processing of fruit and vegetables: effect on carotenoids. **Nutrition & Food Science** v.2: p.58-65.1997.

ULRICH, R. Organic acids. In: HULME, A. C. **The biochemistry of the fruits and their products**. London: Academic Press, p. 305-358, 1970.

VALOIS, A. C. C.; SALOMÃO, A. N.; ALLEM, A. C. Glossário de recursos genéticos vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1996. 62p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documento, 22).

VAN BUREN, J. Fruit phenolics. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruit and their products**. New York: Academic Press London, v.1, p. 269-304. 1970.

VIEIRA NETO, R. D. **Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiro Costeiros, 2002. 216p.

WAIT, A. J.; JAMIESON, G. I. The cashew: its botany and cultivation. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v.112, p.253-257, 1986.

WALTER, B. M. T.; CAVALCANTI, T. B. **Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal**. Brasília, DF: Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia, 2005. 761 p.

WHITING, G. C. Sugars. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruit and their products**. New York: Academic Press London, v.1, 1970, p. 1-31.

WU, L. C.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; ANNIE HO, J. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**. 2005 (in press).

CAPITULO II

QUALIDADE DE PEDÚNCULOS DE GENÓTIPOS DE CAJUIZEIRO (*Anacardium* spp.) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL

RESUMO

Para estudar o potencial de cajuzeiros presentes no Semi-Árido brasileiro, é imprescindível realizar pesquisas que apresentem frutos com boas características qualitativas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física, físico-química e química de pedúnculos de diferentes genótipos de cajuzeiro com vistas a enriquecer dados sobre potencial de utilização e variabilidade desta espécie. O estudo foi conduzido em 14 genótipos oriundos da região Semi-Árida de Ipiranga-PI. Colheram-se em torno de 100 frutos por planta, sendo 25 frutos utilizados para parte física, com base nas seguintes características: diâmetro basal e apical; comprimento; firmeza; teor de sólidos solúveis totais (SST); acidez total titulável (ATT); pH; relação SST/ATT, cor e açúcares solúveis totais. Os dados obtidos foram analisados através de estatística descritiva, envolvendo média e desvio-padrão através do programa Genes. Observou-se que em todos os pedúnculos dos genótipos de cajuzeiros avaliados o diâmetro basal foi superior ao apical, implicando em frutos de formato piriforme. Os pedúnculos dos genótipos 2 (20,13 °Brix), 9 (18,40 °Brix) e 11 (18,20 °Brix) apresentaram os maiores valores para sólidos solúveis, obtendo um valor médio de 16,80 °Brix. A firmeza dos pedúnculos de cajuzeiro avaliados teve uma variação de 7,34 N (genótipo 7) a 13,16 N. O genótipo 3 demonstrou ser o pedúnculo de coloração (laranja) mais intensa, enquanto os genótipos 5, 13 e 14 foram os que apresentaram pedúnculos de menor intensidade. A caracterização dos pedúnculos de genótipos de cajuzeiro demonstrou que há uma grande variabilidade genética para esta espécie na região Semi-Árida do Piauí. Os pedúnculos de cor amarela foram predominantes entre os demais, sendo que os genótipos 2, 3, 6, 9 e 11 apresentaram os melhores valores de sólidos solúveis, firmeza e açúcares totais, indicando um bom potencial para o mercado de mesa.

Palavras-chaves: variabilidade genética, caracterização, sólidos solúveis.

CHAPTER II

QUALITY OF CAJUI APPLES (*Anacardium* spp.) OF CAJUI TREE GENOTYPES FROM THE SEMI-ARID REGION OF PIAUÍ STATE - BRAZIL

ABSTRACT

To study the potential of cajui tree grown in the Brazilian semi-arid, it is essential to perform researches that identify fruit with good quality characteristics. This study aimed to evaluate the physical, physical-chemical and chemical quality of cajui apples of different genotypes of cajui tree in order to enrich data on potential use and variability of this species. The study was conducted on 14 genotypes from the semi-arid region of Ipiranga-Piauí State. Approximately 100 fruits per plant were picked, with 25 fruits used for the physical analyses, based on the following: basal and apical diameter; length; firmness; total soluble solids (TSS); total titratable acidity (TTA); pH; TSS/TTA ratio, color and total soluble sugar. The data were analyzed using descriptive statistics, including mean and standard deviation performed by the statistical package Genes. It was observed that the basal diameter was greater than the apical diameter in all cajui tree genotypes assessed, implying in pear-shaped fruit. Genotypes 2 (20.13 °Brix), 9 (18.40 °Brix) and 11 (18.20 °Brix) showed highest values for soluble solids, averaging 16.80 °Brix. The firmness of the cajui apples ranged from 7.34 N (genotype 7) to 13.16 N. Genotype 3 had more intense orange color, while genotypes 5, 13 and 14 were of lower intensity. The characterization of cajui apples of different genotypes of cajui tree revealed that there is a large genetic variability for this species in the semi-arid region of Piauí. The yellow cajui apples were predominant among the others, and the genotypes 2, 3, 6, 9 and 11 showed the highest values of soluble solids, firmness and total sugars when compared to cashew, indicating a good potential for fresh fruit market.

Keywords: genetic variability, characterization, soluble solids.

1. INTRODUÇÃO

As fruteiras nativas ocupam lugar de destaque nos diversos ecossistemas brasileiros e de um modo geral seus frutos são comercializados no mercado regional com grande aceitação popular. Algumas dessas espécies, entre elas o cajuzeiro, oferece na porção comestível frutos abundantes, nutritivos e suculentos, e desempenham um papel importante na nutrição do nordestino, principalmente como fonte de sais minerais e vitaminas. Além disso, algumas vezes, se tornam as únicas fontes alimentícias para os animais nativos (MENDES, 1997; AVIDOS e FERREIRA, 2000).

O cajuzeiro (*Anacardium* spp.) é uma espécie de Anacardiaceae nativa dispersa na Amazônia, no Nordeste, Goiás, Mato Grosso e Guianas e que habita na mata alta de terra firme ou de várzea, sendo raramente cultivada (MITCHELL e MORI, 1987). Em relação à planta, o termo é utilizado e fixado para a espécie classificada pela taxonomia clássica como *Anacardium microcarpum*, de ocorrência nos cerrados, transições e até nos tabuleiros costeiros do Nordeste Setentrional, principalmente a partir da costa do Piauí (LIMA, 1988).

A produção de cajuí (*Anacardium* spp.) ocorre no Piauí em sua maior parte em plantios constituídos espontaneamente com árvores não ordenadas, tanto na pequena como na grande propriedade, cujos proprietários não despertaram ainda para a importância econômica da atividade frutícola (LEAL et al., 2006).

A forma de exploração é puramente extrativista, uma característica observada em várias espécies nativas com potencial de uso econômico de forma racional (RUFINO et al., 2007). Todo o cajuí utilizado para consumo *in natura* e/ou para processamento é oriundo de áreas nativas, como no litoral piauiense, não existindo cultivos comerciais e/ou padrões de qualidade estabelecidos para os mesmos. A seleção de plantas produtivas e com características de qualidade de pedúnculos

desejáveis, tais como: firmeza, altos conteúdos de açúcares e vitamina C e baixa adstringência é, portanto, importante para definição de padrões e para a exploração da variabilidade genética no seu habitat (RUFINO, 2004).

Os pedúnculos de cajuzeiros são popularmente referidos como de excelente sabor. O elevado teor de açúcar e sólidos solúveis destes pedúnculos com repercussão na doçura, aparentemente, é responsável pela boa aceitação sensorial popularmente observada (AGOSTINI-COSTA et al., 2004). O pseudofruto também pode ser utilizado na produção de suco, polpa, compota, doce tipo ameixa e sorvete caseiro (EMBRAPA CERRADOS, 2007). Entretanto, o tamanho reduzido destes pedúnculos ainda é um obstáculo para o mercado, quando comparados aos do caju, cujos consumidores preferem pedúnculos com peso variando entre 100 e 140 g (PAIVA et al., 1998). No entanto, Rufino (2004) cita que o fato do pedúnculo do cajuzeiro ser menor e, portanto um produto diferenciado, a avaliação da distribuição dos cajús “maçãs” na bandeja de comercialização deve ser considerada antes de eliminá-los para o mercado de mesa.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física, físico-química e química de pedúnculos de diferentes genótipos de cajuzeiro com vistas a enriquecer dados sobre potencial de utilização e variabilidade desta espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os pedúnculos de cajuzeiro foram obtidos em áreas de ocorrência natural na região Semi-Árida de Ipiranga-PI no dia sete de outubro de 2006. Os cajús foram colhidos nas primeiras horas do dia retirando-os da planta manualmente no estágio de maturação fisiológica, caracterizado pela coloração do pedúnculo para cada genótipo e sua facilidade em desprender da planta. Foram colhidos cajús de 14 plantas, as quais

iam sendo georeferenciadas com uso do GPS, modelo eTrex Garmim, a medida que se observava o número de cajuís na planta correspondente ao que se utilizaria no trabalho. Os cajuís foram colocados sobre a espuma no interior de caixas plásticas apropriadas para colheita, sendo postos em apenas uma camada para evitar danos aos mesmos.

As avaliações foram realizadas logo após a colheita e os cajuís caracterizados fisicamente quanto ao diâmetro basal e apical, comprimento, firmeza e coloração. Logo ao término das análises físicas os pedúnculos foram congelados e transportados para a Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza, CE para realização das seguintes análises: sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, relação SST/ATT e açúcares solúveis totais.

O comprimento e diâmetros basal e apical de cada pedúnculo foram medidos com auxílio de um paquímetro digital (*Sylvac Fowler*) com os resultados expressos em mm. A firmeza foi realizada nos pedúnculos íntegros com penetrômetro manual, modelo FT 011 utilizando-se ponteiros de 6 mm de diâmetro. A punção foi realizada na porção basal do pedúnculo. A cor foi avaliada através da carta de cores - DIN 6164, comparando-se a coloração predominante no pedúnculo com a coloração que mais se aproximava das cores contidas nesta (BIESALSKI, nd).

Os sólidos solúveis totais foram obtidos utilizando-se refratômetro digital da marca ATAGO PR-101, de acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (1992). O pH foi realizado diretamente no suco do pedúnculo utilizando-se potenciômetro com membrana de vidro, conforme AOAC (1992). A acidez foi determinada em titulador automático Mettler, modelo DL 12. Os resultados foram expressos em % de ácido málico, segundo metodologia do IAL (1985). A relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (SST/ATT) foi obtida através do quociente entre os valores das duas análises.

Os açúcares solúveis totais foram doseados pelo método da antrona, segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Utilizou-se 0,5 g de polpa de pedúnculo de cajuí que foi diluída em água destilada em um balão de 250 mL. O

conteúdo do balão foi filtrado e utilizou-se uma alíquota de 0,1 ml para reação com antrona. Os tubos contendo a amostra foram colocados em banho de gelo e após receberem o reativo, foram agitados e colocados em banho-maria a 100 °C por 8 min, e imediatamente devolvidos ao banho de gelo. A leitura foi feita a 620 nm e os resultados expressos em %.

A disposição geográfica das plantas e coleta dos frutos, neste trabalho, não se adequam a um desenho experimental que permita o uso da Análise de Variância, todavia, foram adotadas análises estatísticas uni e multivariadas apropriadas ao estudo do potencial das plantas de cajuzeiro avaliadas. Para a análise estatística foram utilizados 25 frutos por repetição por planta para as características físicas e 3 repetições para as determinações das características químicas, num total de 14 plantas de cajuzeiros. Foram realizadas análises descritivas obtendo médias e desvio padrão e todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do programa GENES (CRUZ, 2001) e os gráficos elaborados no programa Excel[®].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da coloração dos pedúnculos (Tabela 1) através da Carta de Cores DIN 6164 (BIESALSKI, s.d.) demonstra certa uniformidade na coloração dos pedúnculos de cajuzeiro quando comparado com o cajueiro anão precoce, variando do amarelo claro ao laranja. O genótipo 3 demonstrou ser o de coloração (laranja) mais intensa, enquanto os genótipos 5, 13 e 14 foram os de menor intensidade. De acordo com Paiva et al. (1998), a cor é uma característica física de fundamental importância para a boa aceitação do produto por parte do consumidor, sendo, segundo Mazza e Brouillard (1987), um dos mais importantes atributos do alimento, já que a escolha deste seria extremamente difícil se esta fosse removida.

Tabela 1 - Coloração de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

Genótipo	Carta de cores	Cor
1	E2 : 6,5 : 1,5	Amarelo
2	E2 : 6,5 : 1,5	Amarelo
3	E4 : 7,0 : 1,5	Laranja
4	D3 : 5,5 : 1,5	Laranja claro
5	E1,5: 7,0: 1,5	Amarelo claro
6	D4 : 5,5 : 1,5	Laranja
7	D2 : 5,5 : 1,5	Amarelo
8	D2 : 5,5 : 1,5	Amarelo
9	E2 : 6,5 : 1,5	Amarelo
10	D3 : 5,5 : 1,5	Laranja claro
11	F3 : 7,0 : 1,0	Laranja claro
12	E2 : 6,5 : 1,5	Amarelo
13	F1,5 : 6,5 : 1	Amarelo claro
14	E2 : 6,5 : 1	Amarelo claro

* (BIESALSKI, s.d.)

O tamanho e a forma, assim como o comprimento do pedúnculo do cajuzeiro, são variáveis que devem ser consideradas no processo de comercialização, pois os frutos com uma melhor apresentação em uniformidade física são os preferidos para uma boa aceitação pelo consumidor. O comprimento (Figura 1) dos pedúnculos de cajuzeiros avaliados oscilou entre 17,32 mm para o genótipo 6 e 29,55 mm para o genótipo 4, com uma média geral de 23,62 mm.

Rufino et al. (2002), trabalhando com 30 genótipos de cajuzeiros oriundos da região Meio-Norte, encontraram uma variação maior, entre 15,78 a 42,29 mm de comprimento. A média geral encontrada (23,62 mm) foi inferior a destes autores (29,33 mm), salientando que os autores citados trabalharam com frutos provenientes de outra região e 16 genótipos a mais que os observados neste trabalho, o que pode ter implicação na amostra, contribuindo para a maior variação.

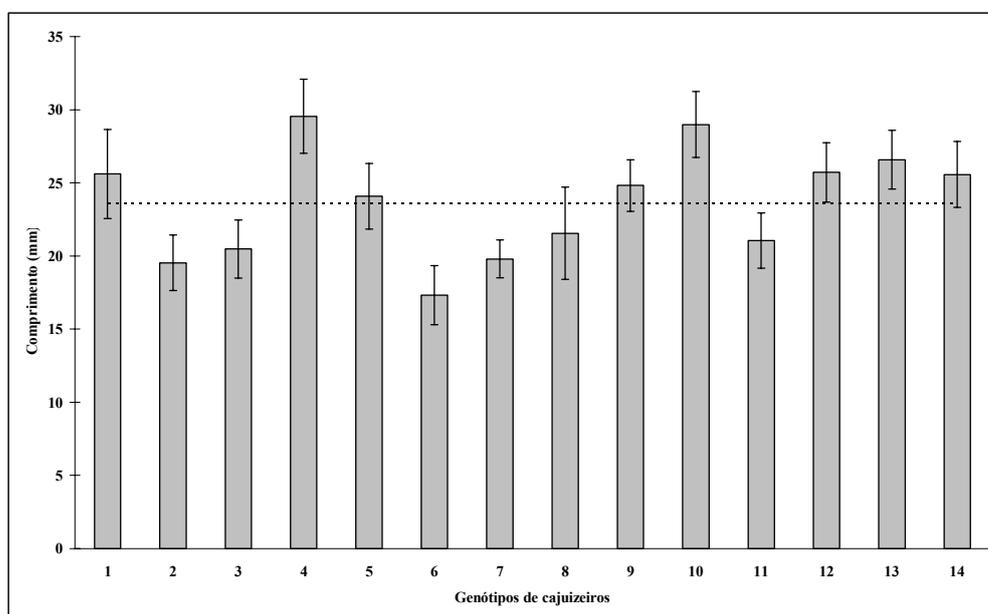


Figura 1 – Comprimento de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

De acordo com a Figura 2 os genótipos 5 (25,43 mm), 13 (24,85 mm) e 12 (24,06 mm) foram os que apresentaram os maiores valores médios com relação ao diâmetro basal (próximo à inserção da castanha). Rufino et al. (2002) encontraram valores de 14,50 a 44,68 mm para essa variável, sendo que a média encontrada foi de 30,21 mm, acima do valor observado neste trabalho que foi de apenas 20,66 mm.

O formato é um dos aspectos de qualidade que desempenha um papel fundamental na hora da compra, pois o consumidor mais exigente prefere frutos uniformes e mais definidos em relação a uma variedade comercial, e em se tratando de frutas nativas, o formato deve ser cuidadosamente avaliado.

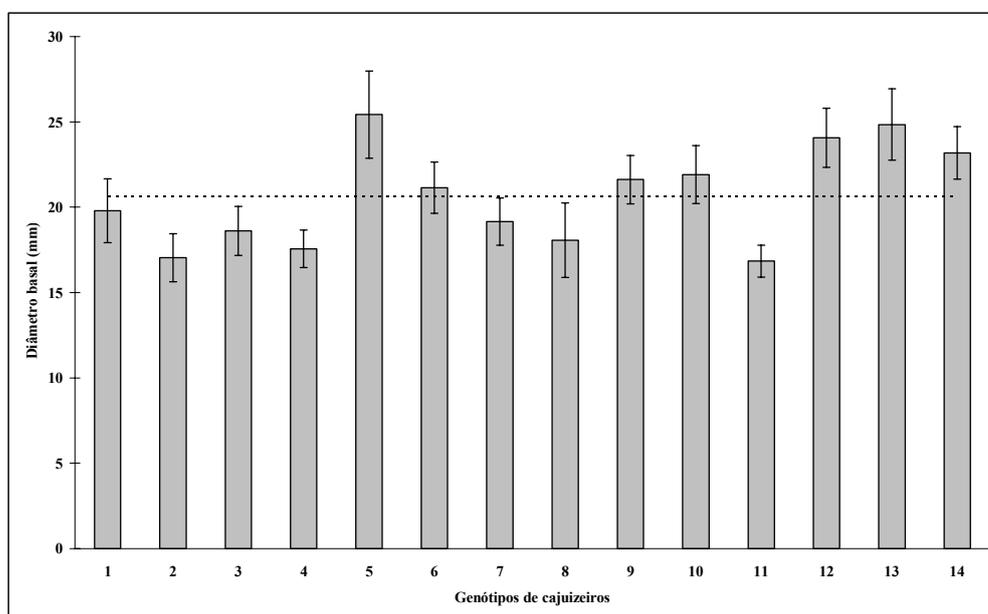


Figura 2 – Diâmetro basal de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

Em relação ao diâmetro apical (Figura 3), os pedúnculos dos genótipos 12 (15,16 mm), 13 (14,43 mm), 14 (14,26 mm), 5 (14,18 mm), 6 (13,80 mm) e 9 (13,27 mm) apresentaram os maiores valores. Avaliando também o diâmetro apical em pedúnculos de cajuzeiro da região Meio-Norte, Rufino et al. (2002) encontraram valores que variaram de 9,71 a 37,58 mm e média de 22,73 mm, sendo bem acima a deste trabalho que foi de 11,48 mm.

Observou-se nesse trabalho que em todos os pedúnculos de genótipos de cajuzeiro avaliados o diâmetro basal foi superior ao apical, implicando em frutos de formato piriforme, como é exigido pelo mercado consumidor (MOURA et al., 2001).

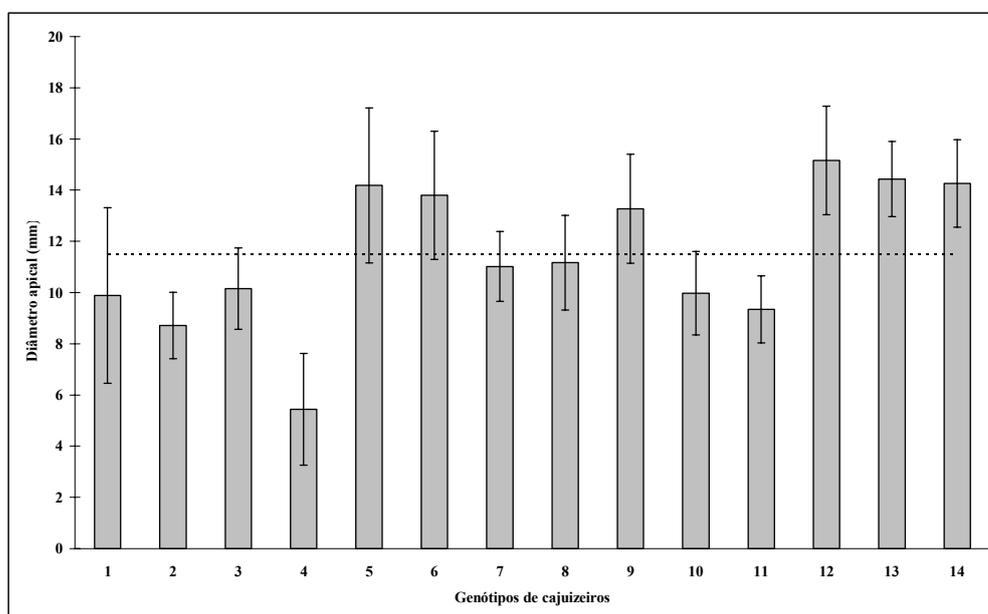


Figura 3 – Diâmetro apical de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

A firmeza dos pedúnculos de cajuzeiro avaliados teve uma variação de 7,34 N (genótipo 7) a 13,16 N (genótipo 2), sendo a média geral de 9,98 N (Figura 4). Moura et al. (2001) avaliando pedúnculos de nove clones de cajueiro anão precoce, cultivados sob irrigação, observaram que apenas o ‘CCP 09’ (7,42 N) e ‘BRS 189’ (7,25 N) apresentaram pedúnculos mais firmes que o ‘CCP 76’ (5,83 N), sendo que os demais foram praticamente equivalentes. Pinto et al. (1997) encontraram para os clones de cajueiro ‘CAP 11’, ‘CAP 15’ e ‘CAP 22’ uma firmeza significativamente maior do que o ‘CCP 76’, sugerindo que eles podem ter uma vida útil pós-colheita superior quando comparado com os outros clones.

