



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE
GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO**

OVÍDIO RICARDO DANTAS JÚNIOR

AREIA – PB

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE
GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO**

OVÍDIO RICARDO DANTAS JÚNIOR

AREIA – PB

2008

OVÍDIO RICARDO DANTAS JÚNIOR

**QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE
GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO**

Tese apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia para obtenção do título de Doutor em Agronomia com Área de Concentração em Agricultura Tropical – Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças Tropicais.

ORIENTADOR: Ricardo Elesbão Alves, D.Sc.

AREIA – PB

2008

OVÍDIO RICARDO DANTAS JÚNIOR

**QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE
GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO**

APROVADA EM:

BANCA EXAMINADORA

Ricardo Elesbão Alves, D. Sc.
- Orientador -
Embrapa Agroindústria Tropical

Silvanda de Melo Silva, PhD.
- Co-Orientadora -
UFPB

Raimundo Wilane de Figueiredo D. Sc.
- Examinador -
UFC

Maria Auxiliadora Coêlho de Lima, D. Sc.
- Examinadora -
Embrapa Semi Árido

AREIA – PB

2008

“Que teu alimento seja teu remédio; e que teu remédio seja teu alimento”.

Hipócrates.

À Deus, por sua existência em minha vida

À minha Digníssima esposa Cláudia Maria Alves Pegado Dantas

Ao meu Pai Ovídio Ricardo Dantas (*in memoriam*)

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por proporcionar tudo em minha vida.

À Universidade Federal da Paraíba e, em especial, àqueles que fazem o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Saudoso Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Prof. Dr. Genildo Bandeira Bruno (*in memoriam*), pelo apoio e incentivo.

Ao meu Orientador e Amigo, Pesquisador Dr. Ricardo Elesbão Alves, pela preciosa orientação e confiança.

À Professora Dra. Silvanda de Melo Silva, pela confiança, incentivo e direcionamento acadêmico.

À Pesquisadora da Embrapa Semi Árido, Dra. Maria Auxiliadora Coelho Lima, pela preciosa colaboração e ajuda na condução do trabalho.

Ao Pesquisador Fernando Antônio Souza de Aragão, pela disponibilidade, sugestões e acompanhamento estatístico do trabalho.

Ao Professor Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo, pelas sugestões apresentadas.

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

Aos que fazem a Direção da Escola Agrotécnica Federal de Araguatins, pela compreensão e apoio, para meu êxito no Curso.

Aos amigos Dijauma Honório e Lúcio José, pela excelente convivência e apoio.

À dupla de amigos, Pesquisador Dr. Carlos Farley Herbster Moura 'Farlim' e o Prof. Adriano Almeida 'Drianim', pelo auxílio prestado durante toda minha estadia em Fortaleza e pela construção dessa sincera e sólida amizade.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical: Socorro Rufino, Joze Fonteles, Denise Josino, Marcela Coelho, Wlairton Maciel, Josifranci Moraes, Eliardo Cavalcanti, Wedja Santana, pela amizade e excelente convivência e apoio durante a realização do trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos gerais do umbuzeiro	4
2.2. Importância Econômica e Potencial de uso	5
2.3. Atributos de Qualidade	7
2.3.1. Peso	7
2.3.2. Comprimento e Diâmetro	8
2.3.3. Rendimento	9
2.3.4. Sólidos Solúveis (SS)	9
2.3.5. pH e Acidez Total Titulável (AT)	10
2.3.6. Relação SS/AT	11
2.3.7. Vitamina C	11
2.3.8. Açúcares Solúveis Totais e Açúcares Redutores	12
2.3.9. Amido	13
2.3.10. Pectina Total e Pectina Solúvel	13
2.3.11. Clorofila e Carotenóides Totais	14
2.3.12. Flavonóides	15
2.3.13. Polifenóis Extraíveis Totais	16
2.3.14. Atividade Antioxidante	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Procedência dos Frutos e Colheita	19
3.2. Avaliações Físicas	20
3.3. Avaliações Físico-Químicas e Químicas	20

3.3.1. Clorofila	20
3.3.2. Vitamina C	21
3.3.3. Acidez Titulável	21
3.3.4. pH	21
3.3.5. Sólidos Solúveis	22
3.3.6. Flavonóides Amarelos	22
3.3.7. Carotenóides Totais	22
3.3.8. Açúcares Solúveis Totais	23
3.3.9. Açúcares Redutores	23
3.3.10. Amido	23
3.3.11. Pectina Total	24
3.3.12. Pectina Solúvel	24
3.3.13. Polifenóis Extraíveis Totais – PET	25
3.3.14. Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação ABTS	25
3.3.15. Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do β - caroteno/ácido linoléico	26
3.3.16. Análise Estatística	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Características Físicas	29
4.1.1. Peso do fruto	30
4.1.2. Comprimento e Diâmetro dos Frutos	31
4.1.3. Percentagem de casca	33
4.1.4. Percentagem de semente	34
4.1.5. Percentagem de polpa	35
4.1.6. Rendimento.....	36
4.1.7. Correlações entre as Características Físicas	37
4.1.8. Repetibilidade para as Características Físicas	38
4.1.7. Análises Multivariadas para as Características Físicas.....	39
4.2. Características Físico-Químicas e Químicas	42
4.2.1. Sólidos Solúveis (SS)	44
4.2.2. pH e Acidez Titulável (AT)	45

4.2.3. Relação SS/AT	47
4.2.4. Vitamina C	48
4.2.5. Açúcares Redutores e Açúcares Solúveis Totais	49
4.2.6. Amido	50
4.2.7. Pectina Solúvel e Pectina Total	51
4.2.8. Clorofila e Carotenóides Totais	53
4.2.9. Flavonóides Amarelos	55
4.2.10. Polifenóis Extraíveis Totais	56
4.2.11. Atividade Antioxidante	58
4.2.11.1. Método ABTS	58
4.2.11.2. Método Sistema β -caroteno/Ácido Linoléico	59
4.2.11.2.1. Inibição da Oxidação	61
4.2.11.2.2. Atividade antioxidante	62
4.2.11.2.3. Coeficiente de Atividade Antioxidante	64
4.2.11.2.4. Razão da Taxa de Degradação (RTD)	65
4.2.11.2.5. AOX	67
4.2.12. Correlações entre as Características Físico-Químicas.....	68
4.2.13. Repetibilidade para as Características Físico-Químicas	70
4.2.14. Análises Multivariadas para as Características Físico-Químicas	71
5. CONCLUSÕES	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE TABELAS