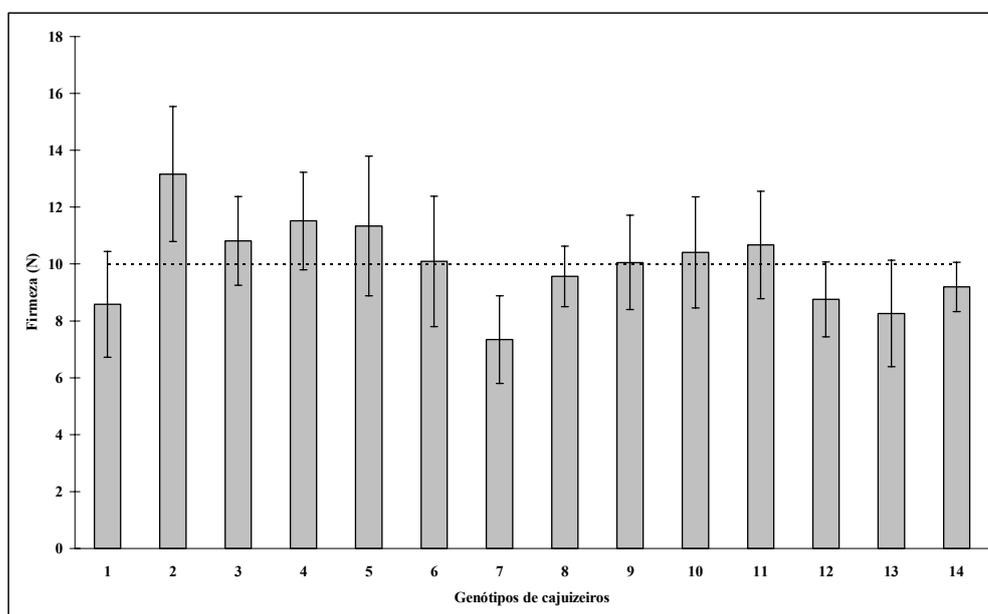


Figura 4 – Firmeza de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

Em experimento realizado em Pacajus, CE, avaliando a qualidade de pedúnculos de cajueiro anão precoce, de cajuís e de seus híbridos, Crisóstomo et al. (2002) encontraram valor médio de firmeza de 10,8 N em cajuí (*A. microcarpum*), firmeza superior aos dos cajuís avaliados ('CCP 76' – 5,9 N e 'CCP 09' – 7,9 N). Moura et al. (2004), em experimento de conservação pós-colheita de cajuís da mesma origem observaram valores ainda maiores (17,87 N) por ocasião da colheita.

Rufino (2004), estudando a qualidade de pedúnculos de cajuzeiros oriundos da região litorânea do Piauí, obteve uma amplitude de 9,21 N a 19,97 N e média geral de 14,36 N, valores superiores aos encontrados neste trabalho.

A firmeza encontrada para a maioria dos pedúnculos de cajuzeiro está acima da faixa encontrada na literatura para o caju, podendo-se inferir que a alta firmeza dos pedúnculos de cajuzeiro também estaria associada a uma maior resistência durante o

manejo pós-colheita, com um conseqüente prolongamento de sua vida útil e a qualidade por um maior período de tempo.

O caju por ser um fruto não-climatérico (BIALE e YOUNG, 1981), precisa ser colhido em seu completo desenvolvimento para que apresente um teor mínimo de sólidos solúveis aceitável para a comercialização. Da mesma forma, o cajuí pela proximidade genética com o caju, por ser uma variedade ou ecotipo deste, segundo Cunha (2002), deve ser colhido em estágio de maturação semelhante ao caju para que possa expressar suas características mais apreciáveis para o consumo. De acordo com a Figura 5, os genótipos 2 (20,13 °Brix), 9 (18,40 °Brix) e 11 (18,20 °Brix), apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis, obtendo um valor médio de 16,80 °Brix, o que torna o cajuí um produto de valor considerável em relação a essa variável para o processamento, quando comparado ao caju.

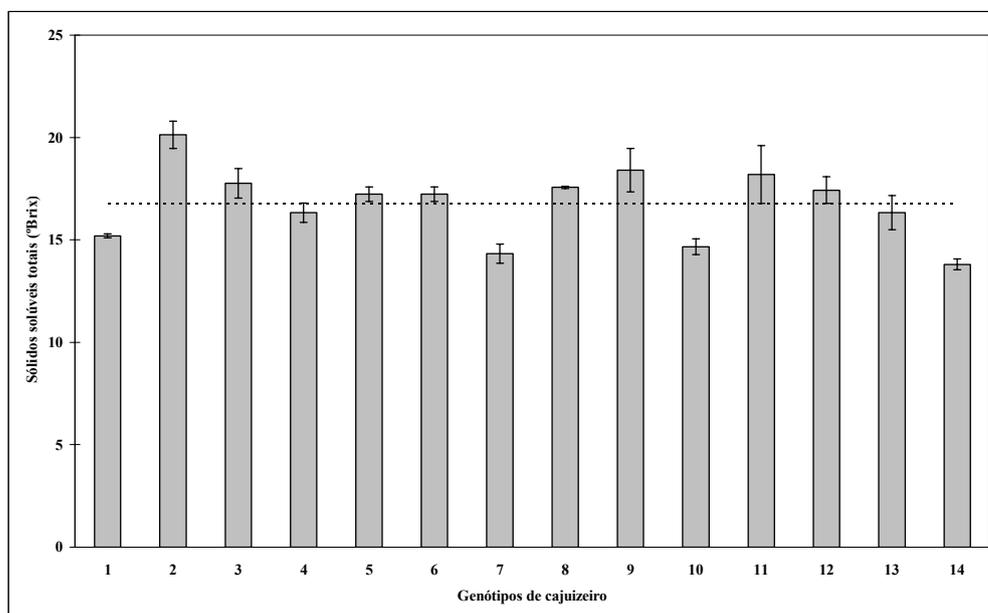


Figura 5 – Sólidos solúveis totais de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

A variação encontrada nesse trabalho de 13,80 a 20,13 °Brix está dentro da faixa observada por Rufino (2001), que trabalhando com 30 genótipos de cajuzeiros oriundos da Região Meio-Norte do Brasil, encontrou uma amplitude de 8 a 21,13 °Brix. No entanto, se encontra acima dos observados por Rufino (2004), que estudando a qualidade de pedúnculos de cajuzeiros oriundos da região litorânea do Piauí, encontrou teores máximos de 16,83 e 16,77 °Brix para os genótipos 22 e 20, respectivamente.

A qualidade de pedúnculos de cajueiro, como matéria-prima para processamento de polpa, está regulamentada pelo MAPA por meio da Instrução Normativa N° 01, de 07 de janeiro de 2000, que fixa os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para Polpa de Fruta (BRASIL, 2000). Esta norma estabelece para polpa de caju um mínimo de 10 °Brix. Até o momento não existe regulamento técnico para fixação dos PIQ para o cajuí como matéria prima. No entanto, levando-se em consideração a semelhança entre os produtos e os resultados aqui obtidos para pedúnculos de cajuzeiros oriundos do Semi-Árido piauiense, os mesmos seriam bem superiores aos padrões exigidos pelo MAPA para o caju.

Nesse trabalho, os pedúnculos do genótipo 2 apresentaram os maiores teores (15,23%) de açúcares solúveis totais (AST) (Figura 6), seguido dos pedúnculos dos genótipos 9, 3 e 8, com 14,52%, 13,70% e 13,57%, respectivamente. O genótipo 10 foi o que apresentou pedúnculos com a menor porcentagem nessa variável, no entanto, ainda foi superior aos resultados encontrados por Maia et al. (2004) que obtiveram para os pedúnculos dos clones ‘CCP 76’, ‘CCP 1001’ e ‘CCP 06’ de cajueiro anão precoce teores de AST de 8,74, 9,67 e 8,55%, respectivamente.

A amplitude de variação nesse trabalho foi de 10,28 a 15,23%, estando com o teor máximo acima do encontrado por Rufino (2004) em pedúnculos de cajuzeiro, que foi de 13,75 %. A faixa de variação aqui encontrada se enquadra na relatada para caju,

que é de 6,90 a 15,81 % (MOURA FÉ et al., 1972; ORTIZ e ARGUELLO, 1985; KUNDU e GHOSH, 1994; SILVA JÚNIOR e PAIVA, 1994).

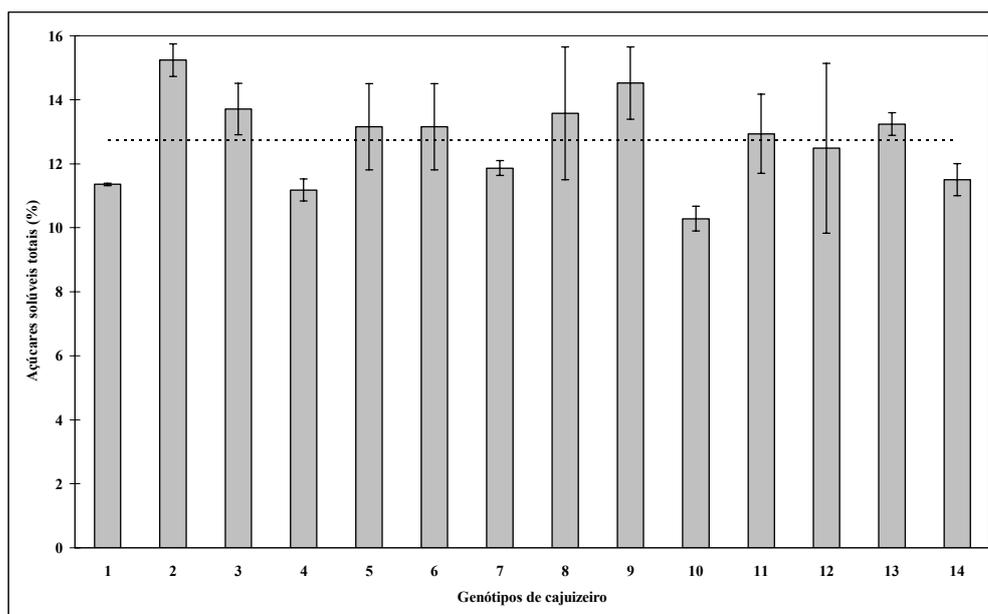


Figura 6 – Açúcares solúveis totais de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

De uma forma geral, os pedúnculos de cajuzeiro analisados apresentaram uma variação relativamente alta para a acidez, avaliada por meio da ATT e do pH (Figuras 7 e 8, respectivamente), quando comparada ao caju. A ATT oscilou de 0,71 a 1,97 %, o pH variou de 3,28 a 3,77, sendo a média para as duas características de 1,31 % e 3,51, respectivamente. Além disso, os resultados indicam que os pedúnculos de cajuzeiro, em sua maioria, são mais ácidos que o caju e, portanto uma matéria prima mais segura do ponto de vista microbiológico. Rufino et al. (2002) já havia observado essa alta variabilidade trabalhando com 30 genótipos de cajuzeiros nativos oriundos da região

Meio-Norte, relatando que a ATT variou de 0,14 a 1,81 %, com média de 0,81 %, enquanto que o pH de 2,73 a 5,29, com média de 3,79.

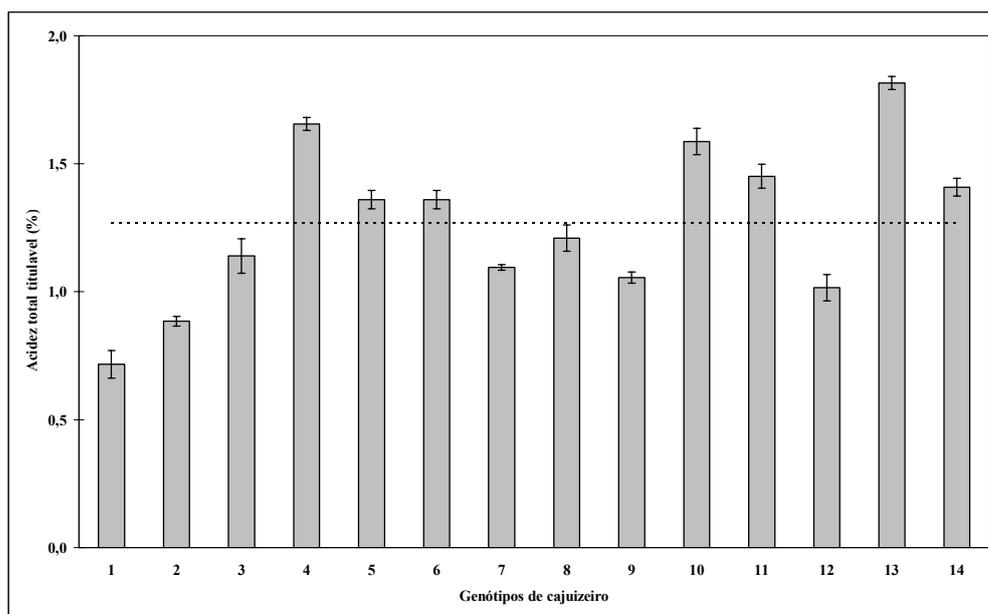


Figura 7 – Acidez total titulável de pedúnculos de genótipos de cajueiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

A importância do pH está relacionada com a qualidade e segurança dos alimentos. De um modo geral, fornece uma indicação do seu grau de deterioração, atestado pela acidez desenvolvida (GOMES, 1996). Baseando-se no pH mínimo para multiplicação e produção da toxina de *Clostridium botulinum* (4,5) e no pH mínimo para proliferação da maioria das bactérias (4,0), pode-se subdividir os alimentos em: baixa acidez - pH situa-se acima de 4,5; ácidos - pH entre 4,0 e 4,5; e muito ácidos - pH inferior a 4,0 (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

Em trabalhos realizados com pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce, observa-se que este produto apresenta uma acidez relativamente alta, podendo

ou não implicar em não adequação às normas vigentes para polpa de caju, que estabelece uma ATT mínima de 0,30 % e um pH máximo de 4,6 (BRASIL, 2000). Moura (1998), que trabalhou com pedúnculos de 9 clones de cajueiro anão precoce cultivados sob irrigação, encontrou uma ATT média de 0,33 % e pH de 4,3. Pinto (1999), avaliando 11 clones de cajueiro anão precoce cultivados em regime de sequeiro em duas épocas, encontrou valores médios de 0,36 e 0,28 % e de 4,35 e 4,45, para ATT e pH, respectivamente. Já Aguiar (2001) trabalhando com outros 9 clones, observou uma média de 0,37 % para ATT e 4,41 para pH.

Avaliando-se os resultados obtidos para acidez e pH (Figuras 7 e 8), pode-se verificar que todos os pedúnculos de cajuzeiros avaliados apresentaram padrões adequados como matéria-prima estabelecidos para processamento de polpa de caju (BRASIL, 2000).

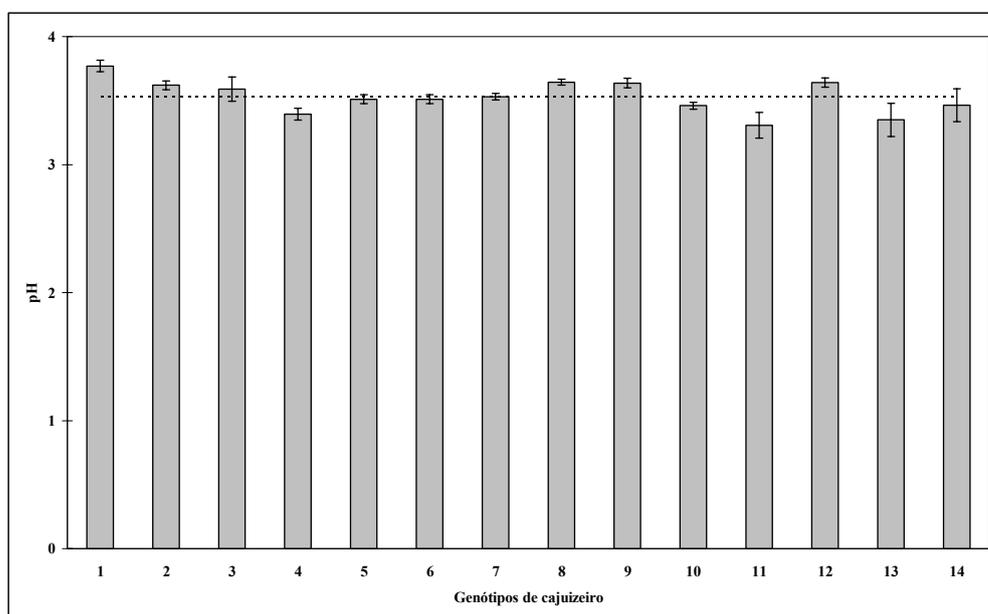


Figura 8 – pH de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

A relação SST/ATT apresentou valor baixo na maioria dos pedúnculos de cajuzeiros avaliados, com variabilidade de 8,30 a 22,71 e média de 13,81 (Figura 9). Essa média é bastante inferior aos trabalhos com pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce avaliados por Moura (1998), Pinto (1999) e Aguiar (2001) que encontraram variação de 32,78 a 36,19. Os pedúnculos dos genótipos 2 e 1 apresentaram as maiores relações com valores de 22,71 e 21,29, respectivamente.

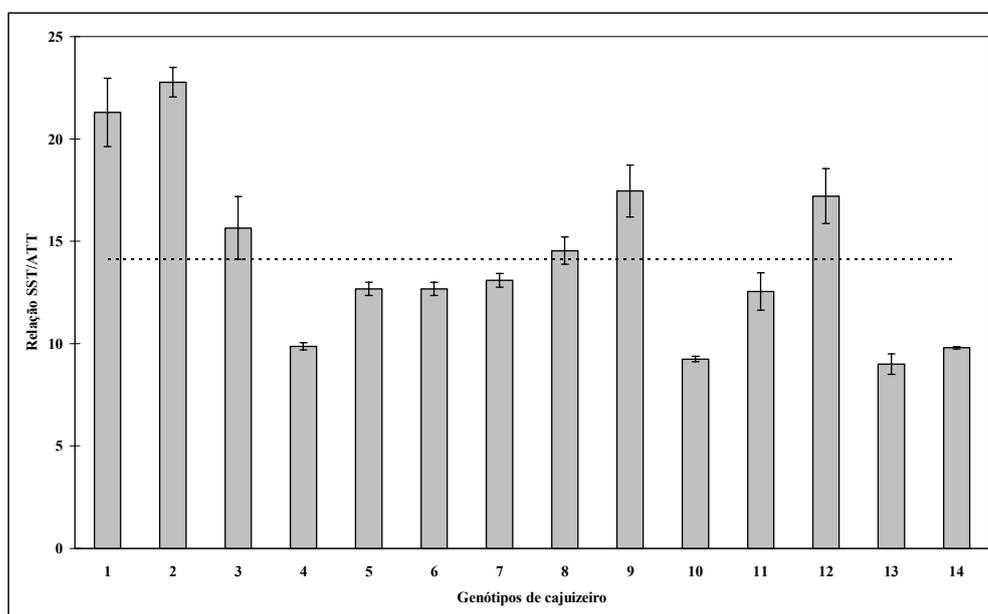


Figura 9 – Relação SST/ATT de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

A relação SST/ATT elevada é desejável, seja ela para o mercado de mesa quanto para o processamento. Rufino (2001), avaliando os cajuís coletados na região Meio-Norte, encontrou para essa característica uma grande variabilidade em consequência das diferenças existentes entre os genótipos quanto às duas variáveis que geram esse índice. A relação SST/ATT encontrada pelo citado autor variou de 7,23 a 85,58, porém, a média foi relativamente baixa (24,61), sendo, mesmo assim, quase o dobro da encontrada no trabalho aqui realizado, o que pode-se inferir que nem todos os cajuís analisados neste trabalho não apresentam uma boa relação SST/ATT para frutos com destino ao mercado de mesa.

Os valores encontrados neste trabalho estão dentro da faixa observada por Rufino (2004), que estudando a qualidade de pedúnculos de cajuzeiros oriundos da região litorânea do Piauí, encontrou uma relação SST/ATT com variação de 7,48 a

66,77, com média de 31,63, salientando que o citado autor trabalhou com pedúnculos de cajuzeiros de outra região e 18 genótipos a mais.

4. CONCLUSÕES

A caracterização dos pedúnculos de genótipos de cajuzeiro demonstrou que há uma grande variabilidade genética para esta espécie na região Semi-Árida do Piauí, o que poderá ser utilizada no melhoramento genético para essa cultura.

Os pedúnculos de genótipos de cor amarela foram predominantes entre os demais, destacando-se os de números 2 e 9 por apresentarem os maiores valores de firmeza, SST, relação SST/ATT e açúcares solúveis totais, aliados a uma baixa acidez, o que pode ser indicado tanto para o consumo *in natura* como para a indústria.

Dentre os pedúnculos de genótipos de cor laranja claro a laranja, os de número 3, 6, e 11 apresentaram os melhores valores de sólidos solúveis, firmeza e açúcares totais quando comparados ao caju, indicando um bom potencial para o mercado de mesa.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI-COSTA, T. da S.; JALES, K. A.; GARRUTI, D. dos S.; PADILHA, V. A.; LIMA, J. B.; AGUIAR, M. de J.; PAIVA, J. R. Teores de ácido anacárdico em pedúnculos de cajueiro *Anacardium microcarpum* e em oito clones de *Anacardium occidentale* var. *nanum* disponíveis no Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1075-1080, 2004.

AGUIAR, L. P. **β -caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético.** 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** 11. ed. Washington: AOAC, 1992. 1115p.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos Cerrados – Preservação gera muitos frutos.** Ano 3, n.15, 2000. Disponível em: <<http://www.biotechnologia.com.br/bio15/frutos.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2007.

BIALE, J.B.; YOUNG, R. E. Respiration and ripening in fruits retrospect and prospect. In: FRIEND, J.; RHODES, M. J. C. (eds.) **Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables**, London: Academic Press, 1981. p.1-37.

BIESALSKI, E. **Pflanzenfarben-Atlas.** Mit farbzeichen nach DIN 6164 in der genauigkeitsstufe 1/2 [s.d.].

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. **Diário Oficial da União**, 10 de jan. de 2000. Seção 1, p. 54.

CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTE, J. J. V.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E.; FREITAS, J G; OLIVEIRA, J. N. Melhoramento do cajueiro-anão-precoce: avaliação da qualidade do pedúnculo e a heterose dos seus híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.477-480, 2002.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2001. 648p.

CUNHA, R. M. S. da. **Filogenia molecular em Anacardium (Anacardiaceae): utilização do gene da subunidade pequena do RNA ribossômico (SSU rRNA)**. 2002. 78 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

EMBRAPA CERRADOS. **Aproveitamento alimentar: cajuí (*Anacardium humile* St. Hil.)**. Embrapa Cerrados, 1^a ed, 3^a impressão, 2007.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182p.

GOMES, J. C. **Análise de alimentos**. Viçosa: UFV, 1996. 126p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. Ed. São Paulo: IAL, 1985. v.1.

KUNDU, S.; GHOSH, S. N. Studies on physico-chemical attributes of cashew apple of thirty one types. **Cashew Bulletin**, Cochin, v.31, p.6-11, 1994.

LEAL, A. F.; SOUZA, V. A. B. de.; GOMES, J. M. A. Condições do extrativismo e aproveitamento das frutas nativas na microrregião de Teresina, Piauí. **Revista Ceres**, v.53, n.310 pág. 511-513, 2006.

LIMA, V. de P. M. S. **Botânica**. In: LIMA, V. de P. M. S. (Ed.) A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza: BNB-ETENE, 1988. p.15-61.

MAIA, G. A., SOUSA FILHO, M. S. M., FIGUEIREDO, R. W., BRASIL, I. M.. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.35, p.272-278, 2004.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Colour stability and structural transformations of cyanidin 3,5-diglucoside and 4,3-deoxyanthocyanins in aqueous solutions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.35, p.422-426, 1987.

MENDES, B. V. Importância social, econômica e ecológica da caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO, 1, 1997, Mossoró. **Anais...** Mossoró: Universidade Regional do Rio Grande do Norte/Fundação Vingt-Um Rosado, p.26-35. 1997.

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

MOURA, C. F. H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) Irrigados**. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

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

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; RUFINO, M. S. M.; SILVEIRA, M. R. S. Potencial de conservação de pedúnculos de cajuzeiro sob refrigeração e atmosfera modificada. In: XXVII REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 2004, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 1 CD.

MOURA FÉ, J. A. HOLANDA, L. F. F.; MARTINS, C. B. Características químicas do hipocarpo de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.2, n.2, p.103-108, 1972.

ORTIZ, A. J.; ARGUELLO, O. A. Algunas características físicas y composición química de la manzana de marañón (*Anacardium occidentale* L.). **Turrialba**, San José, v.35, n.1, p.1-3, 1985.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; ALMEIDA, J. H. S.; MOURA, C. F. H. **Produção e qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce sob cultivo irrigado**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1998. 5p. (Comunicado Técnico, 19).

PINTO, S. A. A. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) cultivados em condição de sequeiro**. 1999. 69f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

PINTO, S. A. A.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H. Fresh consumption quality of the apple of some Brazilian early dwarf cashew clones (*Anacardium occidentale* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Miami, v.41, p.189-193, 1997.

RUFINO, M. S. M. **Caracterização física e química do fruto e pseudofruto, germinação e vigor de semente de genótipos de cajuí (*Anacardium spp.*)**. 2001, 51p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2001.

RUFINO, M. S. M. **Qualidade e potencial de utilização de cajús (*Anacardium spp.*) oriundos da vegetação litorânea do Piauí..** 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente) Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2004.

RUFINO, M. S. M.; CORRÊA, M. P. F.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; LEITE, L. A. S. **Suporte tecnológico para a exploração racional do cajuzeiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 30p. (Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico, 107).

RUFINO, M. S. M.; VASCONCELOS, L. F. L.; CORRÊA, M. P. F.; RIBEIRO, V. Q.; SOARES, E. B.; SOUZA, V. A. B. Caracterização física e química do fruto e pseudofruto de genótipos de cajuí (*Anacardium spp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/SBF, 2002. 4p. 1 CD.

SILVA JÚNIOR, A.; PAIVA, F. F. A. **Estudos físicos e físico-químicos de clones de cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1994. 19p. (Boletim de pesquisa, 23).

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p.508-514, 1954.

CAPÍTULO III

COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE PEDÚNCULOS DE GENÓTIPOS DE CAJUZEIRO (*Anacardium* spp.) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL

RESUMO

As fruteiras nativas destacam-se pelo elevado valor econômico, tanto no comércio de frutas frescas, como na produção de matérias-primas para a agroindústria. Algumas dessas espécies, entre elas o cajuí, apresentam fontes de sais minerais e vitaminas. Neste trabalho objetivou-se avaliar os compostos bioativos e a atividade antioxidante total de pedúnculos de diferentes genótipos de cajuzeiro nativos da região Semi-Árida do Piauí. Foram colhidos cajuís de 14 genótipos provenientes da região Semi-Árida de Ipiranga-PI. Colheram-se em torno de 100 frutos por planta onde foram devidamente congelados, acondicionados e transportados para o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza, CE. Os cajuís foram avaliados conforme as seguintes análises: vitamina C, antocianinas, carotenóides totais, flavonóides amarelos, polifenóis extraíveis totais e a atividade antioxidante total através dos métodos da capacidade de seqüestrar o cátion radical ABTS e do método DPPH• - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila. Os dados obtidos foram analisados através de estatística descritiva utilizando o programa Genes. O teor de vitamina C foi bastante elevado para a maioria dos pedúnculos observados, apresentando valores acima de 200 mg/100g. Observou-se uma grande variabilidade entre as variáveis nos pedúnculos avaliados e que existe uma relação direta entre os PET e a atividade antioxidante total. Os pedúnculos dos genótipos 2 e 10 se destacaram entre os demais por apresentarem os melhores valores de vitamina C, polifenóis extraíveis totais e a atividade antioxidante total pelos dois métodos.

Palavras-chave: vitamina C, polifenóis, ABTS, DPPH.

CHAPTER III

BIOACTIVE COMPOUNDS AND TOTAL ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CAJUI APPLES OF CAJUI TREE (*Anacardium* spp.) GENOTYPES FROM THE SEMI-ARID REGION OF PIAUÍ STATE - BRAZIL

ABSTRACT

Native fruits stand out due to high economic value, both in the fresh fruit market and in the production of raw material for the agroindustry. Some of these species, including cajui, are sources of minerals and vitamins. This study aimed to assess the bioactive compounds and total antioxidant activity of cajui apples of different genotypes native from the semi-arid region of Piauí State. Cajui apples from 14 genotypes from the semi-arid region of Ipiranga-Piauí State were picked. Approximately 100 fruit per plant were picked and properly frozen, packaged and transported to the Postharvest laboratory at Embrapa Tropical Agroindustry, located in Fortaleza, Ceará State. The fruit were assessed for the following analysis: vitamin C, anthocyanins, total carotenoids, yellow flavonoids, total extractable polyphenols and total antioxidant activity by both methods of the ABTS radical cation scavenging capacity and DPPH• - 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. The data were analyzed by descriptive statistics using the statistical package Genes. The content of vitamin C was very high for most of the assessed cajui apples, showing values above 200 mg/100g. A large variability among the variables in the assessed cajui apples and a direct relationship between the PET and the total antioxidant activity were observed. Cajui apples from genotypes 2 and 10 were distinguished among the others for having the best vitamin C contents, total extractable polyphenols and total antioxidant activity by both methods.

Keywords: vitamin C, polyphenols, ABTS, DPPH.

1. INTRODUÇÃO

Na fruticultura comercial, as espécies nativas constituem uma preciosa fonte de riqueza e de alimentos, necessitando serem preservadas e estudadas, visando sua utilização racional com vistas a sua inserção no mercado (1). Algumas dessas espécies, entre elas o cajuí, apresentam sais minerais e vitaminas. Além disso, algumas vezes, se tornam as únicas fontes alimentícias para os animais nativos (2, 3).

O cajuzeiro é uma árvore típica dos campos altos, arenosos e secos, do baixo Amazonas paraense e da ilha de Marajó. Árvore pequena (4 a 6 m de altura), parecida com indivíduos de menor tamanho de *Anacardium occidentale* L. As folhas, no entanto, são mais duras, com pecíolo mais aplainado e parte inferior muito grossa. As inflorescências são menos densas. As flores aparecem no começo do verão e os frutos no meio deste. A castanha é muito pequena, excedida em tamanho pelo pedúnculo e apresenta nomes comuns como cajuí e caju do campo (4, 5). A coloração dos pedúnculos de cajuzeiro pode variar de amarelo-clara a vermelho-intensa, predominando a amarela (6, 1).

Devido a proximidade genética com o caju, o cajuí, classificado por Mitchell e Mori (7) como sendo variabilidade de *A. occidentale* L., pode apresentar propriedades biológicas semelhantes ao caju, pois para este fruto há vários trabalhos de pesquisa desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e por outras instituições de pesquisa enfatizando que o pedúnculo de cajuzeiro é rico em vitamina C, fibras e compostos fenólicos que conferem potencial antioxidante à polpa do mesmo. Esta propriedade biológica está associada à prevenção de doenças crônico-degenerativas, como problemas cardiovasculares, câncer e diabetes, que avançam a cada ano, superando estatísticas e preocupando as lideranças governamentais da área de saúde (8).

A produção de radicais livres é controlada nos seres vivos por diversos

compostos antioxidantes, os quais podem ter origem endógena, ou serem provenientes da dieta alimentar e outras fontes. Destas últimas, destacam-se tocoferóis (vitamina E), ácido ascórbico (vitamina C), polifenóis e carotenóides. Quando há limitação na disponibilidade de antioxidantes podem ocorrer lesões oxidativas de caráter cumulativo. Os antioxidantes são capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres antes que ataquem os alvos biológicos nas células (9).

Diversos métodos analíticos vêm sendo desenvolvidos para determinar o potencial antioxidante dos alimentos. O método que utiliza o radical livre 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazoline-6-sulfonato, (ABTS⁺), tem sido bastante empregado, por ser um método estável e sensível para avaliação de amostras de frutas (10).

O método de seqüestro do radical livre DPPH pode ser utilizado para avaliar a atividade antioxidante total (AAT) de compostos específicos ou de um extrato em um curto período de tempo (11). Este método se baseia na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um radical livre, o DPPH•, que ao se reduzir perde sua coloração púrpura. Desta forma, avalia apenas o poder redutor do antioxidante, que ao doar um elétron se oxida e por este motivo não detecta substâncias pró-oxidantes (12). Segundo Leong e Shui (13), este método tem sido uma ferramenta útil para avaliar a capacidade antioxidante de frutos.

De aparência exótica, aroma agradável e sabor singular, o pedúnculo do cajueiro, assim como do cajuzeiro, é perfeito para enriquecer e diversificar pratos da culinária tropical. A referência sensorial e nutricional da polpa suculenta faz deste um dos produtos com potencial para a exploração no território brasileiro. Os pedúnculos do cajueiro e cajuzeiro são consumidos pelo sabor especial e pelo alto valor nutritivo relacionado, principalmente, devido ao elevado teor de vitamina C (8).

Este trabalho teve como objetivos avaliar os compostos bioativos e a atividade antioxidante total de diferentes pedúnculos de genótipos de cajuzeiro nativos da região Semi-Árida do Piauí através da capacidade de seqüestrar o cátion radical ABTS e do método DPPH e disponibilizar conhecimentos sobre sua qualidade, potencial

antioxidante e conseqüentemente dos benefícios à saúde pelo consumo dos seus pedúnculos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os pedúnculos de cajuzeiro foram obtidos em áreas de ocorrência natural na região Semi-Árida de Ipiranga-PI. Os cajuís foram colhidos no dia sete de outubro de 2006 nas primeiras horas do dia, retirando-se da planta manualmente no estágio de maturação fisiológica, caracterizado pela coloração do pedúnculo para cada genótipo e sua facilidade em se desprender da planta. Foram colhidos cajuís de 14 genótipos e as plantas georeferenciadas com uso do GPS, modelo eTrex Garmim, a medida que se observava o número de cajuís na planta correspondente ao que se utilizaria no trabalho. Os cajuís foram colocados sobre a espuma no interior de caixas plásticas apropriadas para colheita, sendo postos em apenas uma camada para evitar danos aos mesmos.

Logo após a colheita os cajuís foram congelados e transportados para a Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza, CE. Após o descongelamento foram realizadas as seguintes análises: vitamina C, flavonóides amarelos e antocianinas totais, carotenóides totais, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total utilizando os métodos ABTS e DPPH. As avaliações foram realizadas de acordo com as seguintes metodologias: a vitamina C foi obtida por titulometria com solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol 0,02 %) até coloração róseo claro permanente, utilizando 1 grama de polpa diluída em 100 ml de ácido oxálico 0,5 %, de acordo com Strohecker e Henning (14). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de polpa.

Os flavonóides amarelos e as antocianinas totais foram obtidos segundo o método de Francis (15). A película do pedúnculo foi retirada cuidadosamente e pesado

0,5 g da mesma em um recipiente de aço inox em balança analítica. Em seguida foi adicionado 15 mL da solução extratora etanol (95 %) - HCl (1,5 N) na proporção 85:15. As amostras foram homogeneizadas em um homogeneizador de tecidos tipo “Turrax” por 2 min na velocidade “5”. O conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 25 mL sem filtrar e envolto em folha de alumínio, aferindo o mesmo com a solução extratora, sendo homogeneizado e transferido para um frasco âmbar, o qual ficou em repouso por uma noite na geladeira. No dia seguinte, o material foi filtrado em um Béquer de 50 mL envolto com folha de alumínio. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 535 e 374 nm, respectivamente para antocianinas totais e flavonóides amarelos, e os resultados expressos em mg/100g de película, O cálculos foram realizados através da fórmula: Absorbância x fator de diluição/98,2 para antocianinas totais e Absorbância x fator de diluição/76,6 para flavonóides amarelos.

Os carotenóides totais foram determinados pelo método de Higby (16). Em recipiente de aço inox foram colocados 2 g de polpa, 6 mL de álcool isopropílico e 2 mL de hexano, seguido de agitação por 1 min. O conteúdo foi transferido para um funil de separação de 125 mL envolvido em papel alumínio, onde completou-se o volume com água. A mistura foi deixada em repouso por 30 minutos, seguindo-se da lavagem do material. Essa operação foi repetida mais duas vezes. O conteúdo separado foi filtrado com algodão pulverizado, contendo sulfato de sódio anidro, para um balão volumétrico de 10 mL envolto em papel alumínio onde foi adicionado 1 mL de acetona e completado o volume com hexano. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 450 nm e os resultados expressos em mg/100g, calculados através da fórmula: $(A \times 100)/(250 \times L \times W)$, onde: A = absorbância; L = comprimento de onda em nm e W = quantidade da amostra original no volume final da diluição.

Os polifenóis extraíveis totais (PET) foram determinados através do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (17). A extração

foi realizada usando 15 g da polpa. Foi adicionado 40 mL de solução de metanol 50% (primeira solução extratora), homogeneizando e deixando em repouso por uma hora para extração. Logo em seguida a mistura foi centrifugada a 25.406,55 g (15.000 rpm) por 15 minutos em temperatura ambiente. Após a centrifugação o sobrenadante obtido foi filtrado e colocado em um balão volumétrico de 100 mL. O precipitado foi transferido para um Becker adicionando 40 mL de acetona 70 % (segunda solução extratora), ficando em repouso por uma hora. Sendo em seguida essa mistura centrifugada a 25.406,55 g (15.000 rpm) por 15 minutos também em temperatura ambiente. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 100 mL, aferindo este com água destilada, obtendo assim o extrato para determinação do PET. A leitura foi realizada usando 0,1 mL do extrato, 0,9 mL de água destilada, 1mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de Na₂CO₃ 20% e 2 mL de H₂O destilada em tubos de ensaio, sendo homogeneizados e deixados em repouso por 30 minutos. Depois de decorrido o tempo, a leitura foi realizada em espectrofotômetro (700 nm) usando uma curva padrão de ácido gálico, sendo os resultados expressos em mg de ácido gálico/100g de polpa.

A atividade antioxidante total (AAT), determinada através de ensaio com o radical livre ABTS foi obtido pela reação de 5 mL de ABTS (7 mM) com 88 µL de persulfato de potássio (140 mM). O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente (25 °C), durante 16 horas na ausência de luz. Uma vez formado o radical ABTS•+, o mesmo foi diluído com etanol P.A., até obter um valor de absorbância de 0,700 a um comprimento de onda de 734 nm. Usando uma alíquota de 30 µL do extrato + água, adicionou-se 3 mL da solução com absorbância 0,700 (radical ABTS•+ + etanol P.A.), na ausência de luz. A leitura em espectrofotômetro a 734 nm foi realizada depois de 6 minutos. Foi gerada uma curva a partir dos valores de absorbâncias e concentrações das amostras. Os valores de AAT foram obtidos a partir da equação da reta: $y = ax + b$, substituindo o valor de y pela absorbância equivalente a 1000 µM de Trolox, sendo os resultados expressos como TEAC (Atividade Antioxidante

Equivalente ao Trolox) em μM de Trolox/g de polpa fresca, de acordo com Re et al. (18) e adaptada por Rufino et al. (19).

O extrato utilizado para a determinação da ATT (método ABTS) foi o mesmo obtido para o PET. A partir do extrato foram preparadas no mínimo três concentrações diferentes com três repetições, variando de 25.000 a 150.000 mg/L de acordo com o genótipo analisado. Em tubos de ensaio foram adicionados 5 μL , 10 μL , 16 μL , 20 μL e 25 μL do extrato, correspondendo as concentrações de 25.000, 50.000, 80.000, 100.000 e 150.000 ppm. Completou-se com água para um volume final de 30 μL (extrato + água). Em ambiente escuro, adicionou-se aos tubos de ensaio 3 mL da solução (radical ABTS• + etanol P.A.), que já tinha sua absorvância previamente ajustada para 0,700 agitando os tubos logo em seguida. As leituras foram realizadas seis minutos após a adição do radical em espectrofotômetro a 734 nm. Utilizou-se o álcool etílico PA como padrão. A partir da absorvância e da concentração das amostras obtidas foram construídos gráficos com a absorvância no eixo Y e a concentração da amostra (g/L) no eixo X. Em seguida determinou-se a equação da reta. Para calcular a ATT substituiu-se na equação da reta a absorvância equivalente a 1000 μM Trolox, obtida a partir da curva padrão, onde $y = ax + b$, sendo $y =$ absorvância correspondente a 1000 μM Trolox e $x =$ concentração da amostra (g/L) equivalente a 1000 μM Trolox. Os resultados foram expressos em μM Trolox/g de polpa de cajuí.

A atividade antioxidante total (AAT), pelo método DPPH, também foi determinada a partir do extrato obtido para o PET, sendo preparado em tubos de ensaio com três diluições diferentes em triplicata. Em ambiente escuro, foi transferido uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição do extrato + água para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH e homogeneizado em agitador de tubos. Foi utilizado 0,1 mL da solução controle (solução controle de álcool metílico, acetona e água) com 3,9 mL do radical DPPH e logo em seguida homogeneizado. O álcool metílico, como branco, foi usado para calibrar o espectrofotômetro. As leituras (515 nm) das amostras foram efetuadas após a estabilização da absorvância (tempo EC50) com um tempo de 180

min (3 horas) após a colocação do radical DPPH (20).

Análise estatística

A disposição geográfica das plantas e coleta dos cajuís, neste trabalho, não se adequam a um desenho experimental que permita o uso da Análise de Variância, todavia, foram adotadas análises estatísticas uni e multivariadas apropriadas ao estudo do potencial das plantas de cajuzeiro avaliadas. Para a análise estatística foram utilizados 3 repetições para as determinações das características químicas, num total de 14 plantas de cajuzeiros. Foram realizadas análises descritivas obtendo médias e desvio padrão e todos os procedimentos estatísticos foram realizados por meio do programa GENES (21) e os gráficos elaborados no programa Excel[®].

3. RESULTADOS

O teor de vitamina C nos pedúnculos foi bastante elevado para a maioria dos genótipos avaliados, apresentando valores acima de 200 mg/100g, destacando aqui os de números 10 e 11 com 340 mg/100g e 276,5 mg/100g de vitamina C, respectivamente.