xi

Tabela		Página
1	Identificação dos diferentes genótipos de umbu avaliados	19
2	Médias gerais, intervalo de confiança, amplitude e coeficiente de variação das características físicas de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina-PE	29
3	Correlações fenotípicas entre as características físicas avaliadas nos frutos dos diferentes genótipos de umbuzeiro	38
4	Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação (R^2) e do número de medições necessárias para obtenção dos níveis de certeza de 95 e 99%, para as características físicas dos frutos de genótipos de umbuzeiro	39
5	Grupos de plantas com base na análise de agrupamento feito por meio da otimização de Tocher, a partir das características físicas avaliadas em frutos de genótipos de umbuzeiro	40
6	Médias gerais, intervalos de confiança, amplitudes e coeficientes de variação das características físico-químicas avaliadas nos frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	43
7	Correlações fenotípicas entre as características físico-químicas avaliadas em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	69
8	Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação (R^2) e do número de medições necessárias para obtenção dos níveis de certeza de 95 e 99%, para as características físico-químicas dos frutos de genótipos do umbuzeiro	71
9	Grupos de plantas com base na análise de agrupamento feito por meio da otimização de Tocher, a partir das características físico-químicas avaliadas.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura		xii Página
1	Peso de frutos (g) de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	30
2	Comprimento de frutos (mm) de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	31
3	Diâmetro de frutos (mm) de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	32
4	Percentagem de casca (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	33
5	Percentagem da semente (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	34
6	Percentagem de polpa (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	35
7	Rendimento (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	37
8	Visualização gráfica da análise de Componentes Principais com a variação total explicada (canto superior esquerdo) e os grupos de acordo com o método de Tocher, em frutos de diferentes genótipos do umbuzeiro	41
9	Dendograma de dissimilaridade dos genótipos de umbuzeiro avaliados por meio do método de agrupamento do vizinho mais próximo	42
10	Sólidos solúveis (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	44
11	pH em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	45
12	Acidez Titulável (% de ácido cítrico) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	46
13	Relação SS/AT em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	47

14	Conteúdo de vitamina C Total ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	48
15	Açúcares redutores (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	49
16	Açúcares solúveis totais (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	50
17	Teor de amido (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	51
18	Pectina solúvel (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	52
19	Pectina total (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	53
20	Conteúdo de clorofila total ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de casca) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	54
21	Carotenóides totais ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	55
22	Flavonóides amarelos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	56
23	Polifenóis Extraíveis Totais ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	57
24	Atividade antioxidante total (ABTS - μM de Trolox/g de polpa fresca) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE	58
25	Atividade antioxidante dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro a $5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (A), $10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (B) e $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (C) e Trolox $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, em função do tempo	60
26	Inibição da oxidação dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro, nas concentrações de 5; 10 e $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	61
27	Atividade Antioxidante (%) do extrato fenólico de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro na concentração de $5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (A), concentração de $10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (B), concentração de $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (C)	63

28	Coeficiente de atividade antioxidante (CAA) para concentrações dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro	64
29	Razão da taxa de degradação (RTD) dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro na concentração de 5 g.L ⁻¹ (A), concentração de 10 g.L ⁻¹ (B), concentração de 20 g.L ⁻¹ (C), em diferentes tempos	66
30	AOX dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbu na concentração de 5 g.L ⁻¹ (A), concentração de 10 g.L ⁻¹ (B), concentração de 20 g.L ⁻¹ (C)	67
31	Visualização gráfica da análise de Componentes Principais com a variação total explicada (canto superior esquerdo), ilustrada com a formação de grupos da Tabela 9 (método de Tocher)	72
32	Dendrograma de dissimilaridade dos genótipos de umbuzeiro por meio do método de agrupamento do vizinho mais próximo	73

QUALIDADE E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO ORIUNDOS DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

RESUMO

O umbuzeiro é uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica para o semi-árido nordestino. A comercialização de seus frutos, colhidos de forma extrativista, representa uma fonte de renda importante para muitas famílias nordestinas. Neste trabalho estudou-se a qualidade e a capacidade antioxidante total de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro. Os frutos utilizados foram provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro e do Campo Experimental de Procedências e Progênes de Umbuzeiro, ambos na Embrapa Semi-Árido, situada no município de Petrolina, Pernambuco. Foram colhidos manualmente frutos de 32 genótipos nas primeiras horas do dia, no estádio conhecido popularmente como 'inchado' ou 'de vez'. As análises físicas constaram de: peso, comprimento e diâmetro do fruto, percentagem de polpa, percentagem de casca, percentagem de semente e rendimento. Para as análises físico-químicas foram avaliados: pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, amido, teor de vitamina C, pectina total, pectina solúvel, clorofila total, flavonóides amarelos, carotenóides totais e polifenóis extraíveis totais. Também foi avaliada a atividade antioxidante total pelo sistema de co-oxidação ABTS e pelo sistema de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico. Foi verificado que existe entre os genótipos avaliados grande variabilidade, que foi demonstrada pela variância genética. Para consumo in natura e/ou processamento se destacam os genótipos 10; 11 e 25, por apresentarem alta percentagem de polpa, pequena percentagem de casca e alta relação SS/AT. Independentemente do genótipo avaliado, o umbu é um fruto rico em vitamina C, com conteúdo superior a $50 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa. O umbu contém substâncias biologicamente ativas que podem contribuir para uma dieta saudável, entre essas estão a clorofila, os carotenóides, os flavonóides, além de outros compostos fenólicos. Para as características físicas são necessárias um número bem menor de observações para um maior nível de certeza, comparado às características físico-químicas. Pelo método ABTS, o umbu apresenta boa capacidade antioxidante, variando entre 10,23 a 30,04 μM de Trolox/g de polpa fresca. O umbu pode ser considerado um fruto com muito bom potencial antioxidante natural com atividade de proteção ou de inibição da oxidação de 87,74% quando comparado ao antioxidante sintético Trolox; Os genótipos 26 e 12 com 91,59 e 88,12 % de inibição da oxidação, respectivamente, se destacam como fontes promissoras de antioxidantes naturais, com capacidade antioxidante bem próxima a que foi apresentada pelo Trolox (92,65%).