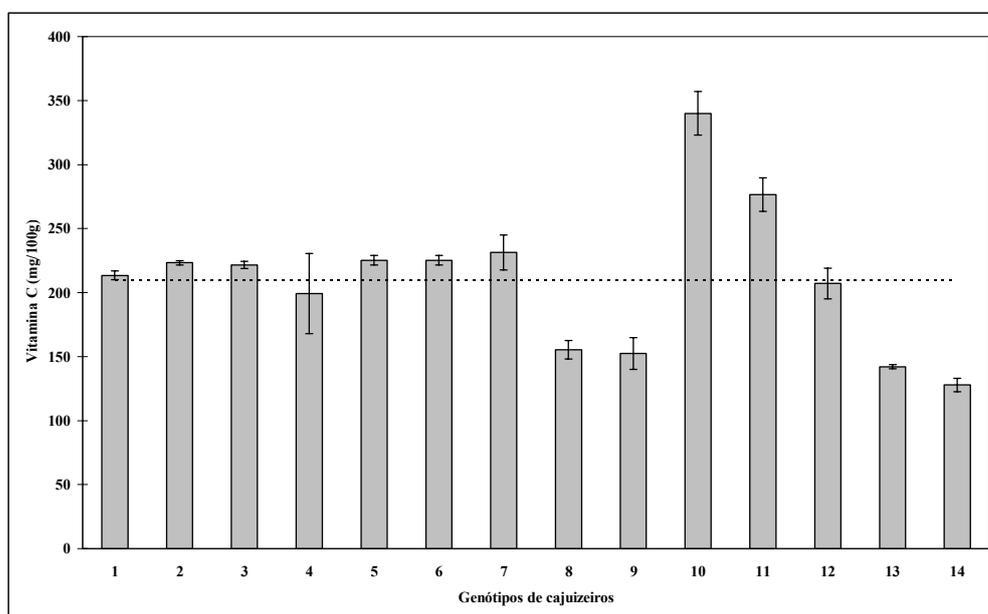


Figura 1 – Vitamina C de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

Os pedúnculos do genótipo 12 (Figura 2), com um valor de 90,63 mg/100g, foram o que apresentaram maiores teores de flavonóides amarelos, seguido pelos pedúnculos do genótipo 10 com um valor médio de 70,64 mg/100g. Para essa variável a média geral foi de 43,61 mg/100g.

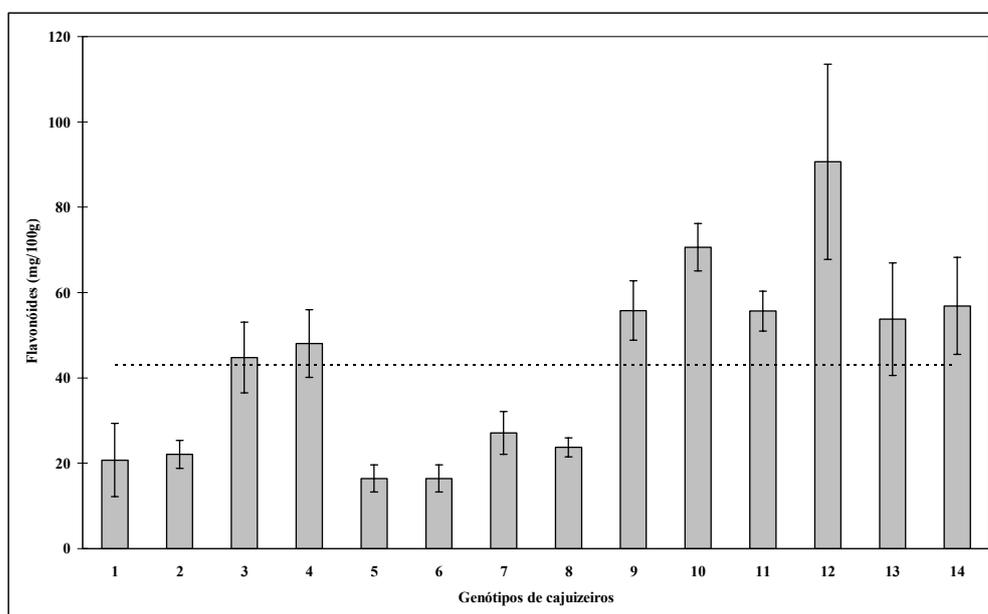


Figura 2 – Flavonóides amarelos da película de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

Em relação às antocianinas totais, os pedúnculos do genótipo 4 apresentaram a maior média com um valor de 3,57 mg/100g (Figura 3). A média geral para essa variável foi de 1,89 mg/100g, demonstrando a pouca quantidade desse pigmento nos genótipos analisados, principalmente nos genótipos 2 e 7 que continham teores muito baixos de antocianinas, 0,88 e 0,97 mg/100g, respectivamente.

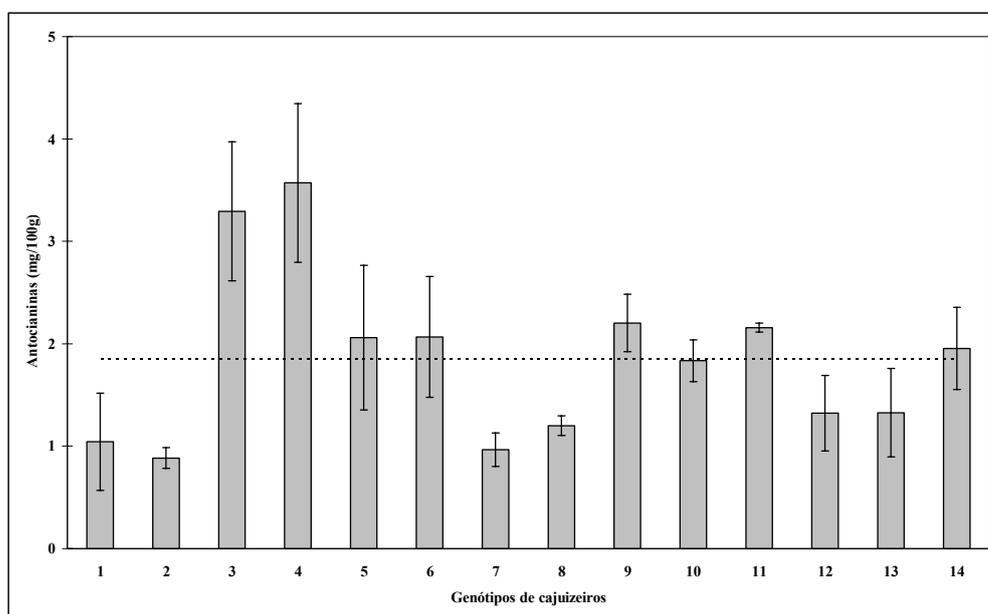


Figura 3 – Antocianinas totais da película de pedúnculos de genótipos de cajuputi (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

O genótipo 10 foi o que apresentou pedúnculos de cajuputi com a maior média de carotenóides totais (0,72 mg/100g), seguidos dos genótipos 12 com 0,56 mg/100g e 13 com 0,50 mg/100g. A média geral para essa variável foi de 0,41 mg/100g (Figura 4).

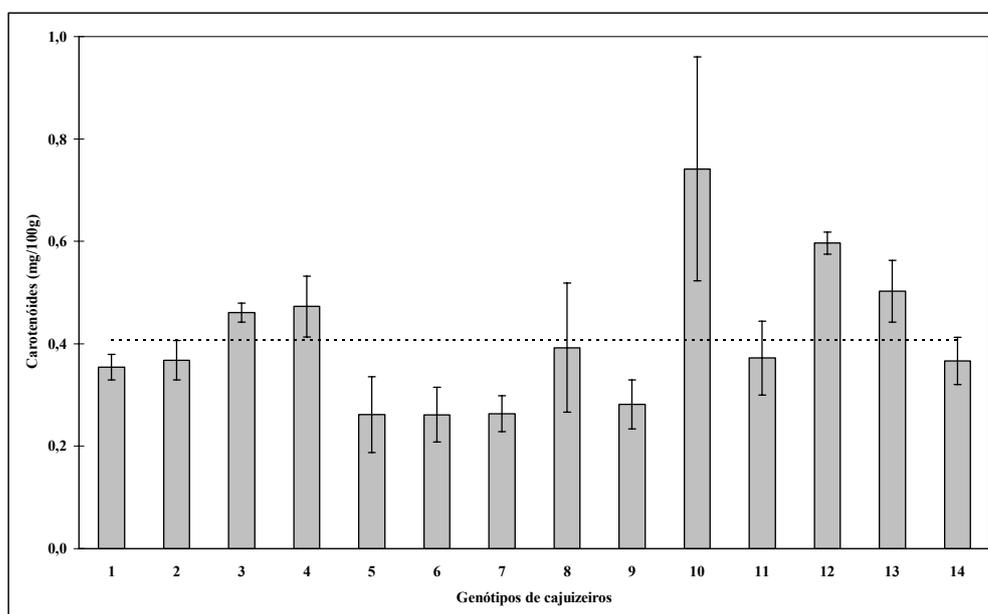


Figura 4 – Carotenóides totais de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

Para os polifenóis extraíveis totais, de acordo com a Figura 5, os pedúnculos de genótipos de cajuzeiros 2, 1 e 10 apresentaram os maiores valores para essa variável, com teores de 265,7 mg/100g, 224,4 mg/100g e 224,1 mg de ácido gálico/100g de polpa, respectivamente, demonstrando que o cajuí é uma boa fonte desse composto bioativo. Assim como nas outras variáveis, ocorreu uma grande variabilidade dos polifenóis com valores entre 97,3 para o genótipo 8 e 265,7 mg/100g para o genótipo 2.

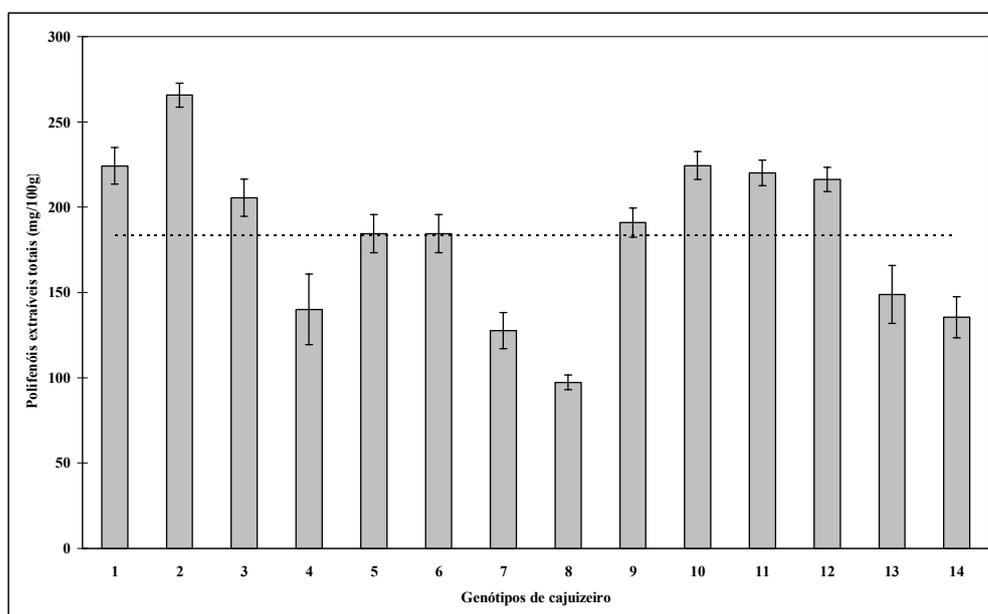


Figura 5 – Polifenóis extraíveis totais de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

Dos pedúnculos de genótipos de cajuzeiros analisados (Figura 6), os de número 1, 2 e 10 se destacaram por terem obtido a maior média quanto à atividade antioxidante pelo método ABTS. Os pedúnculos do genótipo 1 apresentaram uma atividade de 26,82 μM de trolox/g de polpa e os do genótipo 2 com 24,09 μM de trolox/g de polpa. A média geral aqui observada para os pedúnculos de cajuzeiro foi de 15,10 μM Trolox/g de polpa, com amplitude de 7,70 a 26,82 μM Trolox/g de polpa.

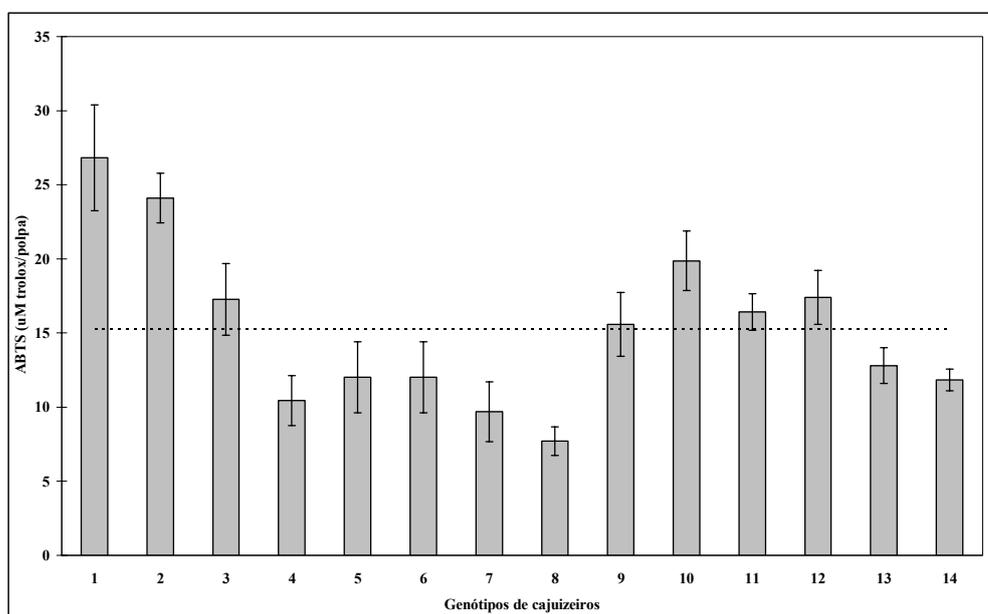


Figura 6 – Atividade antioxidante total pelo método ABTS de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

A atividade antioxidante total pelo método de DPPH foi maior nos pedúnculos do genótipo 12 (1299,7 de polpa/g DPPH) que obteve a melhor resposta em capturar o radical DPPH•, seguido por pedúnculos do genótipo 11 (1436,4 de polpa/g DPPH) e 10 (1915,0 de polpa/g DPPH) (Figura 7).

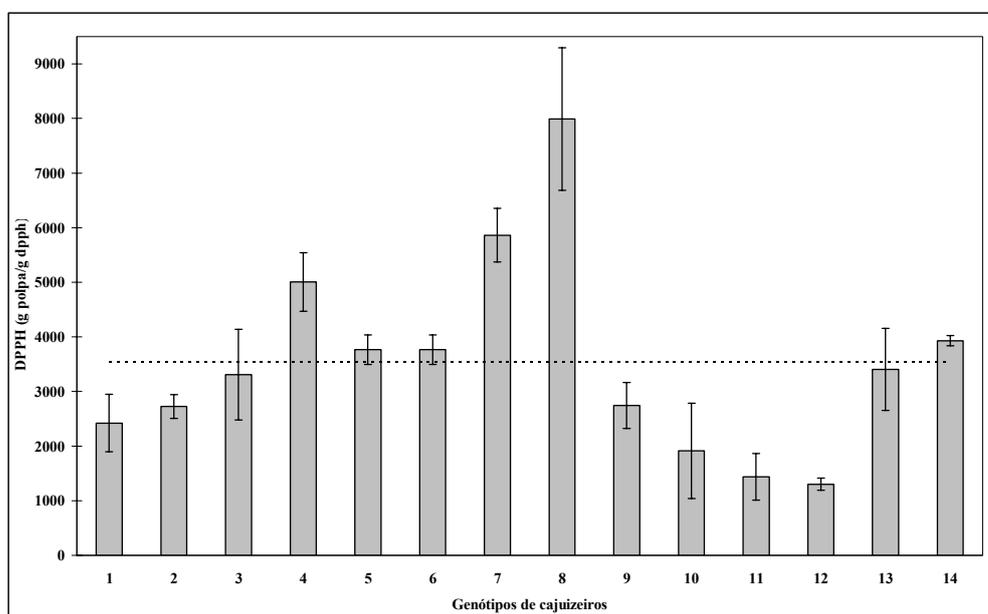


Figura 7 – Atividade antioxidante total pelo método DPPH de pedúnculos de genótipos de cajuzeiro (*Anacardium* spp.) provenientes da região de Ipiranga-PI. 2006.

4. DISCUSSÃO

A faixa de variação de vitamina C encontrada nos pedúnculos de genótipos de cajuzeiro, de 127,73 a 340 mg/100g, está acima da relacionada por Rufino (1) que trabalhando com 23 materiais de cajuzeiros da região de Parnaíba, PI, e um de Pacajus, CE, encontrou uma variação de 137 a 243,34 mg/100g de vitamina C. A média geral desse último autor foi de 185,39 mg/100g, sendo bem abaixo do valor médio aqui encontrado que foi de 208,67 mg/100g de vitamina C. Essa diferença entre os teores pode estar relacionada aos diferentes ambientes (Semi-Árido e Litoral) em

que as plantas se encontram.

Os teores encontrados são superiores também aos relacionados na literatura para pedúnculos de cajueiro, pois de acordo com os trabalhos de Moura (22), Pinto (23) e Aguiar (24) foram encontradas variações de 160,34 a 251,86 mg/100g, de 95,26 a 273,80 mg/100g e de 112,38 a 209,16 mg/100g e valores médios de 205,05, 168,86 e 161,83 mg/100g, respectivamente, o que torna o cajuí uma fonte de vitamina C melhor que o caju.

Moura et al. (25) trabalhando com pedúnculos de cajuzeiro da região de Pacajus, CE, encontraram uma média de vitamina C de 150 mg/100g, sendo um pouco acima de dois genótipos aqui analisados com valores de 127,73 mg/100g e 142,09 mg/100g.

Comparando os teores de vitamina C com os da literatura citada, verifica-se que o cajuí é uma fruta nativa rica deste composto bioativo, podendo ser utilizado na alimentação diária de povos que têm acesso fácil a essa fruta como forma de suprir as necessidades diárias dessa vitamina, seja na forma *in natura* ou processada.

Os teores de flavonóides amarelos encontrados na película dos pedúnculos de cajuzeiros avaliados estão acima dos relatados por Rufino (1) que encontrou uma variação de 12,9 a 47,11 mg/100g, nas 23 matrizes de cajuzeiro analisadas na região de Parnaíba, PI e uma em Pacajus, CE. Nota-se nessa espécie a alta variabilidade genética, pois se juntarmos os dois trabalhos, com um total de 38 matrizes, teremos uma amplitude variando entre 12,9 a 90,63 mg/100g, sendo, portanto, de grande valia para trabalhos futuros de melhoramento, já que na grande maioria das análises aqui realizadas ocorreram grandes variações entre as matrizes.

Observou-se também que os teores de flavonóides aqui encontrados foram superiores aos relatados por Abreu (26) com pedúnculos de cajueiro, que obteve variação de 30,14 mg/100g a 75,19 mg/100g e média de 46,51 mg/100g. No entanto, valores superiores de flavonóides amarelos foram encontrados por Moura et al. (27) em 9 clones de cajueiro anão precoce que obtiveram uma variação de 80,62 a 129,69

mg/100g, com uma média de 105,12 mg/100g.

Nos últimos anos, o interesse por pigmentos se intensificou uma vez que pesquisas têm demonstrado que as antocianinas e suas respectivas agliconas são compostos bioativos e que possuem capacidade antioxidante, entre vários outros efeitos farmacológicos (28). Em trabalho desenvolvido por Rufino (1), em pedúnculos de cajuzeiros, a matriz 4 oriunda da região litorânea do Piauí e a matriz 24 proveniente de Pacajus, CE com 7,53 e 10,02 mg/100g, respectivamente, apresentaram os maiores teores de antocianinas totais obtidos nas películas dos pedúnculos. A maior média encontrada aqui foi de 3,57 mg/100g, sendo, portanto bem abaixo dos valores citados na literatura. Moura (22), em estudo com nove clones de cajueiro anão precoce, obteve valores oscilando entre 17,56 mg/100g a 76,07 mg/100g para antocianinas totais.

Rufino (1), caracterizando 23 matrizes oriundas de região litorânea do Piauí e uma oriunda de Pacajus, CE, encontrou conteúdo de carotenóides totais em pedúnculos de cajuzeiros variando de 0,24 a 1,29 mg/100g, apresentando uma média de 0,67 mg/100g. No presente trabalho a variação foi menor (0,26 a 0,72 mg/100g), mas dentro da faixa encontrada na literatura. Cavalcante et al. (29) em estudo com sucos de caju encontraram teores dessa variável de 0,32 mg/100g.

Os resultados obtidos nesse trabalho para os polifenóis estão acima dos relacionados na literatura quando comparado ao caju, onde a média geral observada foi de 183,2 mg de ácido gálico/100g de polpa, sendo que 50% dos genótipos de cajuzeiro apresentaram valores acima deste valor. Em trabalho desenvolvido por Abreu (26) com pedúnculos de dez clones de cajueiro anão precoce foi verificada uma média geral de 152,3 mg de ácido gálico/100g de polpa, tendo teor mínimo de 99,53 mg/100g para o clone 'BRS 265' e teor máximo de 236,97 mg/100g para o 'Embrapa 50'.

Os valores de atividade antioxidantes observados neste trabalho pelo método ABTS estão dentro da faixa encontrada na literatura para caju, pois no trabalho de Abreu (26) a variação da atividade antioxidante para os pedúnculos de cajueiro foi de 6,84 a 34,35 μ M Trolox/g de polpa, com média geral de 16,36 μ M Trolox/g de polpa.

Se compararmos os resultados da atividade antioxidante (ABTS) entre os pedúnculos dos genótipos 1, 2 e 10 com os de polifenóis, observa-se que há uma relação direta entre os PET e a atividade antioxidante total, pois esses mesmos genótipos também se destacaram nessa variável. A mesma relação foi observada no trabalho de Abreu (26), que trabalhando com 10 clones de cajueiro anão precoce, observou que os clones 'Embrapa 50' e 'BRS Bahia 12' obtiveram os maiores valores de PET e antioxidantes, pelo método ABTS.

Kuskoski et al. (30) encontraram a mesma relação entre PET e antioxidantes, porém, os autores salientam que para se estabelecer uma relação direta de cada composto fenólico será necessário um estudo específico com os compostos isolados, assim como para se determinar as quantidades diárias necessárias e ideais de antioxidantes na alimentação equilibrada, levando em consideração diversas variáveis e condições de vida de cada indivíduo.

Santos (31) usando o método ABTS com produtos derivados do açaí e cupuaçu obteve valores de 10,21 a 52,47 μM Trolox/g para polpas de açaí e de 1,11 a 1,57 μM Trolox/g para as de cupuaçu. Com isso, verifica-se que os pedúnculos do cajueiro estudados possuem uma atividade antioxidante intermediária entre as polpas de açaí, mas superior ao teor encontrado em cupuaçu, sendo considerados bons agentes antioxidantes naturais.

A atividade do antiradical expressa pelo parâmetro EC50 é definida como a quantidade do antioxidante necessário para diminuir 50% a concentração do DPPH• inicial, ou seja, há uma relação inversa entre a quantidade de amostra e a atividade antioxidante. E que algumas modificações nesse método são necessárias no sentido de adaptá-lo às frutas devido ao mecanismo da reação entre o antioxidante e o DPPH• dependendo da conformação estrutural de cada antioxidante avaliado (32). Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que a maior eficiência na captura do radical foi devido a transferência de elétrons do composto antioxidante (extrato de cajuí) para o radical livre, o DPPH•.

Os valores de DPPH demonstraram que os pedúnculos dos genótipos de números 12, 11, 10 e 1 apresentaram a maior capacidade de seqüestro de radicais livres. Esta capacidade se deve, provavelmente, ao conteúdo de polifenóis, pois para os mesmos genótipos houve uma relação entre o conteúdo de polifenóis e a atividade antioxidante.

De acordo com Heim et al. (33), os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos e segundo Kuskoski et al. (30) há uma correlação direta entre os valores de polifenóis totais e a atividade antioxidante.

As propriedades aqui encontradas poderão inserir perspectivas para exploração racional do pedúnculo do cajuzeiro como alimento funcional, evitando-se assim perdas ocorridas durante o processo produtivo e reforçando o valor nutricional na alimentação da população em geral, além de favorecer o desenvolvimento econômico e social, principalmente, na região Nordeste do Brasil.

5. CONCLUSÕES

Os pedúnculos dos genótipos 1 e 2 apresentaram a maior quantidade de polifenóis extraíveis totais, associado a uma elevada atividade antioxidante total pelo método ABTS.

O genótipo 10 foi o que obteve pedúnculos com os melhores resultados de compostos bioativos como vitamina C, carotenóides totais, elevados teores de polifenóis extraíveis totais, associado a uma alta atividade antioxidante total pelo método ABTS e DPPH.

Alguns genótipos poderão ser resgatados e trazidos para o cultivo de modo a se transformar em culturas comerciais. Torna-se necessário, inicialmente, serem implantadas em Bancos de Germoplasma “in vivo” e a partir daí vários estudos

poderão ser realizados.

REFERÊNCIAS

1. RUFINO, M. S. M. **Qualidade e potencial de utilização de cajuís (*Anacardium spp.*) oriundos da vegetação litorânea do Piauí.** 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente) Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2004.
2. MENDES, B. V. Importância social, econômica e ecológica da caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO, 1, 1997, Mossoró. **Anais...** Mossoró: Universidade Regional do Rio Grande do Norte/Fundação Vingt-Um Rosado, 1997. p.26-35.
3. AVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. Frutos dos Cerrados – Preservação gera muitos frutos. Revista **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n.15, p.36-41, 2003.
4. CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro, Imp. Nacional, 1926. v. 1, pp.399-402.
5. DUCKE, A. O Gênero *Anacardium* na Amazônia brasileira. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 11 (1): 11-20, mar. 1939.
6. RUFINO, M. S. M. **Caracterização física e química do fruto e pseudofruto, germinação e vigor de semente de genótipos de cajuí (*Anacardium spp.*).** 2001,

- 51p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2001.
7. MITCHELL, J. D.; MORI, S. A. The cashew and its relatives (*Anacardium: Anacardiaceae*). **Memories on the New York botanical garden**, v.42, p.1-76, 1987.
 8. AGOSTINI-COSTA, T. S.; VIEIRA, R. F.; NAVES, R. V. **Caju, identidade tropical que exala saúde**. Revista Toda Fruta. 2006. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 22 fev. 2006.
 9. SOUSA, C. M.M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**. v.30, n.2, 351-355, 2007.
 10. OZGEN, M.; REESE, R. N.; TULLIO Jr., A. Z.; SCHEERENS, J. C.; MILLER, A. R. Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p. 1151-1157, 2006.
 11. BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. São Paulo; 2006. [Tese de Doutorado - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].
 12. DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 26 n.2, p. 446-452, 2006.

13. LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**. v.76, p.69-75, 2002.
14. STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.
15. FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P.(Ed). Anthocyanins as food colors. New York: **Academic Press**, 1982. p.181-207.
16. HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p.42-49, 1962.
17. LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.
18. RE, R.; PELLEGRINE, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology Medicine**. v. 26, n. 9-10, p.1231-1237, 1999.
19. RUFINO, M. S. M., ALVES, R.E., BRITO, E.S., MORAIS, S.M., SAMPAIO, C.G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do**

- radical livre ABTS•+**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006a. 4f. (Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico, 128).
20. RUFINO, M. S. M., ALVES, R.E., BRITO, E.S., MORAIS, S.M., SAMPAIO, C.G., PÉREZ-JIMENEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006b. 4f. (Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico, 127).
21. CRUZ, C. D. 2001. **Genes**: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV.
22. MOURA, C. F. H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) Irrigados**. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.
23. PINTO, S. A. A. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) cultivados em condição de sequeiro**. 1999. 69f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
24. AGUIAR, L. P. **β -caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.
25. MOURA, C. F. H.; ALVES, R.E.; RUFINO, M.S.M.; SILVEIRA, M. R. S. Potencial de conservação de pedúnculos de cajuzeiro sob refrigeração e atmosfera modificada. In: XXVII REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 2004, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 1 CD.

26. ABREU, C. R. A. **Qualidade e atividade antioxidante total de pedúnculos de clones comerciais de cajueiro anão precoce. 2007.** 111f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

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

28. KÄHKÖNEN, M. P.; HEINONEM, M. Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons. **Journal Agriculture Food Chemistry** 2003; 51(3):628-33.

29. CAVALCANTE, A. A. M. et al. Mutagenicity, Antioxidant Potencial, and Antimutagenic Activity Against Hydrogen Peroxide of Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Apple Juice and Cajuina. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v.41, p.360-369, 2003.

30. KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; J., FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **Ciência Rural**, v.36, n.4, 2006.

31. SANTOS, G. M. **Contribuição da vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos no potencial antioxidante de produtos comerciais de açaí e cupuaçu.** 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2007.

32. ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; RUFINO, M. S. M. **Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais.** 2006. Disponível em: <<http://www.fruticultura.org>>. Acesso em: 05 mar. 2007.

33. HEIM, K. E. et al. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal Nutrition Biochemistry**, v. 13, p. 572-584, 2002.

CAPITULO IV

QUALIDADE DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro. Foram coletados frutos de 12 genótipos de umbuzeiro provenientes da região Semi-Árida de Picos, PI. Os frutos foram colhidos manualmente no estágio de maturação conhecido popularmente como *de vez*, acondicionados e transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical. As análises constaram de: peso, comprimento e diâmetro, rendimento, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação SST/ATT, pH, açúcares solúveis totais e açúcares redutores. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa Genes. O peso total variou de 12,63 a 21,03 g, com média de 17,08 g. O comprimento dos frutos variou de 28,90 mm para o genótipo 8 a 35,77 mm para o genótipo 10. O menor rendimento de polpa apresentado foi observado nos frutos dos genótipos 1 e 4 com 78,83% e 78,97%, respectivamente. Os sólidos solúveis apresentaram valor médio mínimo de 8,8 °Brix, para o genótipo 5, e máximo de 10,57 °Brix referente ao genótipo 1. Os frutos mostraram-se bastante uniformes quanto ao peso total, comprimento e diâmetro, sendo um bom indicador para o processamento, associado a acidez elevada e ao rendimento acima de 85% encontrado na maioria dos genótipos.

Termos para indexação: rendimento, sólidos solúveis, açúcares.

CHAPTER IV

QUALITY OF FRUIT OF UMBU TREE (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) GENOTYPES FROM THE SEMI-ARID REGION OF PIAUÍ STATE - BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the quality of fruit of different umbu tree genotypes. Fruit were picked from 12 genotypes of umbu tree from the semi-arid region of Picos, Piauí State. Fruit were picked at the mature-green maturity state, properly packaged and transported to the Postharvest Physiology and Technology Laboratory at Embrapa Tropical Agroindustry. The analyses consisted of: weight, length and diameter, yield, total soluble solids, total titratable acidity, TSS/TTA, pH, total soluble sugars and reducing sugar. Statistical analysis was performed by the statistical package Genes. The weight ranged from 12.63 to 21.03 g averaging 17.08 g. The length ranged from 28.90 mm for genotype 8 to 35.77 mm for genotype 10. The lowest pulp yield was observed for genotypes 1 and 4 with 78.83% and 78.97% respectively. The soluble solids showed average minimum of 8.8 ° Brix, for genotype 5, and maximum of 10.57 ° Brix for genotype 1. Fruit were very uniform for total weight, length and diameter, a good indicator for processing, combined with high acidity and yield above 85% observed for most genotypes.

Index terms: yield, soluble solids, sugars.

1. INTRODUÇÃO

As frutas de clima tropical representam um grande mercado potencial ainda pouco explorado pela agroindústria brasileira. No caso das frutas típicas do Norte e Nordeste do Brasil, o seu consumo é restrito, praticamente, à região de produção, tendo pouca penetração junto aos mercados consumidores de maior poder aquisitivo não constando, em sua grande maioria, sequer como item da pauta de exportações brasileiras. Isso representa um desperdício da aptidão produtiva natural da região cujo clima quente e com pequenas variações de temperatura ao longo do ano favorece o desenvolvimento e a produção de culturas de clima tropical (LIMA et al., 2003).

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) tem oferecido uma grande oportunidade para algumas famílias do sertão, no sentido de ter uma renda garantida todos os anos no período da safra, além de oferecer alimento de excelente qualidade para a população do campo e da cidade, já que o umbu é vendido em muitas cidades do Nordeste na forma *in natura* e através de polpa (SANTOS e OLIVEIRA, 2001).

O Nordeste brasileiro é a região de maior produção do umbu e segundo dados do IBGE (2007), a produção brasileira em 2006 foi de 8.891 t. Em todos os anos a Bahia aparece como o principal estado produtor, seguido de Pernambuco. Outros Estados produtores são: Rio Grande do Norte e Minas Gerais com produção relativamente estável, Paraíba e Ceará com produção em queda e Piauí com aumento de produção.

As características físicas e químicas dos frutos são essenciais para a aceitação por parte dos consumidores e também para a sua inserção em mercados mais exigentes e promissores, principalmente quando se trata de frutas nativas que requerem mais estudos sobre o seu potencial de utilização.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes da região Semi-Árida do Piauí, com vistas a

enriquecer dados sobre potencial de utilização e variabilidade desta espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos utilizados neste experimento foram provenientes de 12 plantas nativas de umbuzeiro, localizadas na comunidade de Coroatá, município de Picos – PI. A colheita foi realizada em janeiro de 2007 e inicialmente as plantas foram selecionadas através de informações já existentes nos locais de coletas obtido dos produtores/catadores da região e através do seu paladar. Em seguida as plantas foram identificadas com GPS, modelo eTrex Garmin e efetuada a colheita manual dos frutos no estádio de maturação conhecido popularmente *de vez*, os quais foram acondicionados em caixas plásticas protegidas com espuma e transportados, via terrestre, para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Fortaleza-CE. Os frutos foram avaliados a medida que os mesmos iam amadurecendo quanto as características físicas (peso, comprimento, diâmetro e rendimento) e físico-químicas (sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH e açúcares solúveis totais e redutores).

Os pesos (total, casca, polpa e semente) foram obtidos utilizando balança semi-analítica (marca BEL, modelo Mark 3.100) e os resultados expressos em gramas. As medições de comprimento e diâmetro foram realizadas com o uso de paquímetro digital e os resultados expressos em milímetros. O rendimento da porção comestível foi obtido por meio da razão entre peso da polpa mais o peso da casca e peso total do fruto multiplicada por cem.

Os sólidos solúveis totais foram obtidos utilizando-se refratômetro digital, da marca ATAGO PR-101 com escala de 0 a 45 °Brix e compensação automática de temperatura, de acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (1992). A acidez

foi determinada por titulação da amostra com solução de NaOH 0,1 N e os resultados expressos em % de ácido cítrico, segundo metodologia do IAL (1985). O pH foi obtido em potenciômetro com eletrodo de membrana de vidro (IAL, 1985). A relação SST/ATT foi obtida através do quociente entre as duas análises.

Os açúcares solúveis totais foram doseados pelo método da antrona, segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Utilizou-se 1 g da porção comestível que foi diluída em álcool 80% em um balão de 50 mL e submetido a filtração. Do filtrado retirou-se 5 mL para uma segunda diluição para 50 mL de água. Em tubos de ensaio foram colocados 200 µL do extrato, 800 µL de água destilada e 2 mL de antrona, os quais foram agitados em banho de gelo e em seguida aquecidos em banho-maria a 100 °C por 8 minutos, sendo imediatamente resfriados em banho de gelo. A leitura foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 620 nm, sendo os resultados expressos em %.

A extração dos açúcares redutores foi realizada em água e a determinação realizada segundo Miller (1959). A partir de 1 g da porção comestível diluída para 50 mL e filtrada. Em um tubo de ensaio adicionou-se 1 mL do filtrado e a este volume adicionou-se 0,5 mL de água e 1 mL de ácido dinitrossalicílico (DNS) e feita agitação, procedendo-se a reação em banho-maria a 100 °C por 5 min. Após resfriadas em banho de gelo, o volume das amostras foi completado para 10 mL. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 540 nm.

A disposição geográfica das plantas e coleta dos frutos, neste trabalho, não se adequam a um desenho experimental que permita o uso da Análise de Variância, todavia, foram adotadas análises estatísticas uni e multivariadas apropriadas ao estudo do potencial das plantas de umbuzeiro avaliadas. A análise estatística foi realizada em doze genótipos de umbuzeiro quanto às características físicas e físico-químicas dos frutos. Na determinação das características físicas foram realizadas 25 medições, correspondendo a 25 frutos avaliados individualmente. Para as avaliações físico-química foram utilizadas três repetições, constituídas da polpa obtida de amostras com

no mínimo 400 g de frutos, em média, por repetição para compor as mesmas. Foram estimadas a variância residual (dentre plantas), variância genética (entre plantas), correlações fenotípicas, coeficiente de variação, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação e o número de medições necessárias para a obtenção dos níveis de certeza de 95 e 99%. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no programa Genes (CRUZ, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as médias de peso total, diâmetro, comprimento e rendimento dos frutos dos doze genótipos de umbuzeiro.

O peso total médio dos frutos oscilou de 12,63 g no genótipo 5 a 21,03 g para o genótipo 11, o que demonstra uma variabilidade que pode estar ligada a fatores genéticos, pois os frutos obtidos neste trabalho foram colhidos de plantas da mesma área e no mesmo estágio de maturação. Valores bem maiores que os relatados neste trabalho foram encontrados por Amaral et al. (2007) que ao caracterizar biometricamente frutos de 10 plantas de umbuzeiros oriundos de Minas Gerais, encontraram uma variação no peso dos frutos entre 10,14 g e 50,7 g com média de 27,09 g.

Tabela 1. Médias das características físicas observadas nos frutos de doze genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Genótipo	Peso Total (g)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Rendimento (%)
1	19,01	30,82	33,71	78,82
2	15,88	30,21	30,46	87,34
3	17,16	31,42	30,78	85,96
4	20,93	32,13	34,62	78,97
5	12,63	27,74	29,79	84,06
6	19,24	31,45	33,66	84,61
7	14,07	28,04	30,52	86,65
8	12,90	27,62	28,90	86,78
9	13,91	27,85	31,81	85,88
10	19,58	30,25	35,77	85,13
11	21,03	32,65	34,79	88,13
12	18,59	30,88	33,36	88,52
Média	17,08	30,09	32,35	85,07
IC ₉₅ (±)	0,41	0,26	0,28	0,46
C.V. (%)	21,12	7,71	7,66	4,74

IC₉₅ – Intervalo de confiança com 95% de probabilidade.

Costa et al. (2004), avaliando as características físico-químicas de frutos de umbuzeiro azedo e doce em quatro estádios de maturação oriundos da Paraíba, observaram que o peso do fruto está relacionado linearmente com o seu grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento, exceto no estádio em que o fruto se encontra avançado de maturação. Os mesmos autores encontraram pesos de 11,51 g para frutos verdes, 15,64 g para frutos *de vez* e 16,31 g para frutos maduros. A mesma correlação foi verificada por Narain et al. (1992), que encontraram valores de 10,95 g para frutos verdes; 19,02 g para frutos *de vez* ou inchados; e 16,19 g para frutos maduros. Os valores de pesos em frutos maduros estão bem próximos dos observados nesse trabalho.

Os valores aqui apresentados estão dentro da faixa de peso relatada por Dias et

al. (2007) que caracterizando frutos maduros de umbuzeiro oriundos da Paraíba, encontraram valores variando de 16,56 a 25,95 g de peso médio total.

No trabalho de Santos et al. (1999), avaliando frutos de plantas pertencentes ao Banco de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU), localizado na Embrapa Semi-Árido em Petrolina-PE, os acessos de umbuzeiro 44, 48, 50 e 68, foram caracterizados como umbu gigante em virtude dos frutos pesarem em média 86,7, 75,3, 85,0 e 96,7 g, respectivamente. Neste caso, os pesos são superiores aos relatados aqui por serem plantas já selecionadas com algum grau de domesticação.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o peso se correlaciona bem com o tamanho do produto e constitui uma característica varietal e que ao atingir o pleno desenvolvimento, as frutas devem apresentar peso variável dentro dos limites típicos da cultivar, os quais são bastante flexíveis.

Houve pequena variabilidade no comprimento e no diâmetro dos frutos de umbuzeiros avaliados. O comprimento variou de 28,90 mm (genótipo 8) a 35,77 mm (genótipo 10), enquanto que no diâmetro, a oscilação foi de 27,62 mm (genótipo 8) a 32,65 mm (genótipo 11). Observou-se que os frutos apresentaram formatos arredondados e ovalados, o que os tornam mais aproveitáveis na indústria de polpa, sem precisar fazer muitos ajustes nas máquinas para adequá-las ao processamento, aumentando o rendimento e evitando desperdícios.

Os dados de comprimento e diâmetro estão dentro da faixa encontrada por Amaral et al. (2007), que estudando a biometria de frutos maduros de umbuzeiro oriundos do Estado de Minas Gerais, encontraram umbus com variação entre 20,5 mm e 55,7 mm de comprimento e 17,7 mm e 48,6 mm em diâmetro. Os mesmos autores relataram que o comprimento e a diâmetro relacionaram positivamente com a polpa.

Costa et al. (2004), estudando as características físico-químicas de frutos de umbuzeiro azedo e doce em quatro estádios de maturação oriundos do Estado da Paraíba, observaram que o diâmetro transversal variou de maneira semelhante em função do tipo de fruto. Os frutos doces revelaram diâmetro transversal (28,0 mm)

maior quando comparados aos frutos azedos. O diâmetro médio transversal dos frutos maduros foi de 28,9 mm. Estes valores são semelhantes aos encontrados neste trabalho, mas diferem em relação aos formatos apresentados.

Os resultados encontrados estão dentro da faixa encontrada por Dias et al. (2007), que avaliando as características físicas de umbus oriundos do Estado da Paraíba, observaram variações de diâmetro entre 29,5 a 35,8 mm e comprimento entre 30,0 a 34,6 mm.

Dantas Júnior (2008), ao caracterizar frutos de 32 genótipos de umbuzeiro provenientes do Banco de Germoplasma de Umbuzeiro, localizado em Petrolina, PE, o autor encontrou médias de comprimento dos diferentes genótipos oscilando de 27,61 a 46,47 mm. E para a variável diâmetro, o menor valor médio apresentado foi de 26,32 mm.

Um dos atributos de qualidade para a comercialização de frutos é o rendimento, especialmente para os frutos destinados à elaboração de produtos, cujo valor mínimo exigido pelas indústrias processadoras é de 40% (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O menor rendimento de polpa apresentado foi observado nos frutos dos genótipos 1 e 4 com 78,83% e 78,97%, respectivamente, sendo que a maioria dos frutos de genótipos de umbuzeiros apresentou rendimento médio superior a 85%. Rendimentos semelhantes foram relatados no estudo da biometria de frutos de umbuzeiro em Minas Gerais feito por Amaral et al. (2007) que obtiveram rendimento de polpa de 85,84%.

Os rendimentos da porção comestível encontrados neste trabalho estão acima dos observados por Saturnino et al. (2000), que caracterizando frutos do umbuzeiro no Estado de Minas Gerais verificaram percentagens de polpa nos frutos variando de 51,59% a 77,88%, com média de 64,73%.

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram-se superiores aos citados por Costa et al. (2004), que trabalhando com umbus de diferentes estádios de

maturação oriundos do Estado da Paraíba, encontraram rendimento de polpa de 69% e os mesmos afirmam que, nesta espécie, é considerado vantajoso para a indústria, já que estes têm boa aceitação pelos consumidores.

A amplitude verificada neste trabalho foi de 78,83% a 88,52%, mostrando que os frutos de umbuzeiros apresentam um bom rendimento e são bem uniformes quanto a esta variável, ocasionado pela baixa variabilidade existente, recomendável para o uso nas indústrias de polpa pelo maior aproveitamento. Rendimentos semelhantes foram encontrados por Dantas Júnior (2008), que avaliando frutos de 32 genótipos de umbuzeiros oriundos de Petrolina, PE, encontrou uma variação de rendimento de 86,31% a 92,77%.

Os teores de sólidos solúveis apresentaram uma pequena variação entre os frutos de genótipos de umbuzeiros avaliados, com valor médio mínimo de 8,8 °Brix, para o genótipo 5, e máximo de 10,57 °Brix referente aos frutos do genótipo 1 (Figura 1). Os frutos dos genótipos 1, 3 e 12 foram os que obtiveram maiores médias do teor de sólidos solúveis, apresentando valores de 10,57, 10,47 e 10,50 °Brix, respectivamente.