QUALITY AND CAPACITY ANTIOXIDANTE TOTAL FRUITING GENOTYPES OF THE TREE UMBU PROCEEDING OF THE SEMI-ARID REGION

ABSTRACT

The tree umbu is a fruit plate specie is of great economic importance, social and ecological to the semi-arid region. The marketing of their fruit, harvested in extractive form, represents an important source of income for many families of Northeast. In this project was to evaluate the quality and total antioxidant capacity of fruits of different genotypes of the tree umbu. The fruits used were originate of Active Germplasm Bank in the tree umbu and of the Experimental and Progenies the tree umbu, both at Embrapa Semi-Arid, located in the Petrolina city, Pernambuco. The fruits were manually harvested of 32 genotypes in the early hours of the day, the stage known as 'bloating' or 'de vez' (maturity commercial). The physical analysis consisted of: weight, length and diameter of the fruit, pulp percentage, percentage of peel, seed and percentage of income. For the physical-chemical its were evaluated: pH, titratable acidity, total soluble solids, total soluble sugars, reducing sugars, starch, vitamin C content, total pectin, soluble pectin, total chlorophyll, yellow flavonoids, carotenoids and total extractable polyphenols total. We also analyzed the total antioxidant activity by the co-oxidation of ABTS and the system of co-oxidation of linoleic β -caroteno acid. It was found great variability between the genotypes, which was demonstrated by genetic variance. For consumption in natura or processing to highlight the genotypes 10, 11 and 25, which presented high percentage of flesh, few percentage of bark and high ratio SS / TA. Regardless of the genotypes, the umbu is a fruit rich in vitamin C, with more than 50 mg.100g⁻¹ pulp. The umbu contains biologically active substances that can contribute to a healthy diet, and those are the chlorophyll, the carotenoids, the flavonoids and other phenolic compounds. For the physical characteristics are required a much smaller number of observations to a greater degree of certainty compared to the physical and chemical characteristics. For the ABTS method, the umbu has good antioxidant capacity, ranging from 10.23 to 30.04 mM of Trolox / g of fresh pulp. The umbu can be considered a fruit with very good potential with activity of natural antioxidant protection and inhibition of oxidation of 87.74% compared to the synthetic antioxidant Trolox; Genotypes 26 and 12 with 91.59 and 88.12% of inhibition of oxidation, respectively, stand out as promising sources of natural antioxidants, with antioxidant capacity that was very close by Trolox (92.65%).

1. INTRODUÇÃO

O umbuzeiro ou imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), espécie nativa das caatingas do Nordeste brasileiro, é adaptada a sobreviver e produzir sob condição de estresse hídrico. Apesar de ter sua distribuição dispersa, é uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica para o Semi-Árido nordestino. A comercialização dos frutos, colhidos de forma extrativista, representa uma fonte de emprego e renda importante para muitas famílias da região.

De acordo com dados do IBGE (2008), foram extraídas 8.891 toneladas de umbu no país em 2006, gerando uma renda de R\$ 4.919.000,00. Essa atividade extrativista acontece nos Estados da Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Piauí, Paraíba, Minas Gerais, Alagoas, Ceará e Amazonas, nesta ordem de importância. Os frutos colhidos são explorados comercialmente, para o consumo in natura ou industrialização, na elaboração de suco, polpa congelada, sorvete, geléia e/ou doces. Contudo, a produção brasileira, que era de 19.861 t em 1990, tem sido reduzida progressivamente.

Queiroz *et al.* (1993) já afirmavam que quatro fatores contribuem para o desaparecimento da vegetação nativa, inclusive do umbuzeiro, no 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. Esses autores ainda afirmam que 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.

O uso sustentado das fruteiras nativas se mostra como uma excelente opção para o fornecimento de frutos que venham a melhorar a saúde da população brasileira e para agregar valor aos recursos naturais disponíveis, aumentando a renda das pequenas comunidades rurais e favorecendo a preservação destas espécies.

A maior importância econômica do 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 (NEVES e CARVALHO, 2005).

Mendes (1990) e Campos (1994) apresentam diversas formas de aproveitamento de frutos de umbuzeiro (suco, doce, umbuzada, licor, xarope, pasta

concentrada, umbuzeitona, batida de umbu, umbu cristalizado, etc.), demonstrando a grande capacidade que essa planta tem para contribuir com o desenvolvimento da região semi-árida, de forma especial com a industrialização caseira dos produtos derivados do fruto.

O consumo de frutas na alimentação humana tem deixado de ser somente um prazer para converte-se em uma necessidade, em função das características que as mesmas proporcionam à saúde e bem-estar do homem. As frutas são fontes muito boas de energia, carboidratos, vitaminas, minerais e produtos com propriedades bioativas, além de proporcionarem variedade e sabor à dieta, constituindo parte importante desta (ALVES *et al.*, 2006). Há evidências epidemiológicas convincentes de que frutas e hortaliças são benéficas para a saúde geral e contribuem para a prevenção de processos degenerativos (PRIOR *et al.*, 1998). Conforme Borguini (2006), esses benefícios são atribuídos ao fato de fornecerem uma mistura adequada de fitoquímicos, como antioxidantes naturais, fibras e outros compostos bioativos.

Os frutos são considerados como boas fontes de antioxidantes, os quais podem ser mais eficientes e menos onerosos que os suplementos sintéticos para proteger o corpo contra danos oxidativos sob diferentes condições. 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).

Já existe bastante informação sobre a capacidade antioxidante de frutas, porém, esses estudos foram predominantemente realizados com espécies de clima temperado, como ameixas e os chamados *berry fruits*: mirtilo, framboesa, morango, amora e outras (PRIOR *et al.*, 1998; WANG e LIN, 2000; GIL *et al.*, 2000).

Nesse sentido, é necessário que sejam desenvolvidas pesquisas com as frutas nativas do Brasil, gerando conhecimento sobre sua variabilidade genética, composição, atividade antioxidante total e outras propriedades. Esses estudos irão contribuir no conhecimento e na preservação da variabilidade genética, seleção de genótipos mais promissores, além da agregação de valor à comercialização e consumo dessas frutas, possibilitando ampliar as potencialidades e a geração de emprego e renda para o homem do Semi-Árido.

Portanto, são necessárias pesquisas com o umbu com a finalidade de gerar conhecimentos sobre sua composição, sua atividade antioxidante e conseqüentemente os

benefícios à saúde, com o intuito de ampliar o consumo, o potencial de comercialização e agregar valor a este fruto.

Diante do exposto este trabalho teve os seguintes objetivos:

- Ampliar e enriquecer as informações sobre o fruto do umbuzeiro, visando potencializar seu cultivo e comercialização, preservar sua variabilidade genética e seu uso em futuros trabalhos de melhoramento;
- Avaliar a qualidade de frutos de umbuzeiro, oriundos de diferentes genótipos, através de caracterização física e físico-química, selecionando dentre os materiais genéticos aqueles que apresentem qualidade superior;
- Avaliar, através de dois métodos, a atividade antioxidante total dos extratos fenólicos obtidos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais do umbuzeiro

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 pertence ao gênero *Spondias*, que é formado por cerca de 18 espécies distribuídas em áreas tropicais e subtropicais da Ásia, da Oceania e dos neotrópicos (MITCHELL e DALY, 1995). É uma planta típica do Sertão e do Agreste, e tem sua origem no Brasil, precisamente na região semi-árida nordestina. Entre as *Spondias*, o umbuzeiro se destaca por possuir diversos mecanismos contra a escassez de água, como a formação de estruturas nas raízes denominadas de xilopódios (ARAÚJO e SANTOS, 2004).