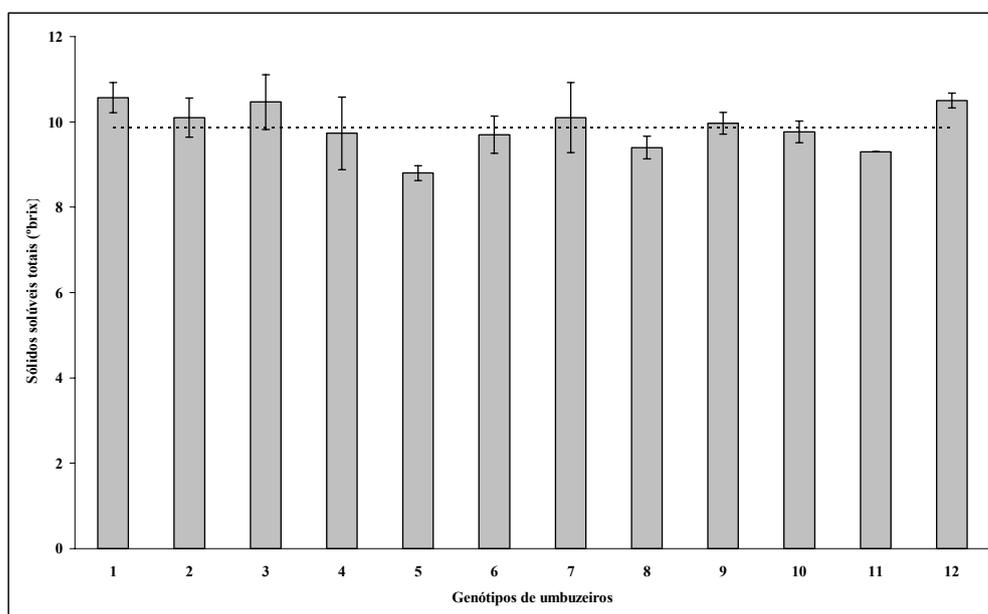


Figura 1 – Sólidos solúveis totais de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

A maioria dos frutos dos genótipos relacionados neste trabalho apresentou valores abaixo dos observados por Santos (1997) que estudando a dispersão da variabilidade do umbuzeiro em 17 regiões ecogeográficas em sete Estados (MG, PI, BA, PE, CE, PB e RN) encontrou teores médios de sólidos solúveis oscilando entre 10,0 e 13,4 °Brix.

Santos et al. (1999) encontraram teores de sólidos solúveis oscilando de 10,0 a 12,8 °Brix obtidos de umbuzeiros de 24 regiões ecogeográficas distribuídas nos Estados de Minas Gerais, Piauí, Bahia, Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte. Esses valores estão acima da maioria dos genótipos referenciados neste trabalho, e a média de 9,87 °Brix obtida está próxima dos valores encontrados por Costa et al. (2004). Esses autores verificaram que umbus do tipo azedo e doce apresentaram teores de sólidos solúveis de 9,50 e 10,10 °Brix, respectivamente.

Os valores de sólidos solúveis obtidos estão dentro da faixa encontrada por Campos (2007) que obteve uma média geral 10,6 °Brix e amplitude variando de 8,2 a 14,0 °Brix em frutos de umbuzeiros provenientes de Juazeiro, BA e Petrolina, PE.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (Instrução Normativa Nº 12 04 de setembro de 2003), ainda não existe teor de SS mínimo para o umbu, pois o MAPA considera-o apenas como fruta polposa de origem tropical na elaboração de Sucos Tropicais, não havendo Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Frutos Tropicais (PIQs) para esta fruta (BRASIL, 2003).

Os açúcares redutores apresentaram uma variação de 2,57% (genótipo 5) a 3,84% (genótipo 6). A média geral obtida entre os frutos de genótipos de umbuzeiro foi de 3,08% (Figura 2). Os valores de açúcares redutores encontrados em todos os frutos de genótipos são inferiores aos encontrados por Bueno et al. (2002), que avaliando a qualidade de polpas de frutas congeladas encontraram 5,7% de açúcares redutores na polpa do umbu.

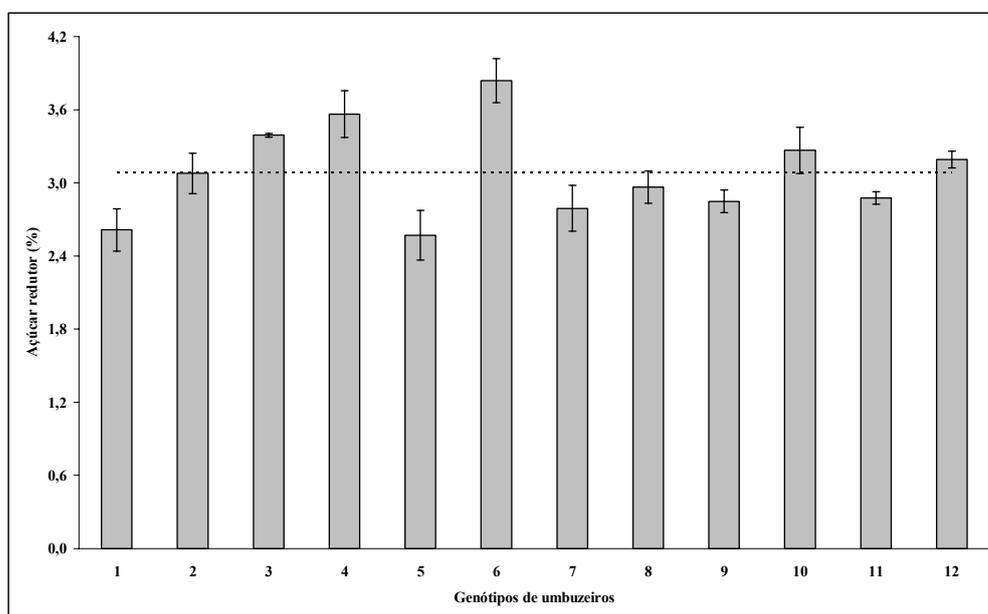


Figura 2 – Açúcares redutores de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Lopes (2007), estudando a fisiologia e maturação de frutos de umbu-laranja no Estado da Paraíba, observou que os açúcares redutores não variaram, significativamente, com o avanço da maturação. Entretanto, observou-se que os teores de açúcares totais foram mais elevados no estágio de maturação mais avançado. O citado autor relata valores de 3,04% e 5,79% para açúcares redutores e solúveis totais, respectivamente, em frutos no estágio de maturação amarelo esverdeado. Ambos os valores estão de acordo com os encontrados neste trabalho.

Os valores encontrados aqui estão também dentro da faixa encontrada por Dantas Júnior (2008), que trabalhando com frutos de 32 genótipos de umbuzeiro oriundos de Petrolina, PE, encontrou açúcares redutores oscilando de 2,51% a 5,82%.

Os valores de açúcares solúveis totais estão representados na Figura 3. Os dados mostram que houve pouca variabilidade entre os frutos dos genótipos.

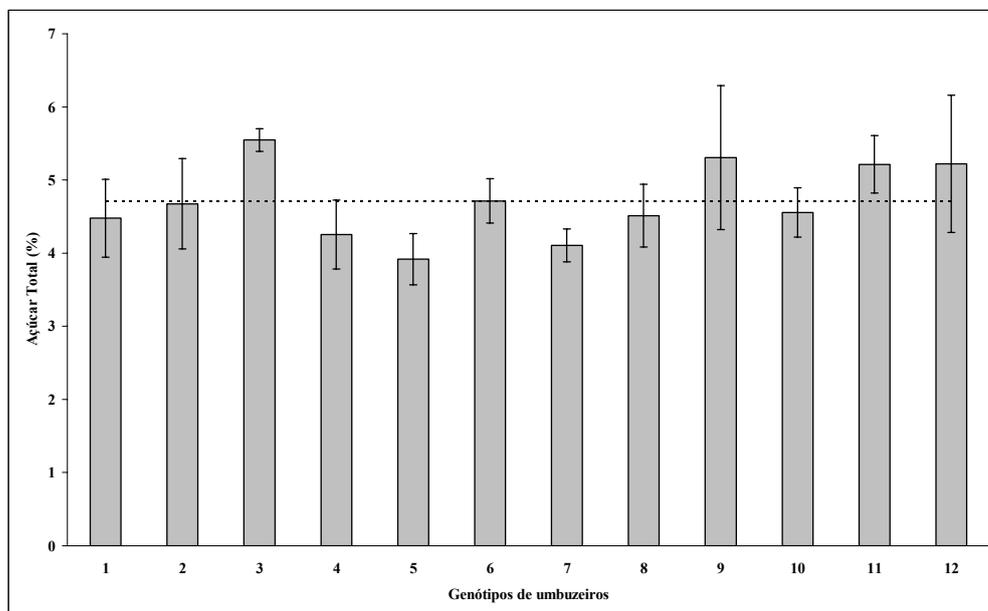


Figura 3 – Açúcares solúveis totais de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

A menor média de AST foi encontrada nos frutos do genótipo 5 com 3,92% e a máxima de 5,55% nos frutos do genótipo 3, com média geral de 4,71%. Os valores estão abaixo dos encontrados por Almeida (1999), que estudando as características físicas e químicas de umbus oriundos do Estado da Paraíba, obteve conteúdo de AST de 7,44% em umbus maduros.

Os valores de açúcares totais relatados aqui diferem também dos observados por Ferreira et al. (2000), que estudando polpa de umbu de frutos colhidos no Estado da Paraíba, encontraram valores de AST de 6,25%.

Os valores de AST encontrados neste trabalho estão dentro da faixa observada por Dantas Júnior (2008) que estudando frutos de 32 genótipos de umbuzeiro oriundos de Petrolina, PE, encontrou uma variação de AST de 3,6% a 8,31%, mas de amplitude

bem superior que a encontrada aqui.

Os frutos apresentaram acidez de 1,69%, nos genótipos 3 e 9 até 2,40% para o genótipo 10 (Figura 4), sendo a média de 2,01 %, valor bem próximo do mencionado por Dias et al. (2007) que encontraram 1,96% de ácido cítrico em umbu oriundos do Estado da Paraíba.

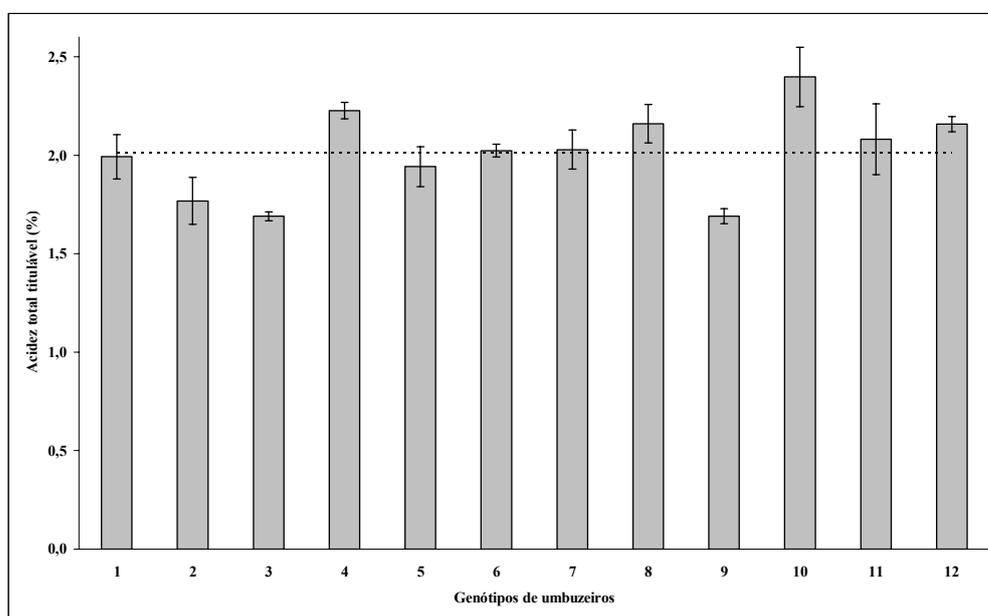


Figura 4 – Acidez total titulável de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Dos doze genótipos avaliados, sete apresentaram frutos com valores médios acima da média (2,01%). Os genótipos que apresentaram maior acidez foram: 4 (2,23%), 8 (2,16%), 10 (2,40%) e 12 (2,16%).

As menores médias de acidez foram registradas para frutos do genótipo 2 com valor de 1,77% e nos genótipos 3 e 9, ambos com 1,69%, sendo os mais indicados para o mercado de mesa. Lima et al. (2003) estudando polpa de umbu congelada,

encontraram valor de 1,45% de acidez, inferior a menor média aqui mencionada.

Costa et al. (2004), trabalhando com umbus azedo e doce oriundos do Estado da Paraíba, encontraram acidez de 1,56% para o umbu azedo e 1,49 % para o umbu doce no estágio maduro. Em ambos os casos os valores estão abaixo dos relatados neste trabalho.

De acordo com o observado na Figura 5, houve uma pequena variação no pH dos frutos de umbuzeiro, que oscilou de 2,04 (genótipo 6), a 2,66 (genótipo 1), sendo que a maioria dos genótipos apresentou valores abaixo da média (2,02).

Os valores de pH encontrados estão dentro da faixa encontrada por Costa et al. (2004) que trabalhando com umbus maduros dos tipos azedo e doce oriundos do Estado da Paraíba, obtiveram pH 2,26 para umbus azedos e pH 2,28 para umbus doces.

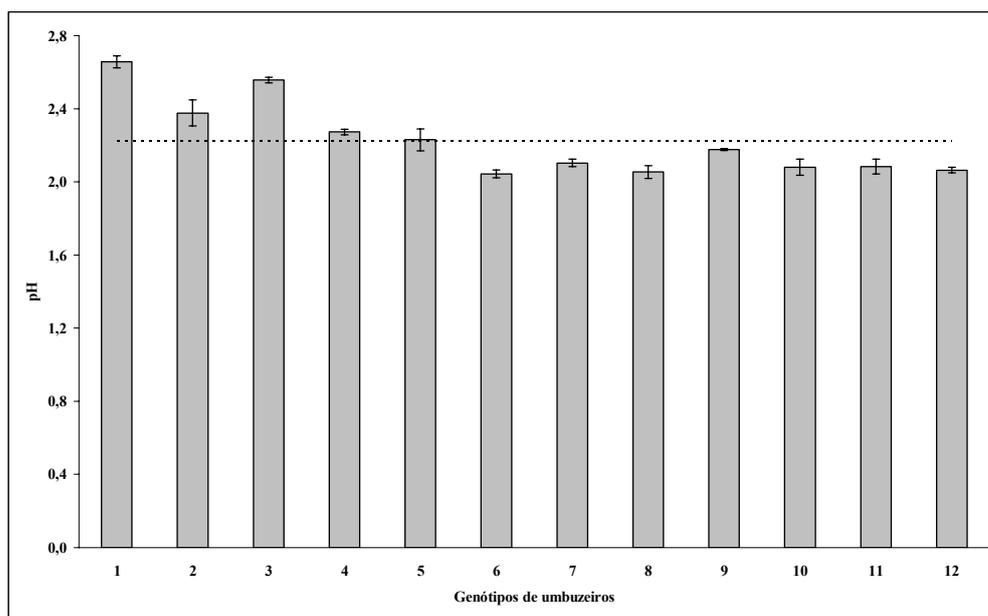


Figura 5 – pH de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Para a maioria dos genótipos relacionados na Figura 5, os valores de pH dos frutos estão abaixo dos valores encontrados por Lopes (2007) que estudando a fisiologia e maturação de frutos de umbu-laranja no Estado da Paraíba, encontrou pH variando de 2,63 a 2,58 para os estádios de maturação verde e maduro, respectivamente.

Os valores de acidez e pH observados nos frutos dos 12 genótipos relacionados neste trabalho demonstram que o umbu apresenta boas características para ser utilizado na fabricação de sucos, doces e geléias sem a necessidade de aplicação de ácidos no processamento, dando a oportunidade de um melhor uso desta fruta na agroindústria.

Os resultados da relação SST/ATT apresentada na Figura 6 mostram uma pequena variação entre os frutos dos genótipos de umbuzeiro, oscilando de 4,08 para o genótipo 10, e 6,19 para o genótipo 3. A média geral entre os frutos dos genótipos ficou em 4,97. A maior relação SST/ATT foi encontrada nos genótipos 3 e 9, obtida pela menor acidez desenvolvida, já que houve pouca variação de sólidos solúveis entre os mesmos.

Os valores encontrados neste trabalho estão abaixo da faixa encontrada por Costa et al. (2004), que estudando diferentes frutos de umbuzeiros no Estado da Paraíba, encontraram uma relação SST/ATT de 6,11 em umbus do tipo azedo e de 6,86 em umbus do tipo doce, ambos no estágio de maturação maduro.

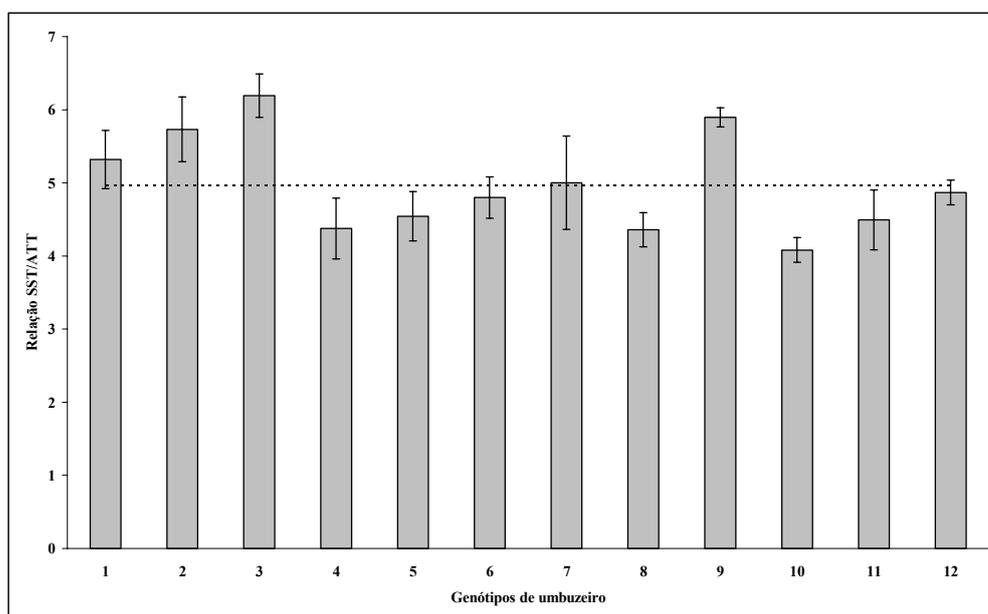


Figura 6 – Relação SST/ATT de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Dantas Júnior (2008) trabalhando com frutos de 32 genótipos de umbuzeiros provenientes de Petrolina, PE encontrou uma variação de 4,89 a 11,89 da relação SST/ATT. Uma amplitude bem maior que a observada neste trabalho. O mesmo autor relata que esta relação tem uma correlação direta com seus componentes que são influenciados tanto por fatores ambientais como pelo potencial genético das plantas.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a relação SST/ATT é mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois essa relação além de dar uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes indica o sabor dos frutos.

As correlações fenotípicas entre as características físicas estão representadas na Tabela 2. Observou-se que, na maioria dos casos, os pares de caracteres avaliados apresentaram coeficientes de correlações fenotípicas positivas. O peso total

correlacionou-se positivamente com o comprimento (0,90), diâmetro (0,94), semente (0,73), porcentagem de polpa (0,94) e casca (0,60), o que já era de se esperar por estas variáveis (semente, polpa e casca) serem componentes adicionais ao peso do fruto. Houve correlação negativa (-0,87) entre o peso da semente e o rendimento, o que podemos afirmar que quando tivermos frutos com menor peso da semente, maior será o rendimento de polpa. Resultados semelhantes foram encontrados por Dantas Júnior (2008) que avaliando frutos de 32 genótipos de umbuzeiro encontrou uma correlação negativa de -1,0 entre % de semente e rendimento de polpa.

Os caracteres comprimento e diâmetro do fruto apresentaram correlações positivas com o peso da polpa (0,83 e 0,89, respectivamente) indicando que a seleção de frutos grandes resulta em maiores pesos de polpa. Adicionalmente, o comprimento e o diâmetro correlacionaram-se positivamente com o peso da semente (0,68 e 0,63, respectivamente), o que se pode inferir que os frutos apresentam um formato definido, tendendo mais para arredondado.

Tabela 2 – Correlações fenotípicas entre as características físicas avaliadas em 12 genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

	Rendimento (%)	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Polpa (g)	Semente (g)	Casca (g)
Peso Total (g)	-0,29	**0,90	**0,94	**0,94	**0,73	*0,60
Casca (g)	-0,03	0,55	*0,59	0,39	0,31	
Semente (g)	** -0,87	*0,68	*0,63	0,54		
Polpa (g)	-0,07	**0,83	**0,89			
Diâmetro (mm)	-0,20	**0,72				
Comprimento (mm)	-0,31					

* Significativo a 5%; **Significativo a 1%, pelo teste t.

A característica peso de polpa apresentou tanto o maior valor de coeficiente de repetibilidade (84,52) quanto o maior grau de confiança (99,27%). Esta magnitude advém da pequena variação observada nas medições de cada planta, evidenciando pouca influência ambiental sobre a característica (Tabela 3). Contudo, de modo geral, todas as variáveis apresentaram de moderado a alto coeficiente de repetibilidade, o que associado às correlações apresentadas entre as variáveis, evidencia o alto potencial de melhoramento destes acessos de umbuzeiros, ou seja, mesmos métodos de seleção mais simples serão capazes de propiciar ganhos genéticos significativos.

Por fim, o número de medições adotado (25) foi suficiente para garantir uma qualidade dos resultados, em nível de confiabilidade de 95%, para todas as características avaliadas.