O umbuzeiro 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 alta diversidade e domesticação do umbuzeiro é o Centro Nordeste / Caatinga (Centro 6), onde vários autores constataram a ocorrência natural de elevado número de plantas dessa espécie. O Centro 6 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.

O umbuzeiro vegeta em solos diversos, tendo preferência por regiões onde chove entre 400 e 800 milímetros por ano. É uma árvore com altura de 4 a 7 metros, apresenta tronco muito curto, revestido por casca lisa, de 40-60 cm de diâmetro. Copa baixa com profusa ramificação aparentemente desordenada. Folhas compostas de 3 a 7 folíolos membranáceos. Seu sistema radicular é dotado de órgão de reserva, os xilopódios, que armazenam água, amido, etc., denominados também de túberas aquíferas ou *cunangas* (LORENZI, 2000).

Ainda segundo Lorenzi (2000), essa anacardiácea 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 varia de local para local. Entretanto, de maneira geral, a época predominante de floração é durante os meses de setembro-dezembro e os frutos amadurecem na planta predominantemente nos meses de janeiro-fevereiro.

Os frutos são drupas glabras ou levemente pilosas, arredondadas, com 2 a 4 cm de diâmetro, 10 a 20 g de massa e superfície lisa ou com 4 a 5 pequenas protuberâncias na porção distal (MENDES, 1990). A casca é de cor amarelo-esverdeada e a polpa é branco-esverdeada, mole, succulenta, de sabor agridoce agradável (SILVA e SILVA, 1974; SILVA *et al.*, 1987). Os frutos são constituídos, em média, por 22% de casca, 68% de polpa e 10% de caroço (MENDES, 1990).

De acordo com Neves e Carvalho (2005), o umbu é um fruto climatérico. Portanto, os frutos devem ser colhidos quando estiverem bem formados e se apresentarem no estágio *de vez* ou próximo dele (maturação fisiológica), isto é, quando a cor da casca começar a mudar de verde-escura para verde clara brilhante a ligeiramente amarelada. Nesse ponto, a textura da casca apresenta-se mais lisa em relação ao fruto imaturo.

2.2. Importância Econômica e Potencial de Uso

O umbuzeiro é uma frutífera nativa do Semi-Árido nordestino de grande potencial para cultivo; seus frutos podem ser consumidos in natura e/ou nas mais diversas formas por apresentarem excelente sabor, aroma e qualidade nutritiva, além de elevada percentagem de rendimento em polpa (SILVA *et al.*, 1990).

A planta tem grande importância sócio-econômica para as populações rurais da região, no fornecimento de frutos saborosos e nutritivos, túberas radiculares doces e ricas em água e de folhas verdes e maduras, usadas também como alternativa de alimento para os animais, principalmente, os caprinos e ovinos (CAVALCANTI *et al.*, 2000). De acordo com Policarpo *et al.* (2007), os frutos do umbuzeiro são consumidos restritamente na região Nordeste do Brasil, principalmente na forma in natura ou preparados como refresco, sorvete e umbuzada.

De acordo com Epstein (1998), o umbu é consumido in natura, tanto maduro quanto *de vez* ou ainda sob a forma de refrescos, sucos, sorvete, misturado a bebidas alcoólicas ou ao leite (umbuzada -polpa do umbu cozida com leite e açúcar).

Industrializado, o fruto apresenta-se sob a forma de sucos engarrafados, de doces, de geléias, de vinho, de vinagre, de concentrado para sorvete, polpa, ameixa (fruto seco ao sol). O fruto fresco ainda é usado como forragem para animais.

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 (SANTOS e OLIVEIRA, 2001).

Duque (1980) já apontava que a importância do incremento do cultivo dessas plantas, de forma a terem uma exploração sistemática, proporcionaria aos pequenos agricultores, maior renda e tranquilidade, diante das incertezas das safras prejudicadas pelas irregularidades das chuvas que ocorrem na região semi-árida.

Segundo Maia *et al.* (1998), o fruto, uma vez colhido, e, em condições ambientais de acondicionamento, preserva-se no máximo durante dois ou três dias. Portanto, durante o período de máxima produção, existe elevada perda pós-colheita do umbu devido à falta de uma infra-estrutura e de práticas de manuseio adequadas. Neves e Carvalho (2005) afirmam que a característica perecibilidade é mais um entrave à comercialização.

Nesse sentido, algumas pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento de métodos de processamento e conservação de produtos processados para que se reduza a perda desse fruto no pico das safras, bem como se agregue valor a essa produção. Como exemplos, podem ser citados: Galdino *et al.* (2003), que produziram a polpa de umbu em pó e avaliaram a estabilidade desse produto; Folegatti *et al.* (2003), que estudaram o aproveitamento industrial do umbu na forma de geléia e compota; Ferreira *et al.* (2000), que avaliaram as alterações das características sensoriais da polpa do umbu submetida a diferentes métodos de congelamento e Policarpo *et al.* (2007), que estudaram a estabilidade da cor de doces em massa de umbu.

Martins *et al.* (2007) desenvolveram formulações de doces em massa de umbu verde e maduro de boa aceitação entre os consumidores residentes no Rio de Janeiro. Por sua vez, Cavalcanti *et al.* (1998) estudaram a aceitação de pickles do xilopódio de mudas de umbu com até 120 dias de idade, tendo uma boa aceitação nas avaliações sensoriais, e indicando poder ser essa mais uma alternativa de renda para os produtores.

Para a conservação dos frutos *in natura*, Almeida (1999) sugere o armazenamento de umbus maduros sob refrigeração a 5° C. Nesta condição, podem ser armazenados por até 15 dias. Caso os frutos sejam colhidos de vez, poderão ser armazenados sob refrigeração a 10° C por até 30 dias.

Lederman *et al.* (2008) apontam a forte sazonalidade, a inexistência de variedades recomendadas, a pouca pesquisa científica e a inexistência de subsídios e linhas de crédito como entraves na produção, beneficiamento e comercialização de frutos de umbuzeiro.

2.3. Atributos de Qualidade

Os atributos de qualidade em frutos são de fundamental importância para o desenvolvimento de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para boa aceitação do produto por parte do consumidor.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os requisitos de qualidade de um produto hortícola são agrupados em categorias (sensoriais, rendimento, valor nutritivo e segurança), devendo ser considerados em conjunto não só para satisfazer a necessidade do consumidor, como também, para proteção da saúde pública.

2.3.1. Peso

Em função da preferência do consumidor para determinados tamanhos de matéria-prima (frutas ou hortaliças) para consumo in natura, o peso e o tamanho constituem-se como parâmetro sensorial de grande importância. Conforme 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.

O peso de um fruto está relacionado linearmente com o seu grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento, exceto quando se encontra em estágio avançado de maturação, quando apresenta tendência a perder massa fresca em decorrência do maior teor de umidade e de maior permeabilidade da casca (KAYS, 1997).

Costa *et al.* (2004), trabalhando com frutos de umbuzeiro em diferentes estágios de maturação, observaram variações de 11,51 a 16,31 g no peso dos frutos. Narain *et al.* (1992), relatam valores de 10,95 g para frutos verdes; 19,02 g para frutos *de vez* ('inchados'); e 16,19 g para frutos maduros.

Silva *et al.* (1980), em estudo de caracterização de umbus, encontraram valores oscilando de 12,9 a 66,5 g para o peso dos frutos. Já Lima *et al.* (1996), ressaltam que o

peso dos frutos varia substancialmente entre plantas, tendo observado, para os menores frutos, em média, 8,8 g e, para os maiores, um peso médio de 21,4 g.

Em trabalho visando a preservação de parte da variabilidade genética e ao melhoramento do umbuzeiro, Santos *et al.* (1999) formaram um Banco Ativo de Germoplasma, contendo indivíduos de ocorrência rara e de interesse para a exploração racional do umbuzeiro, identificando seis árvores com frutos de peso acima de 75 g.

2.3.2. Comprimento e Diâmetro

O tamanho e a forma são atributos importantes, pois a variação entre as unidades individuais de um produto pode afetar a escolha desse produto pelo consumidor, as práticas de manuseio, a adequação a determinado mercado e o destino final. O diâmetro longitudinal (ou comprimento) e o transversal representam, em conjunto, o tamanho e a sua relação dá idéia da forma do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

De acordo com Neves e Carvalho (2005), a forma do umbu pode ser arredondada, ovóide ou oblonga, apresentando diversidade também no tamanho, os quais oscilam entre 1,2 e 2,7 cm de comprimento e 2,0 e 4,0 cm de diâmetro.

Lima *et al.* (1996), estudando populações de umbuzeiros no sertão alagoano reportam que o comprimento e o diâmetro dos frutos de umbuzeiro apresentaram valores médios de 3,08 cm e 2,77 cm, respectivamente. A maioria das plantas apresentou medidas para o comprimento dos frutos maiores que o diâmetro, inferindo-se que os frutos apresentam um formato ovalado. Esses autores também observaram o formato arredondado em pequena parte dos frutos analisados.

Costa *et al.* (2004), trabalhando com umbus do Estado da Paraíba, registraram comprimento de frutos variando entre 3,17 e 3,32 cm e valores de diâmetro no intervalo de 2,49 a 2,89 cm. Em frutos colhidos também nesse Estado, Dias *et al.* (2007) encontraram variação no comprimento de 3,00 a 3,46 cm e no diâmetro de 2,95 a 3,58 cm. De acordo com Silva *et al.* (1990) o comprimento dos frutos de umbu pode variar de 2,85 a 4,96 cm e o diâmetro de 2,64 a 4,91 cm.

Costa *et al.* (2001), estudando a germinação de sementes de umbuzeiro em diferentes estádios de maturação e tempos de pré-embebição dos endocarpos, verificaram variação no comprimento dos frutos de 3,17 a 3,31 cm e no diâmetro de 2,49 a 2,89 cm.

2.3.3. Rendimento de polpa

O rendimento de um fruto é obtido pelas proporções entre a casca, a polpa e a semente ou caroço. Para 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.

Alguns estudos têm demonstrado que há correlações simples e positivas entre casca x polpa e caroço x polpa (NEVES e CARVALHO, 2005), ou seja, plantas cujos frutos apresentam maior caroço, também apresentariam maiores rendimentos de polpa e de casca. Entretanto, esse é um comportamento generalizado e existem exceções, tornando o trabalho de seleção mais difícil. Apesar das dificuldades, tem-se conseguido grandes avanços na seleção de plantas com alta produtividade e relação caroço/polpa.

Os umbus são constituídos, em média, por 22% de casca, 68% de polpa e 10% de caroço (Silva *et al.*, 1987). Cavalcanti *et al.* (2000) obtiveram rendimento de polpa entre 62% e 75%, dependendo do estágio de maturação dos frutos. Saturnino *et al.* (2000), estudando umbuzeiros no Estado de Minas Gerais, verificaram percentagens de polpa nos frutos variando de 51,59% a 77,88%.

2.3.4. Sólidos Solúveis (SS)

Os sólidos solúveis (SS) têm sido utilizados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de açúcares normalmente constitui 65 a 85% do teor de sólidos solúveis.

O teor de sólidos solúveis é utilizado como uma medida indireta do conteúdo de açúcares, pois seu valor aumenta à medida que estes vão se acumulando no fruto. No entanto, a sua determinação não representa o teor exato de açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas no conteúdo celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos), apesar de os açúcares serem os mais representativos e poderem constituir até 85-90% destes (CHITARRA e ALVES, 2001).

Silva *et al.* (1987), trabalhando com umbuzeiros no campo experimental da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina, PE, encontraram valores de sólidos solúveis variando

de 10,4 a 13,2%. Bispo (1989) e Folegatti *et al.* (2003) encontraram valores de 10% para os sólidos solúveis, já Dias *et al.* (2007) observaram 8,2%.

Costa *et al.* (2004) verificaram que à medida que avança o estágio de maturação do umbu, o conteúdo de sólidos solúveis aumenta. Os autores observaram valores de sólidos solúveis de 7,0; 8,5; 9,5 e 10,0% para os estádios de maturação: verde, *de vez*, maduro e com maturação avançada, respectivamente.

2.3.5. pH e Acidez Titulável (AT)

A acidez titulável (AT) e o pH são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos. Enquanto que o primeiro determina o percentual de ácidos orgânicos, o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução (KRAMER, 1973).

De acordo com Chaves (1993), vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microorganismos, escolha da temperatura de esterilização, escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria, escolha de aditivos e vários outros.

A acidez em vegetais é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais de ésteres, glicosídeos. Os mais abundantes em frutas são o cítrico e o málico, havendo predominância desses ou de outros, de acordo com a espécie (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Com o amadurecimento, a acidez diminui até atingir um conteúdo tal que, juntamente com os açúcares, dá à fruta o seu sabor característico, que varia com a espécie (BLEINROTH, 1981). Costa *et al.* (2004) observaram variação na acidez titulável de frutos de umbuzeiro em diferentes estádios de maturação entre 1,01 e 2,72% de ácido cítrico e para o pH, uma variação de 2,08 a 2,27.