Tabela 3. Estimativas da variância ambiental, variância genética, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação (R^2) e do número de medições necessárias para obtenção de um R^2 de 95 e 99%, nas características físicas avaliadas nos frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Parâmetros	Variância Experimental (dentre plantas)	Variância Genética (entre plantas)	Coeficiente de Repetibilidade	Coeficiente de Determinação (R^2)	Número* de medições para R^2	
					95%	99%
Peso Total (g)	4,370	9,388	71,03	98,39	8	40
Casca (g)	0,329	0,605	70,05	98,32	8	46
Polpa (g)	0,197	0,723	84,52	99,27	3	18
Semente (g)	4,044	4,368	58,99	97,29	13	69
Diâmetro (mm)	2,428	3,210	60,57	97,46	12	64
Comprimento (mm)	1,566	4,982	78,42	98,91	5	28
Rendimento (%)	7,280	9,777	65,16	97,91	10	53

*/ valores absolutos.

4. CONCLUSÕES

1. Frutos de genótipos de umbuzeiros nativos da região de Picos, semi-árido piauiense, apresentaram pequena variabilidade entre as variáveis peso total, comprimento, diâmetro e rendimento, mostrando-se bastante uniformes, sendo um bom indicador para uso no processamento;
2. Os frutos dos genótipos 3 e 9 se destacaram entre os demais por apresentarem

menor acidez, melhor relação SST/ATT e maior teor de açúcares, sendo indicado tanto para consumo *in natura* como para o processamento;

3. Todos os genótipos avaliados apresentam frutos com condições adequadas de comercialização na forma de polpa por possuírem um alto rendimento, média de 85%.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. M. de. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondia tuberosa* Arruda Câmara): Alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação.** 1999. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

AMARAL, V. B.; SOUZA, S. C. A.; MORAIS, F.; BARBOSA, C. M.; SALES, H. R.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. F. R. Biometria de frutos e sementes de umbuzeiro, *Spondias tuberosa* A. Câmara (Anacardiaceae), Norte de Minas Gerais-MG. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG, 2007.**

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists.** 12 ed. Washington: A.O.A.C., 1992.

BUENO, S. M.; LOPES, M. do R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ, C. H. Avaliação da qualidade de polpas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz.** São Paulo, n.62, v.2, p.121-126, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 12 04 de setembro de 2003. **Diário Oficial da União**, 09 de setembro de 2003. Seção 1, p. 2. 2003.

CAMPOS, C. O. **Frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda): Características físico-químicas durante seu desenvolvimento e na pós-colheita**. Botucatu, SP: UNESP, 2007. 129p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, 2007.

COSTA, N. P. da; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. de L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.20, n.2, p.65-71, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. D. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2. ed., 293p.: il. 2005.

CRUZ, C. D. 2001. **Genes**: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV.

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

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; CAVALCANTI, M. B. D. A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro. In: I Congresso Norte-Nordeste de Química. **Resumos...** Natal: UFRN, 2007. Disponível em: http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T89.pdf. Acesso em: 08 de outubro de 2007.

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.7-17, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed., São Paulo, 1985. v.1, 533p.

IBGE, 2007. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Produção Extrativa Vegetal. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=289>. Acesso em: 10 de setembro de 2008.

LIMA, I. J. E. de.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agropecuários**, Campina Grande, Especial, n.1, p.31-42, 2003.

LOPES, M. F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do aceso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. João Pessoa, PB: UFPB, 2007. 141p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, 2007.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, **31**:426-8, 1959.

NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. da S.

Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*). **Food Chemistry**, Barking, n. 44, p. 255-259, 1992.

SANTOS, C. A. F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p.923-930, 1997.

SANTOS, C. A. F., NASCIMENTO, C. E. S., OLIVEIRA, M. C. **Recursos genéticos do umbuzeiro: preservação, utilização e abordagem metodológica**. In: QUEIRÓZ, M. A., GOEDERT, C. O., RAMOS, S. R. R. ed. Recursos genéticos e melhoramento de plantas do Nordeste brasileiro (on-line). Versão 1.0. Petrolina-PE. EMBRAPA Semi-Árido/Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Nov, 1999. Disponível em: <http://www.cpatssa.embrapa.br/catalogo/livrorg/umbuzeiro.doc>. Acesso em: 22 de maio 2008.

SANTOS, E. de O. C.; OLIVEIRA, A. C. N. de. **Importância sócio-econômica do beneficiamento do umbu para os municípios de Canudos, Uauá e Curaçá**. Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA. 8p, 2001.

SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; SILVA, E. de B. **Informações sobre a cultura do umbuzeiro**. Nova Porteirinha, MG: EPAMIG-CTNM, 6p. (EPAMIG-CTNM. Circular, 8), 2000.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v.57, p.508-514, 1954.

CAPÍTULO V

COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arru. Câm) ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO DO PIAUÍ-BRASIL

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os compostos bioativos e a atividade antioxidante total de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro nativos da região Semi-Árida do Piauí. Foram colhidos manualmente frutos de umbuzeiro provenientes de 12 plantas nativas localizadas no município de Picos, PI, os mesmos foram congelados e acondicionados em caixas e transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado e Fortaleza, CE. As análises constaram de: vitamina C, carotenóides, polifenóis extraíveis totais e determinação da atividade antioxidante usando o sistema de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico e o método de seqüestro de radicais livres (ABTS•+). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no programa Genes. Os frutos dos genótipos 8 e 9 se destacaram com teores médios de vitamina C de 24,47 e 21,23 mg/100g, respectivamente. A média geral para o teor de carotenóides totais ficou em 0,21 mg/100g. Houve uma grande variabilidade genética entre os frutos dos genótipos de umbuzeiro para a variável polifenóis, com teores variando de 32,80 a 80 mg de ácido gálico/100g de polpa. A atividade antioxidante total oscilou de 1,12 a 3,89 μ M de Trolox/g de polpa fresca. A maior % inibição de oxidação foi observada na concentração de 300 g/L, se destacando os frutos dos genótipos 4, com 83,78%, 2, com 82,70% e 11 com 81,60%.

Palavras-chave: propriedades funcionais, variabilidade genética, polifenóis, ABTS, sistema β -caroteno, ácido linoléico.

CHAPTER V

BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FRUIT OF UMBU TREE (*Spondias tuberosa* Arru. Câm) GENOTYPES FROM THE SEMI-ARID REGION OF PIAUÍ STATE

ABSTRACT

This study aimed to assess the bioactive compounds and the total antioxidant activity of different umbu tree fruit genotypes native from the semi-arid region of Piauí State. Umbu tree fruit were manually picked from 12 native plants located in the city of Picos, Piauí State, and were properly frozen, packed in boxes and transported to the Postharvest Physiology and Technology Laboratory at Embrapa Tropical Agroindustry, located in Fortaleza, Ceará State. The analyses consisted of: vitamin C, carotenoids, total extractable polyphenols and antioxidant activity using the system of co-oxidation of β -carotene/ linoleic acid and the method of free radicals scavenging (ABTS • +). All statistical procedures were performed using the statistical package Genes. The genotypes 8 and 9 were distinguished for their average levels of vitamin C of 24.47 and 21.23 mg/100g, respectively. The overall average for total carotenoid content was 0.21 mg/100g. There was a large genetic variability among umbu tree genotypes for the variable polyphenols, with levels ranging from 32.80 to 80 mg gallic acid/100g pulp. The total antioxidant activity ranged from 1.12 to 3.89 μ M of Trolox/g of fresh pulp. The highest percentage of inhibition of oxidation was observed at concentrations of 300 g/L, and the most distinguished genotypes were 4, with 83.78%, 2, with 82.70%, and 11, with 81.60%.

Keywords: functional properties, genetic variability, polyphenols, ABTS, β -carotene system, linoleic acid.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado principalmente em decorrência do seu valor nutritivo. Estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedades antioxidantes que podem estar relacionados com o retardo do envelhecimento e a prevenção de certas doenças. Estudos têm demonstrado que outros compostos antioxidantes, além dos bem conhecidos β -caroteno, vitamina C e vitamina E, têm contribuído para a atividade antioxidante total desses vegetais (RICE-EVANS et al., 1996; WANG et al., 1996).

A condição de estresse oxidativo pode ser definida como o acúmulo intracelular de níveis tóxicos de espécies reativas de oxigênio (EROs) por meio da saturação do sistema de defesa antioxidante. Mecanismos de defesa antioxidante do organismo, como as enzimas antioxidantes e os antioxidantes presentes nos alimentos estão ligados uns aos outros e equilibram as EROs (LEE et al., 2004).

Segundo Ortiz et al. (2003), a prevenção da oxidação das biomoléculas pela ação de radicais livres de O_2 , diminui o risco do desenvolvimento de processos degenerativos, como o envelhecimento, as doenças cardiovasculares e o câncer, entre outros. A relação inversa entre o consumo de micronutrientes e a incidência de doenças cardiovasculares se deve ao efeito inibitório da oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados das LDLs (*Low Density Lipoproteins*).

Estudos epidemiológicos indicam que a ingestão de quantidades fisiológicas de antioxidantes, tais como as vitaminas C e E e os carotenóides, pode retardar ou prevenir o aparecimento de câncer. Assim, o consumo de uma dieta rica em frutas e hortaliças, contendo quantidades dessas substâncias próximas às recomendadas nutricionalmente, contribui com a defesa antioxidante do organismo, inibindo danos oxidativos em macromoléculas (SILVA e NAVES, 2001).

Os vegetais, em particular as frutas, apresentam em sua constituição vários compostos com ação antioxidante, os quais incluem o ácido ascórbico, carotenóides e polifenóis. A quantidade e o perfil destes fitoquímicos variam em função do tipo, variedade e grau de maturação da fruta bem como das condições climáticas e edáficas do cultivo (LEONG e SHUI, 2002).

As propriedades antioxidantes dos fenólicos ocorrem, principalmente, devido a seu potencial de oxirredução, que os permitem atuar como agentes redutores, doando hidrogênio e neutralizando radicais livres (RICE-EVANS et al., 1997). Uma substância polifenólica pode ser definida como um antioxidante unicamente se preencher a duas condições, a saber: (a) quando estando presente em baixa concentração relativa ao substrato a ser oxidado este possa retardar ou prevenir a oxidação e; (b) quando os radicais formados após a reação sejam estáveis (KAUR e KAPOOR, 2001). Esses benefícios vêm estimulando pesquisas na busca de novos compostos bioativos com atividade antioxidante (LIM et al., 2007).

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) é uma árvore endêmica do Semi-Árido brasileiro presente naturalmente nas regiões secas do Nordeste brasileiro, desde o estado do Ceará até o norte de Minas Gerais. (LORENZI, 1992; PRADO e GIBBS, 1993). De acordo com Oliveira et al. (2008), compostos fenólicos foram encontrados em espécies de *Spondias* como a cajazeira (*Spondias mombin* L.) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), ambas pertencentes à família Anacardiaceae.

Diversas técnicas têm sido utilizadas para determinar a atividade antioxidante *in vitro*, de forma a permitir uma rápida seleção de substâncias e/ou misturas potencialmente interessantes, na prevenção de doenças crônico-degenerativas. Dentre estes métodos destacam-se o sistema de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico e de seqüestro de radicais livres, tais como o ABTS. O método de oxidação do β -caroteno/ácido linoléico avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoléico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). O método do ABTS mede a atividade antioxidante através da captura do radical 2-2

azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) – ABTS, podendo ser gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática. Com esta metodologia pode-se medir a atividade antioxidante em compostos de natureza lipofílica e hidrofílica (KUSKOSKI et al., 2005).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo:

Avaliar os compostos bioativos e a atividade antioxidante total de frutos de umbuzeiros de diferentes genótipos nativos da região Semi-Árida do Piauí através da capacidade de seqüestrar o cátion (ABTS•+) e da inibição da oxidação lipídica no sistema modelo β -caroteno/ácido linoléico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos utilizados neste experimento foram provenientes de 12 plantas nativas de umbuzeiro, localizadas na comunidade de Coroatá, município de Picos – PI. A colheita foi realizada no dia 04 de janeiro de 2007. Inicialmente as plantas foram selecionadas através de informações já existentes nos locais de coletas obtido dos produtores/catadores da região e através do seu paladar. Em seguida as plantas foram identificadas com GPS, modelo eTrex Garmin e efetuada a colheita manual dos frutos no estágio de maturação conhecido popularmente *de vez*, os quais foram acondicionados em caixas plásticas protegidas com espuma e transportados, via terrestre, para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Fortaleza-CE. Os frutos foram avaliados quanto as seguintes características físico-químicas: vitamina C, carotenóides, polifenóis extraíveis totas e atividade antixidante total (ABTS e ácido linoléico).

A determinação de vitamina C foi realizada por titulometria com solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol 0,02 %) até coloração róseo claro permanente,

utilizando 1 grama de polpa diluída em 100 mL de ácido oxálico 0,5 % de acordo com Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de polpa.

Os carotenóides totais foram determinados pelo método de Higby (1962). Em recipiente de aço inox, foram colocados 5 g de polpa, 15 mL de álcool isopropílico e 5 mL de hexano, seguido de agitação por 1 min. O conteúdo foi transferido para um funil de separação de 125 mL envolvido em papel alumínio, onde completou-se o volume com água. A mistura foi deixada em repouso por 30 minutos, seguindo-se da lavagem do material. Essa operação foi repetida mais duas vezes. O conteúdo separado foi filtrado com algodão pulverizado, contendo sulfato de sódio anidro, para um balão volumétrico de 25 mL envolto em papel alumínio onde foi adicionado 1 mL de acetona e completado o volume com hexano. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 450 nm e os resultados expressos em mg/100g, calculados através da fórmula: $(A \times 100)/(250 \times L \times W)$, onde: A = absorvância; L = comprimento de onda em nm e W = quantidade da amostra original no volume final da diluição.

Os polifenóis extraíveis totais (PET) foram determinados através do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme metodologia descrita por Larrauri et al. (1997). A extração foi realizada usando 30 g da polpa de umbu. Foi adicionado 40 mL de solução de metanol 50% (primeira solução extratora), homogeneizando e deixando em repouso por 1 hora para extração. Logo em seguida, a mistura foi centrifugada a 25.406,55 g (15.000 rpm) por 15 minutos em temperatura ambiente. Após a centrifugação o sobrenadante obtido foi filtrado e colocado em um balão de 100 mL protegido da luz. O precipitado foi colocado em um Becker de 40 mL e dissolvido em uma solução de acetona 70 % (segunda solução extratora), ficando em repouso também por 1 hora. Sendo em seguida essa mistura centrifugada a 1525.406,55 g (15.000 rpm) por 15 minutos também em temperatura ambiente. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 100 mL, aferindo este com água destilada, obtendo assim

o extrato para determinação do PET. A leitura foi realizada usando 0,2 mL do extrato, 0,8 mL de água destilada, 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de Na₂CO₃ 20% e 2 mL de H₂O destilada em tubos de ensaio, sendo homogeneizados e deixados em repouso por 30 minutos. Depois de decorrido o tempo, a leitura foi feita em espectrofotômetro (700 nm) usando uma curva padrão de ácido gálico, sendo os resultados expressos em mg de ácido gálico/100g de polpa.

A atividade antioxidante total (AAT) foi determinada através de ensaio com o radical livre ABTS, obtido pela reação de 5 mL de ABTS (7 mM) com 88 µL de persulfato de potássio (140 mM). O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente (25 °C), durante 16 horas na ausência de luz. Uma vez formado o radical ABTS•+, o mesmo foi diluído com etanol P. A., até se obter valor de absorbância de 0,700 a um comprimento de onda de 734 nm. O extrato utilizado foi o mesmo utilizado na determinação dos Polifenóis Extraíveis Totais. Utilizou-se uma alíquota de 30 µL do extrato + água, adicionou-se 3 mL da solução com absorbância 0,700 (radical ABTS• + etanol P.A.), na ausência de luz. O decréscimo de absorbância a 0,734 foi medido depois de 6 minutos. Foi gerada uma curva a partir dos valores de absorbâncias e concentrações das amostras. Os valores de AAT foram obtidos a partir da equação da reta: $y = ax + b$, substituindo o valor de y pela absorbância equivalente a 1000 µM de Trolox, sendo os resultados expressos como TEAC (Atividade Antioxidante Equivalente ao Trolox) em µM de Trolox/g de polpa fresca, de acordo com Re et al. (1999) e adaptada por Rufino et al. (2006).

A atividade antioxidante pelo sistema de co-oxidação do β-caroteno/ácido linoléico foi determinada pelo método descrito originalmente por Marco (1968) e posteriormente modificado por Miller (1971). Para o preparo da solução sistema, adicionaram-se 40 µL de ácido linoléico, 14 gotas de Tween 40, 50 µL de solução de β-caroteno (20 mg/mL de clorofórmio) e 1 mL de clorofórmio em Erlenmeyer. Posteriormente, a mistura foi submetida à completa evaporação do clorofórmio. A esta mistura isenta de clorofórmio, adicionou-se água previamente saturada com oxigênio

durante 30 min e agitou-se vigorosamente. A solução sistema, assim preparada, apresentou-se límpida com absorvância entre 0,6 e 0,7 a 470 nm. Em tubos de ensaio, foram colocados 134 μ L, 268 μ L e 400 μ L de volumes de extratos utilizados para determinação dos PET e em seguida completado o volume para 400 μ L de água destilada em cada tubo. Foram adicionados a 5 mL de solução de β -caroteno com ácido linoléico. O mesmo foi realizado para o antioxidante padrão Trolox na concentração de 200 mg/L.

As leituras das absorvâncias foram realizadas 2 minutos após ser colocada a solução sistema, após 15 min, e em intervalos de 15 min até completar 120 min, em espectrofotômetro, mantendo sempre os tubos em banho-maria a 60 °C. As análises foram realizadas em triplicatas e o comprimento de onda de 470 nm utilizando as concentrações de 100,5, 198 e 300 g/L.

– % Inibição da oxidação (% I.O.): o percentual de proteção do extrato de fenólicos de umbu no sistema de co-oxidação de substratos foi calculado em relação a diminuição da absorvância do controle usando as seguinte equação:

Fórmulas: $A_c = Abs_{inicial} - Abs_{final}$

$$A_{am} = Abs_{inicial} - Abs_{final}$$

Onde: c = controle

am = amostra

$\% \text{ I.O.} = \frac{A_c - A_{am}}{A_c} \times 100$

Análise estatística

A disposição geográfica das plantas e coleta dos frutos, neste trabalho, não se adequam a um desenho experimental que permita o uso da Análise de Variância, todavia, foram adotadas análises estatísticas uni e multivariadas apropriadas ao estudo do potencial das plantas de umbuzeiro avaliadas. Na determinação das características físico-químicas foram utilizadas três repetições, constituídas da polpa obtida de amostras com no mínimo 400 g de frutos, em média, por repetição para compor as mesmas. Foram realizadas análises descritivas dos dados para obtenção das médias e

desvio padrão. Todos os procedimentos estatísticos realizados no programa Genes (CRUZ, 2001), e os gráficos elaborados no programa Excel[®].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de vitamina C estão apresentados na Figura 1. A média geral encontrada para esse caractere foi de 17,6 mg/100g. Apenas os frutos dos genótipos 8 e 9 se destacaram com teores médios de vitamina C de 24,47 e 21,23 mg/100g, respectivamente, os demais apresentaram teores abaixo de 20 mg/100g.

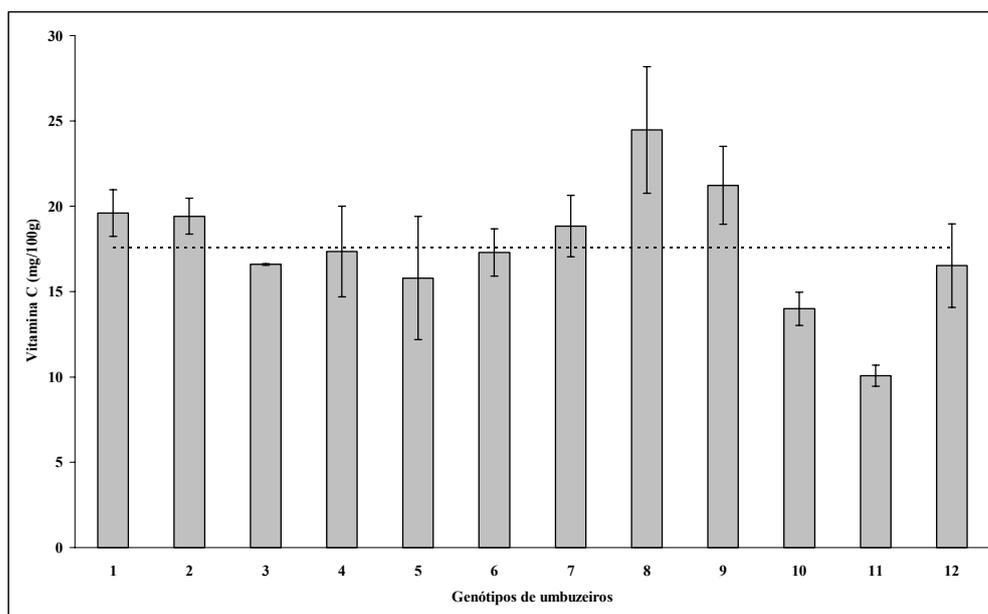


Figura 1 – Vitamina C de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Para a maioria dos genótipos, os teores de vitamina C dos frutos encontrados neste trabalho foram maiores que os relatados por Ferreira et al. (2000) que trabalhando com frutos do umbuzeiro colhidos no Estado da Paraíba, encontraram teores de 13,31 mg/100g de vitamina C. Apenas o genótipo 11 apresentou teor médio de 10,07 mg/100g de vitamina C.

Lima et al. (2002) realizando caracterização física e química dos frutos de umbu-cajazeira em cinco estádios de maturação, observaram que os frutos atingiram o teor máximo de vitamina C no estádio de maturação do fruto parcialmente amarelo com 18,35 mg/100g. Esse valor se encontra dentro da faixa encontrada neste trabalho que apresentou uma média de 17,6 mg/100g de vitamina C.