Xavier (1999) reportam 1,57% de acidez titulável, expressada em ácido tartárico. Neves e Carvalho (2005) observaram que o pH médio dos frutos in natura é de 2,02, o da polpa industrializada é de 2,44 e o do doce em massa é de 2,71. Bueno *et al.* (2002), avaliando a qualidade de polpas de frutas congeladas, observaram para a polpa do umbu, 1,7% de ácido cítrico e pH de 2,6.

Na avaliação da acidez titulável da polpa in natura do umbu maduro, Ferreira *et al.* (2000) encontraram 1,45% de ácido cítrico.

2.3.6. Relação SS/AT

A relação SS/AT indica o grau de doçura de um fruto ou de seu produto, evidenciando qual o sabor predominante, o doce ou o ácido, ou ainda se há equilíbrio entre eles. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), essa relação é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativo que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Essa relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes.

Kluge *et al.* (2002) salientam que se deve ter cuidado quando se estabelece esta relação para que não haja interpretações erradas da qualidade comestível do produto.

Essa relação é reportada por vários autores em trabalhos com umbu, sendo verificados valores desde 2,65 a 10,09 (ALMEIDA, 1999; FERREIRA *et al.*, 2000; BUENO *et al.*, 2002; FOLEGATTI *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2004; DIAS *et al.*, 2007).

2.3.7. Vitamina C

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 facilmente degradável. Os principais fatores que contribuem para sua oxidação são: meio alcalino, oxigênio, calor, ação da luz, metais (Fe, Cu, Zn) e a enzima ácido ascórbico oxidase. A oxidação leva a formação do furaldeído, composto que se polimeriza facilmente, com formação de pigmentos escuros (SGARBIERE, 1987; BRASIL e GUIMARÃES, 1998).

Segundo Aldrigue *et al.* (2002), o ácido ascórbico (vitamina C) tem função muito importante devido à sua ação fortemente redutora. É largamente empregado como agente antioxidante para estabilizar a cor e o aroma do alimento. Além do emprego como conservante, é utilizado pelo enriquecimento de alimentos ou restauração, a níveis normais, do valor nutricional perdido durante o processamento.

Almeida e Valsechi (1966), em seu Guia de Composição de Frutas, relatam um teor de 33,3 mg de ácido ascórbico / 100 g de polpa de umbu. Valor este bem próximo ao

que foi encontrado por Souza e Catão (1970), ou seja, 31,2 mg / 100 g de polpa de umbu recém-colhidos. Ferreira *et al.* (2000), trabalhando com frutos do umbuzeiro colhidos no Estado da Paraíba, encontraram valor de 13,31 mg /100 g de vitamina C.

2.3.8. Açúcares Solúveis Totais e Açúcares Redutores

Um importante atributo de qualidade para frutos é o teor de açúcares, que tem papel fundamental no sabor e aroma, e também tem sido utilizado como indicador do estágio de maturação mais adequado para a colheita (Arriola *et al.*, 1980). Durante a maturação, umas das principais características é o acúmulo de açúcares, que ocorre, na maioria dos frutos, simultaneamente à redução da acidez (CHITARRA e ALVES, 2001). Souza e Catão (1970), relatam conteúdo de açúcares solúveis totais em umbu de 8,34%, enquanto que Bispo (1989), de 7,95%.

Na maturidade fisiológica da maioria dos frutos, a sacarose é o açúcar predominante (WHITTING, 1970). Para o umbu, vários autores têm reportado em torno de 40 a 50% desse açúcar no conteúdo dos açúcares solúveis totais (ALMEIDA, 1999; FERREIRA *et al.*, 2000; DIAS *et al.*, 2007).

A glicose e a frutose constituem os principais açúcares redutores, havendo, na maioria dos frutos, predomínio do primeiro. De acordo com Whitting (1970), seus teores freqüentemente aumentam durante o crescimento e a maturação na planta tanto em frutos climatéricos como em não-climatéricos. Esse acréscimo em frutos climatéricos, de acordo com Sigrist (1988), é atribuído à hidrólise do amido acumulado durante o crescimento do fruto na planta, em açúcares solúveis.

Segundo Ferreira *et al.* (2000), o valor médio do teor de açúcares redutores encontrado na polpa in natura de umbu maduro foi de 3,60% de glicose e de não-redutores de 2,52%. Almeida (1999) determinou o conteúdo de açúcares redutores e solúveis totais dos umbus *de vez* e maduros e encontrou um teor médio de 4,45 e 3,64%; 8,37 e 7,44%, e de açúcares não redutores de 3,92 e 3,8%, respectivamente.

Bueno *et al.* (2002) avaliando da qualidade de polpas de frutas congeladas, verificaram que, para a polpa do umbu, os açúcares redutores representavam aproximadamente 54% dos sólidos solúveis totais.

2.3.9. Amido

De acordo com Cereda *et al.* (2001), o amido é a principal substância de reserva nas plantas superiores e fornece de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. Depois dos açúcares mais simples (sacarose, glicose, frutose, maltose), é o principal carboidrato que os vegetais superiores sintetizam a partir da fotossíntese.

Conforme Chitarra e Chitarra (2005), esse carboidrato é o principal material de reserva energética nos vegetais. A principal transformação quantitativa que ocorre na maturação de frutas é a decomposição de carboidratos, notadamente a conversão de amido em açúcares solúveis, que tem efeito no sabor e na textura. Em algumas frutas maduras, os teores de amido permanecem elevados, os quais as tornam insípidas, com grau de doçura inadequado para o consumo ao natural.

Segundo Whitting (1970), a hidrólise do amido, acumulado durante o crescimento do fruto na planta, em açúcares solúveis, é responsável pelo acréscimo dos açúcares redutores, sobretudo para os frutos climatéricos.

Martins e Melo (2008) reportam que em cajá (*Spondias mombim* L.), antes que estes atinjam a qualidade máxima para o consumo ao final da maturação, há comprometimento do sabor pelo alto teor de amido. Nesse estudo, os autores encontraram teores de amido de 1,92% para frutos predominantemente amarelos e 0,52% para frutos amarelos.

Para a ciriguela (*Spondias purpurea* L.) é observado, mesmo no fruto maduro, conteúdo de amido elevado. Martins e Melo (2008), em trabalho de caracterização da porção comestível da ciriguela em três estádios de maturação, verificaram teores de amido de 9,13% para frutos verdes, 2,61% para frutos amarelados, e 1,01% para frutos maduros.

2.3.10. Pectinas Total e Solúvel

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de pectina tem relação com a consistência ou textura dos frutos, influenciando sua conservação, sendo importante na matéria-prima destinada à indústria, principalmente para elaboração de geléias, pois constitui um dos seus componentes básicos e fundamentais, responsável por conferir ao produto aspecto agradável e palatabilidade.

As pectinas ou substâncias pécticas estão presentes nas frutas e são, de modo geral, as principais responsáveis pela manutenção da estrutura da parede celular. Sua concentração é variável entre espécies e o teor diminui na medida em que a maturação

avança. De modo geral, a concentração de pectinas é maior na casca do que na polpa ou no suco das frutas (WILDMAN, 2001).

Lima *et al.* (2003) analisando polpa de umbu congelada adquirida no comércio local da cidade de Campina Grande, PB, encontraram 0,31 g de pectina por 100 g de polpa. Por sua vez, Dias *et al.* (2007), trabalhando com umbus maduros, verificaram teor de pectina total de 0,38%.

Esses valores são semelhantes aos encontrados em outras espécies do gênero *Spondias*. Martins e Melo (2008), trabalhando com cajá em dois estádios de maturação, encontraram em frutos predominantemente amarelos valores de 0,13% e 0,09% e em frutos amarelos 0,28% e 0,07%, para pectina total e pectina solúvel, respectivamente. Em ciriguela, esses mesmos autores encontraram valores de 0,34% de pectina total em frutos verdes; 0,68%, em frutos amarelos; e 0,72%, em frutos maduros. Já para a pectina solúvel, encontraram valores de 0,05%, em frutos verdes; 0,20%, em frutos amarelos; e 0,30%, em frutos maduros.

2.3.11. Clorofila e Carotenóides Totais

De acordo com Von Elbe (2000), a clorofila é o pigmento natural mais abundante na natureza, presente nas plantas e ocorre nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. As diferenças aparentes na cor do vegetal são devidas à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenóides, os quais sempre acompanham as clorofilas.

Os carotenóides são compostos terpênicos de cores amarela, laranja e vermelha, que também atuam como pigmentos acessórios na fotossíntese, possuem banda de absorção na região dos 400 a 500 nm, o que imprime sua coloração característica. São encontrados em todos os organismos fotossintéticos e a luz que absorvem é transferida às clorofilas *b* e *a* na fase luminosa da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Conforme Chitarra e Chitarra (2005), a variação no teor e na proporção dos pigmentos é utilizada como indicativo do grau de maturação dos produtos hortícolas. A detecção do teor de clorofila, em combinação com os teores de vitamina C, carotenóides totais e da peroxidação lipídica, pode representar um importante meio de avaliação da qualidade para esses produtos.

Os carotenóides, nas plantas, se encontram nos cloroplastos, sempre acompanhando as clorofilas. A mudança de cor no amadurecimento dos frutos é causada

pelo desaparecimento das clorofilas, que, enquanto presente, mascaram a cor dos outros pigmentos. No amadurecimento dos frutos, os carotenóides associados com a clorofila podem ou não serem degradados, ou terem sua concentração mantida ou mesmo aumentada. Esta mudança está correlacionada com a degeneração dos cloroplastos, que se transformam em cromoplastos, e a síntese 'de novo' de carotenóides é estimulada e induzida pela interação de diferentes fitormônios, como o etileno (MINGUEZ-MOSQUEIRA e GALLARDO-GUERREIRO, 1995; BRASIL e GUIMARÃES, 1998). Segundo Speirs e Brady (1991) o aparecimento dos carotenóides está dentro de uma série de complexos eventos bioquímicos, que acontecem durante o amadurecimento e que culminam com a máxima qualidade comestível dos frutos.

De acordo com Xavier (1999), no umbu, os principais pigmentos são a clorofila e os carotenóides conferindo-lhe uma cor verde-amarelada, no estágio maduro, ou verde, no estágio imaturo.

2.3.12. Flavonóides

De acordo com Taiz e Zeiger (2004) os flavonóides constituem a maior classe de fenólicos vegetais e incluem um grande número de substâncias coloridas. Sob o ponto de vista nutricional, os flavonóides são reconhecidamente agentes antioxidantes capazes de inibir a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), além de reduzirem significativamente as tendências a doenças trombóticas (RAUHA *et al.*, 2000).

Dentre os compostos fenólicos com propriedade antioxidante, destacam-se os flavonóides que, quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonóis. Os flavonóis são pigmentos de cor branca ou amarelo claro, encontrados nos vegetais. São importantes por atuarem na co-pigmentação das antocianinas (BOBBIO e BOBBIO, 1995).

Os flavonóides estão amplamente distribuídos em praticamente todas as partes das plantas, particularmente em células fotossintéticas, e também presentes em bebidas como o vinho e a cerveja (PATHAK *et al.*, 1991; YAO *et al.*, 2004).

Acker *et al.* (1996) agrupam as principais sub-classes de flavonóides, onde as que apresentam coloração amarela são: flavonol (amarelo); flavanona (amarelo); flavona (amarelo claro) e flavonol (amarelo claro), as quais têm como flavonóides representativos a procianidina; narigenina; apigenina e luteolina; e quercetina, miricetina e rutina, respectivamente.

Atualmente, existe uma busca para o consumo de vegetais ricos nesses compostos, sendo este interesse influenciado pelas observações promissoras de seu potencial benéfico à saúde decorrente de sua ação antioxidante (WANG *et al.*, 1997; ESPÍN *et al.*, 2000).

Os flavonóides atuam como antioxidantes na inativação dos radicais livres, tanto em compartimentos celulares lipofílicos como hidrofílicos. Esses compostos têm a capacidade de doar átomos de hidrogênio e, portanto, inibir as reações em cadeia provocadas pelos radicais livres (HARTMAN e SHANKEL, 1990; ARORA *et al.*, 1998). Os flavonóides mais investigados são: a quercetina, a miricetina, a rutina e a naringenina (HARTMAN e SHANKEL, 1990). Nesse sentido, os flavonóides miricetina, quercetina e rutina foram mais efetivos do que a vitamina C na inibição dos danos oxidativos induzidos pelo H₂O₂ no DNA de linfócitos humanos (NOOROZI *et al.*, 1998).

2.3.13. Polifenóis Extraíveis Totais

De acordo com Moreira e Mancini-Filho (2004), os compostos fenólicos são antioxidantes primários que agem como seqüestradores de radicais livres e bloqueadores de reações em cadeia. Eles estão largamente distribuídos na natureza e são derivados dos ácidos benzóico e cinâmico, bem como de flavonóides.

Lima *et al.* (2002) ressaltam que dentre os compostos fenólicos com propriedade antioxidante, destacam-se os flavonóides que quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonóis.

Pearson *et al.* (1999) demonstraram que os fenólicos presentes em suco comercial e extrato fresco de maçãs (casca, polpa e fruta inteira) inibiram, *in vitro*, a oxidação de LDL humana.

Velioglu *et al.* (1998) reportam que a atividade antioxidante apresentada por vários vegetais, incluindo frutos, folhas, sementes e plantas medicinais, está correlacionada ao seu teor de compostos fenólicos totais. Kähkönen *et al.* (1999) também afirmaram que os compostos fenólicos são responsáveis pela atividade antioxidante de diversos vegetais.