A quantidade de vitamina C encontrada nos frutos deste trabalho ainda foi maior que a citada por Sousa et al. (2007) que fazendo uma correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais de várias frutas tropicais, encontraram teores de 12,1 mg/100g nos frutos de umbuzeiro.

Apesar da pequena quantidade de vitamina C presente em todos os frutos de genótipos do umbuzeiro, esta planta oferece através dos seus frutos uma fonte de fácil acesso a esta vitamina, principalmente para as pessoas que moram próximas de regiões produtoras, consumindo os frutos nas formas *in natura* e processadas.

As médias observadas na Figura 2 mostram que apenas o genótipo 1 apresentou frutos com teores mais elevados de carotenóides totais, com valor de 0,33 mg/100g, enquanto que os demais genótipos os frutos apresentaram uma pequena variação, oscilando de 0,15 mg/100g para o genótipo 2 a 0,26 mg/100g para o genótipo 8.

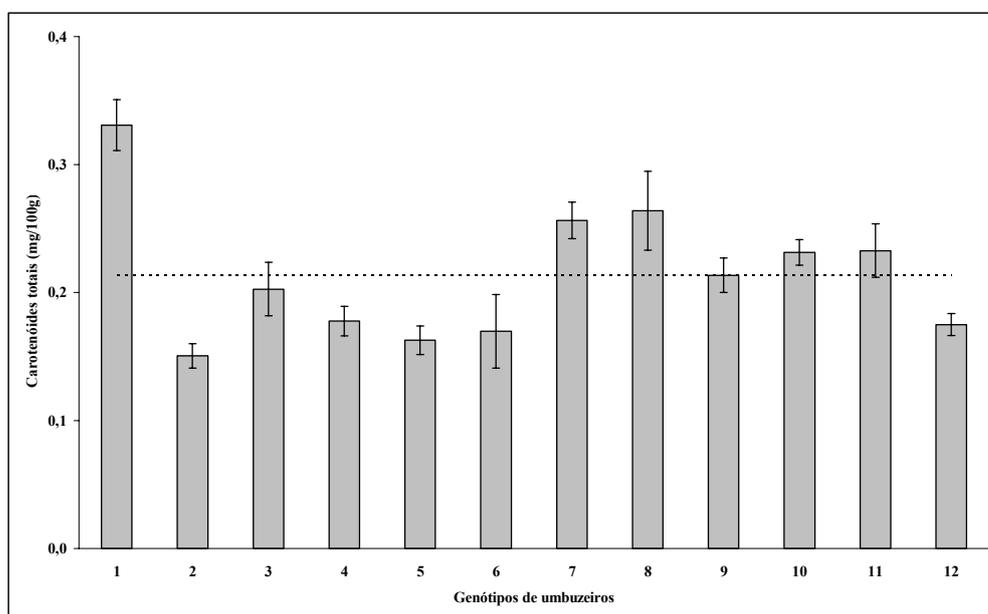


Figura 2 – Carotenóides totais de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

A média geral de carotenóides totais ficou em 0,21 mg/100g, apresentando teores bem maiores que os observados por Lopes et al. (2006) que obtiveram em seis acessos de umbus verde amarelados teores oscilando de 0,004 a 0,01 mg/100g.

Os resultados encontrados aqui foram superiores aos relatados por Lopes (2007), que estudando a fisiologia de frutos de umbuzeiros oriundos do Estado da Paraíba, observou que o conteúdo de carotenóides totais em acesso de umbu-laranja aumentou à medida que a maturação avançava, alcançando teores de 0,0034 a 0,0038 mg/100g nos estádios verde claro e amarelo esverdeado, respectivamente.

Hamano e Mercadante (2001) em estudo da composição de carotenóides em produtos comerciais de cajá, fruto do gênero *Spondias*, encontraram para o suco integral de cajá valores de 0,017 mg/100g.

Os carotenóides são convertidos em vitamina A a medida que o organismo necessita, com graus variáveis de eficiência (Carvalho et al., 2006) e a presença de carotenóides nos frutos de umbuzeiros, mesmo em baixas quantidades, é mais uma das formas de consumo desse composto bioativo por populações que vivem no semi-árido e que carecem dessa vitamina.

Os teores de carotenóides encontrados neste trabalho estão de acordo com os observados por Dantas Júnior (2008), que estudando frutos de 32 genótipos de umbuzeiros oriundos de Petrolina, encontrou teores oscilando entre 0,08 mg/100g a 0,55 mg/100g para o genótipo 26.

Os resultados dos PET estão apresentados na Figura 3. Houve uma grande variabilidade entre os frutos dos genótipos de umbuzeiro para essa variável, provavelmente por fatores genéticos ligados a planta, pois as mesmas foram obtidas da mesma área. Os frutos dos genótipos 6 e 7 se destacaram entre os demais apresentando valores de 73,27 mg/100g e 80 mg/100g, respectivamente. Os frutos do genótipo 12 foram os que apresentaram a menor quantidade de polifenóis, com 32,80 mg de ácido gálico/100g de polpa. A média geral foi de 52,37 mg/100g.

Para a maioria dos genótipos analisados, os resultados presentes estão acima dos relatados por Sousa et al. (2007) para o umbu que foi de 44,6 mg de ácido gálico/100g de polpa, e próximos do encontrado pra mamão, graviola e pinha com 53,2, 54,8 e 81,7 mg/100g, respectivamente. Os mesmos autores relataram que no umbu o conteúdo de PET foi superior ao do sapoti e do abacaxi com 13,5 e 38,71 mg/100g, respectivamente.

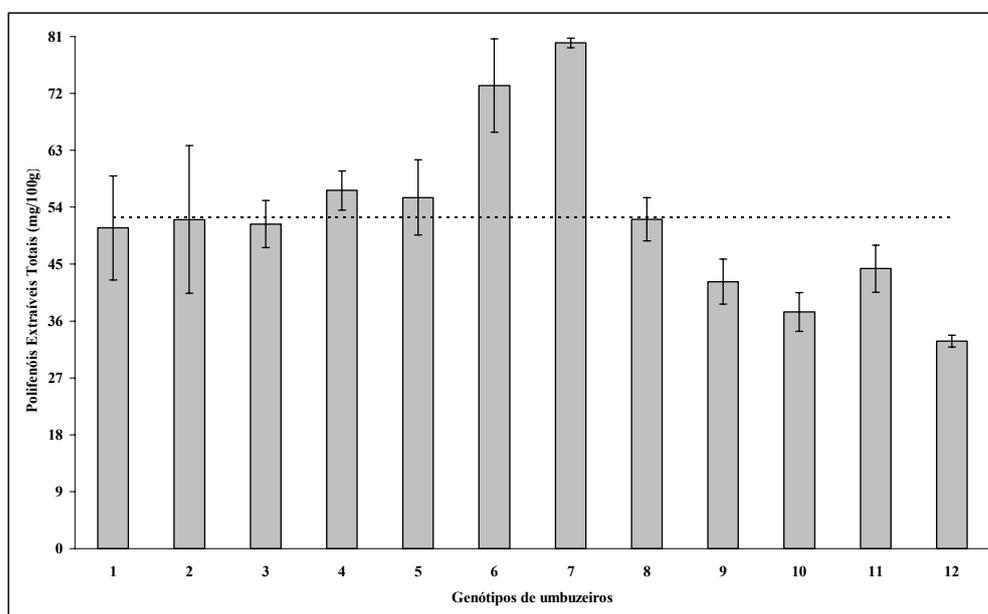


Figura 3 – Polifenóis extraíveis totais de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Valores semelhantes de PET foram encontrados por Almeida et al. (2007) que trabalhando com várias frutas do Nordeste do Brasil encontraram, no umbu, um teor médio de 44 mg de ácido gálico/100g de polpa.

Os teores de fenólicos encontrados neste trabalho foram inferiores aos relatados por Martins e Melo (2007), que trabalhando com ciriguela e cajá, frutos do gênero *Spondias*, encontraram teores de 240 mg/100g em frutos maduros de ciriguela e 140 mg/100g em cajás totalmente amarelos.

A alta variabilidade dos frutos de umbuzeiro encontrada no conteúdo de PET, com valores variando de 32,80 mg/100g, no genótipo 12 a 80 mg/100g, no genótipo 7, pode ser justificada pelo fato de serem plantas nativas sem nenhum grau de domesticação e segundo o trabalho de Robards et al. (1999), a presença de compostos fenólicos em frutas é determinada por fatores genéticos e ambientais.

A Figura 4 apresenta os dados sobre a atividade antioxidante total (AAT), avaliado pelo método ABTS, mostrando que os frutos dos genótipos 7 e 6 se destacaram dos demais apresentando maior atividade antioxidante, com valores de 3,89 e 2,91 μM de Trolox/g de polpa fresca, respectivamente. Os mesmos genótipos também se destacaram em apresentar os maiores teores de PET, mas segundo Heinonen et al. (1998), a atividade antioxidante de um extrato não pode ser explicada apenas com base em seu teor de fenólicos totais. A caracterização da estrutura do composto ativo, também, é necessária.

Apesar da baixa AAT presente nos frutos dos genótipos (Figura 4), houve uma alta variabilidade entre os genótipos apresentados, com valores oscilando de 1,53 a 3,89 μM de Trolox/g de polpa fresca, o que dá margem para muitos trabalhos de melhoramento envolvendo esta variável.

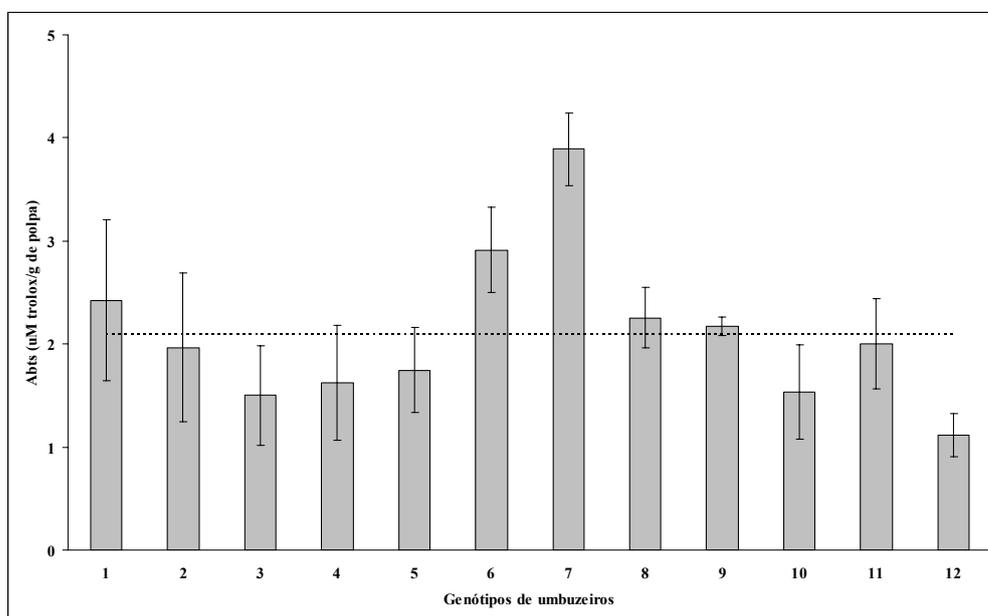


Figura 4 – Atividade antioxidante total pelo método ABTS de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Os frutos dos genótipos 9 e 12, apesar de apresentarem atividade antioxidante, foram os únicos que permaneceram com valores de absorvâncias fora da curva de ABTS, constatando que necessitaria de uma maior quantidade de amostra para a sua determinação.

Almeida et al. (2007) utilizando o método ABTS em várias frutas do Nordeste encontraram valores médios de 1,07 μM de Trolox/g em umbu, 6,25 μM de Trolox/g em ciriguela, 10,84 μM de Trolox/g em mangaba e 15,73 μM de Trolox/g em murici, constatando que os valores encontrados neste trabalho apresentaram AAT maior que o observado para o umbu acima, mas bem abaixo dos outros frutos relacionados pelos autores.

A AAT observada aqui está acima da encontrada por Sousa et al. (2007), que avaliando a AAT em frutas do Nordeste brasileiro, encontraram para sapoti (0,99 μM de Trolox/g) e, adicionalmente, próximo dos valores encontrados para o abacaxi (3,78 μM de Trolox/g).

Na Figura 5 foram reunidos os resultados de inibição da oxidação pelos extratos das amostras em estudo pelo sistema β -caroteno/ácido linoléico nas concentrações de 100,5, 198 e 300 g/L. Observou-se que houve um aumento da inibição da oxidação (IO) conforme o aumento da concentração do extrato.

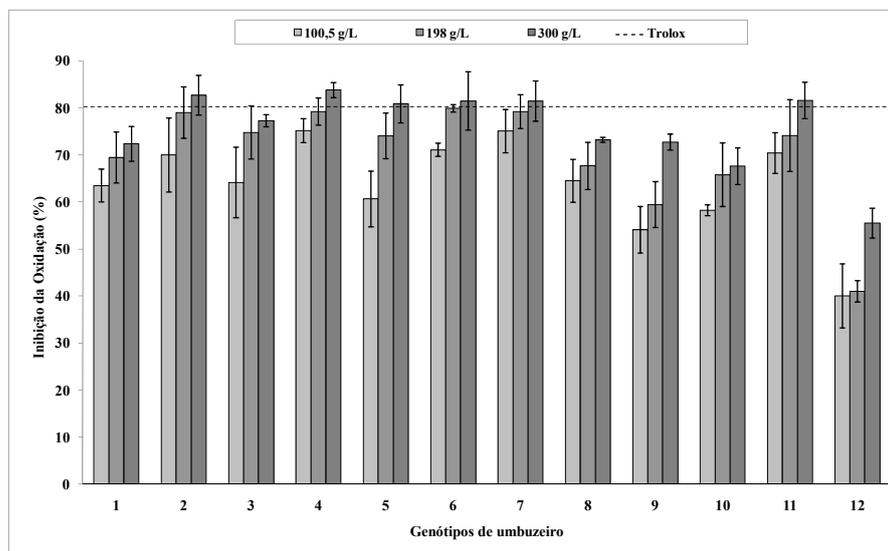


Figura 5 – Porcentagem de inibição da oxidação em extratos de frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm) provenientes da região de Picos-PI. 2007.

Para a concentração de 100,5 g/L, a menor inibição de oxidação no sistema β -caroteno/ácido linoléico foi encontrado nos frutos dos genótipos 9 e 12 com 40,01% e

54,08%, respectivamente, o que reforça a baixa AAT (fora da curva de ABTS) por estes genótipos pelo método ABTS. Dantas Júnior (2008), trabalhando com frutos de 32 genótipos de umbuzeiro oriundos do Banco de Germoplasma do Umbu, localizado em Petrolina, PE, observou que os frutos dos genótipos 16 e 15 apresentaram os menores percentuais de inibição de oxidação, respectivamente com 59,01 e 60,47 %, valores ainda superiores aos encontrados neste trabalho.

Na concentração de 198 g/L a % de inibição da oxidação nos frutos variou de 40,99%, para o genótipo 12 a 79,89%, para o genótipo 6, apresentando média geral de 70,29%. A maior % de inibição de oxidação foi observada na concentração de 300 g/L apresentada pelos frutos dos genótipos 4 (83,78%), 2 (82,70%) e 11 (81,60%), valores superiores ao padrão Trolox que apresentou média geral de 80,28%.

Valores superiores de inibição da oxidação em umbu foram encontrados por Dantas Júnior (2008), que observou na maior concentração (20 g.L⁻¹), percentagem de inibição de 94,52 e 92,58 % para os genótipos 26 e 13, respectivamente.

Melo et al. (2008), estudando a atividade antioxidante de várias frutas, observaram em função do percentual de inibição exibido que a pinha (extrato aquoso) e goiaba (extrato acetônico) foram classificadas como frutas com moderada atividade antioxidante (50 a 70%). Fazendo uma comparação com os frutos de genótipos de umbuzeiros aqui avaliados, observou-se que os umbus, na concentração máxima (300 g/L), apresentaram uma boa AAT por possuírem inibição da oxidação acima de 70% para a maioria dos genótipos.

4. CONCLUSÕES

A grande variabilidade genética apresentada nos frutos dos genótipos de umbuzeiro para a variável PET indica que os mesmos podem ser resgatados da natureza e serem incluídos em Banco Ativo de Germoplasma para estudos em programas de melhoramento.

Os frutos dos genótipos 6 e 7 apresentaram os melhores resultados para PET e AAT pelo método ABTS.

A concentração de 300 g/L foi considerada a de maior % de inibição da oxidação, se destacando os frutos dos genótipos 4, com 83,78%, 2, com 82,70% e 11 com 81,60% de % I.O.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. M. B.; PRADO, G. M.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; FONSECA, M. L.; LEMOS, T. L. G. **Frutas tropicais do Nordeste Brasileiro: potencial antioxidante x fenólicos toais e ácido ascórbico**. In: ENAAL - Encontro Nacional de Analistas de Alimentos e Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos, 2007.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**. v. 24, n. 4, p.397-404. 2006.

CRUZ, C. D. 2001. **Genes**: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV.

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

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26 n.2, p. 446-452, 2006.

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.7-17, 2000.

HAMANO, P. S.; MERCADANTE, A. Z. Compositions of carotenoids from commercial products of caja (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 4, p. 335-343, 2001.

HEINONEN, M.; LEHTONEN, P.J.; HOPIA, A. Antioxidative activity of berry and fruit wines and liquor. **Journal Agriculture Food Chemistry**. Washington, v.48, p.25-31, 1998.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.27, p.42-49, 1962.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables. The millennium's-health. **International Journal Food Science Technology**. 2001, v.36, p.703-725.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicação de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em polpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

LARRAURI, J. A.; PUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v. 45, p.1390-1393, 1997.

LEE, J.; KOO, N.; MIN, D. B. Reactive oxygen species, aging and antioxidative nutraceuticals. **Comprehensive Reviews Food Science Food Safety**. 2004, n. 3, p. 21-33.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**. v. 76, p.69-75, 2002.

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food chemistry**, v.103, p.1003-1008, 2007.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.

LOPES, M. F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. João Pessoa, PB: UFPB, 2007. 141p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, 2007.

LOPES, M. F.; TORRES, L. B. V.; SILVA, S. M.; SILVA, A. B. Avaliação Físico-Química de Seis Acessos de Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). **Anais.. XX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 08 a 11 de outubro de 2006, Curitiba – PR;

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 352p.

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Society**, Champaign, v. 45, p. 594-598, 1968.

MARTINS, S. T.; MELO, B. **Spondias (Cajá e outras)**. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, MG. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/caja.html>. Acesso em: 01 de novembro de 2007.

MELO, E de A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de; NASCIMENTO, R. da J. do. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n. 2, 2008.

MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **Journal of the American Oil Society**, Champaign, v. 48, p.91, 1971.

OLIVEIRA, M. S. C.; SILVA, A. R. A.; MARQUES, M. M. M.; QUEIROZ, V. A.; PEREIRA, C. M. C.; SOUZA, F. X.; OLIVEIRA, M. F.; MORAIS, S. M.; GUEDES, M. I. F. **Atividade seqüestradora de radical livre e teor de compostos fenólicos de clones de espécies spondias cultivados em Pacajus-CE.** 48º Congresso Brasileiro de Química. 29/09 à 03/10 de 2008, Rio de Janeiro/RJ. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/7/7-89-462.htm>. Acesso em: 11 de novembro de 2008.

ORTIZ, H. N.; GIACOPINI, M. I.; ALFONSO, C.; BOSCH, V.; Efecto antioxidante del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en la lipoproteína de alta densidad (HDL) y los microsomas hepático de la rata. **Archive Venezuela Farmacologia Terapeutica.** 2003, v. 22, n. 1, p. 1-12.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.80, p.902-927. 1993.

RE, R.; PELLEGRINE, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology Medicine.** v. 26, n. 9-10, p.1231-1237, 1999.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**, v.20, p.933-956, 1996.

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science.** v.2, n.4, p.152-159. 1997.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS•+**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4f. (Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico, 128).

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**. v.66, p.401-436, 1999.

SILVA, C. R. M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Revista Nutrição**, Campinas, v.14, n.2, p.135-143, 2001.

SOUSA, P. H. M.; ALMEIDA, M. M. B.; FERNADES, A. G.; MAIA, G. A.; MAGALHÃES, A. C.; LEMOS, T. L. G. **Correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais em frutas tropicais do nordeste brasileiro**. In: 47º Congresso Brasileiro de Química- Associação Brasileira de Química, Natal, RN, 2007.

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

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.701-705, 1996.

CONCLUSÕES GERAIS

A caracterização dos pedúnculos de genótipos de cajuzeiro demonstrou que há uma grande variabilidade genética para esta espécie na região Semi-Árida do Piauí, indicando que os mesmos devem ser resgatados para formação de uma coleção de germoplasma para uso futuro em trabalhos de melhoramento.

Os pedúnculos de cor amarela foram predominantes entre os demais, sendo que os genótipos 2, 3, 6, 9 e 11 são os mais indicados para o mercado de mesa.

O teor de vitamina C foi bastante elevado para a maioria dos pedúnculos de genótipos de cajuzeiros avaliados, apresentando valores acima de 200 mg/100g.

Os genótipos de cajuzeiros 2 e 10 se destacaram entre os demais por apresentarem pedúnculos com os melhores valores de vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante total pelos dois métodos (ABTS e DPPH).

Os frutos de umbuzeiros apresentaram-se bastante uniformes quanto ao formato, sendo bom indicativo para o processamento associado ao rendimento acima de 85% encontrado na maioria dos genótipos.

A atividade antioxidante nos frutos do umbuzeiro oscilou de 1,12 a 3,89 μM de Trolox/g de polpa fresca.

Para os frutos de genótipos de umbuzeiros, a maior % inibição de oxidação foi observada na concentração de 300 g/L, e os genótipos que mais se destacaram foram o 4, com 83,78%, 2, com 82,70% e 11 com 81,60%.