Sousa *et al.* (2007), estudando a correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais em frutas tropicais do nordeste brasileiro, verificaram, na polpa de umbu 44,6 mg equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de amostra fresca, o que representou maior teor de fenólicos totais que outros frutos como sapoti e abacaxi, embora menor que o de graviola, mamão e ata.

Em frutos da cirigueleira, Martins e Melo (2008) observaram que à medida que avançou o estágio de maturação, aumentou o teor de fenólicos solúveis em metanol 50%, verificando valores de 0,22%, em frutos verdes; 0,23%, em frutos amarelos; e 0,24%, em frutos maduros. Esses mesmos autores observaram comportamento semelhante em cajá, verificando em frutos predominantemente amarelos 0,13% e para os totalmente amarelos 0,14% de fenólicos solúveis em metanol 50%.

2.3.14. Atividade Antioxidante

Antioxidantes são definidos como substâncias que, quando presentes em baixas concentrações em relação ao substrato oxidável, são capazes de inibir ou retardar substancialmente a oxidação daquele substrato. Adicionalmente, os antioxidantes não se tornam radicais livres pela doação de elétrons, pois eles são estáveis em ambas as formas. Existem duas categorias básicas de antioxidantes denominadas sintético e natural (HALL III e CUPPETT, 1997).

Os antioxidantes são capazes de inibir a oxidação de diversos substratos, de moléculas simples a polímeros e biosistemas complexos, por meio de dois mecanismos: o primeiro envolve a inibição da formação de radicais livres que possibilitam a etapa de iniciação; o segundo abrange a eliminação de radicais importantes na etapa de propagação, como alcoxila e peroxila, através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeia (NAMIKI, 1990).

De acordo com Kaur e Kapoor (2001), os antioxidantes são importantes na prevenção de doenças, tanto para plantas quanto para animais, inibindo ou retardando a oxidação das biomoléculas por meio da prevenção da iniciação ou da propagação da cadeia de reações de oxidação. Agentes redutores, cuja função é transferir átomos de hidrogênio, como o ácido ascórbico, são considerados antioxidantes. Alguns antioxidantes também são capazes de quelar íons metálicos como cobre e ferro, os quais catalisam a oxidação lipídica.

Comumente utilizados para a preservação de alimentos, os antioxidantes sintéticos como o BHA (butil-hidroxianisol), BHT (butil-hidroxi-tolueno) e TBHQ (terci-butil-hidroxiquinona), são aplicados em óleos e alimentos gordurosos para prevenir a deterioração oxidativa. No entanto, propriedades carcinogênicas têm sido apontadas para os antioxidantes sintéticos. Assim, pesquisas sobre o potencial de aplicação de

antioxidantes naturais provenientes de frutos, para proteger os alimentos da oxidação têm recebido maior atenção da comunidade científica (CHEUNG *et al.*, 2003).

Os antioxidantes sintéticos requerem testes extensos e de custo elevado para comprovar a sua segurança para aplicação em alimentos e, por esta razão, existe o interesse no uso de antioxidantes naturais. A busca por substitutos naturais para os antioxidantes sintéticos tem elevado o número de pesquisas envolvendo os alimentos de origem vegetal, que são potenciais fontes destas substâncias. Frutas e hortaliças contêm diversos compostos com propriedades antioxidantes. Entre estes estão o ácido ascórbico, α -tocoferol, carotenóides e uma ampla variedade de compostos fenólicos (MARTINEZ-VALVERDE *et al.*, 2002).

O consumo de frutas vem aumentando continuamente por estar associado a uma dieta saudável. Além do seu potencial nutritivo, estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais desempenham funções biológicas, com destaque para aqueles com ação antioxidante. Estudos têm demonstrado que além de β -caroteno, vitamina C e vitamina E, os compostos fenólicos também estão relacionados à capacidade antioxidante de vários vegetais (VELIOGLU *et al.*, 1998; McDONALD *et al.*, 2001).

Dentre os métodos mais utilizados para a determinação da atividade antioxidante em frutas e hortaliças estão: DPPH, FRAP, sistema β -caroteno/ácido linoléico e o ABTS. Conforme alguns trabalhos de pesquisa em frutas, os mais usados têm sido o DPPH e o ABTS (LEONG e SHUI, 2002; NENADIS *et al.*, 2004; WU *et al.*, 2005).

O método 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 determinar a atividade antioxidante em compostos de natureza lipofílica e hidrofílica (KUSKOSKI *et al.*, 2005).

Moreira e Mancini-Filho (2004), estudando a atividade antioxidante de cajá, caju, umbu e mangaba em homogenato de cérebro de ratos, concluiu que dos frutos estudados, o umbu obteve excelentes resultados como protetor contra a peroxidação lipídica quando comparado ao padrão α -tocoferol. Cajá e caju, em suas maiores concentrações, também foram eficazes como antioxidantes em sistema *in vitro*. No entanto, a mangaba não apresentou um bom efeito protetor. Esses mesmos autores, ainda ressaltaram que a realização de experimentos *in vivo* seria importante para que fosse comprovada a atuação dos frutos estudados como inibidores do estresse oxidativo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Procedência dos Frutos e Colheita

Os frutos utilizados neste experimento foram provenientes de 32 genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro e da área experimental de Procedências e Progênes de Umbuzeiro, ambos situados no Campo Experimental da Caatinga, da Embrapa Semi-Árido, situada no município de Petrolina, Pernambuco (Tabela 1).

Tabela 1. Identificação dos diferentes genótipos de umbu avaliados.

Número Identificador	Procedência / Genótipo
1	Petrolina - 4ª fila; 2ª planta (Bloco I)
2	Petrolina - 11ª fila; 2ª planta (Bloco I)
3	Petrolina - 10ª fila; 2ª planta (Bloco I)
4	Ouricuri - 12ª fila; 10ª planta (Bloco I)
5	Ouricuri - 19ª fila; 5ª planta (Bloco I)
6	Ouricuri - 12ª fila; 11ª planta (Bloco II)
7	Ouricuri - 2ª fila; 10ª planta (Bloco II)
8	Massaroca - 13ª fila; 10ª planta (Bloco II)
9	Massaroca - 6ª fila; 13ª planta (Bloco III)
10	Umbu Gigante (Jardim Clonal)
11	BGU 117
12	Umbu enxertado – planta 12 anos (Jardim Clonal)
13	BGU (estaquia) 6ª fila; 1ª planta
14	BGU (estaquia) 4ª fila; 3ª planta
15	Umbu de cacho
16	Petrolina - 15ª fila; 20ª planta (Bloco IV)
17	BGU 118
18	Massaroca - 14ª fila; 10ª planta (Bloco II)
19	BGU 102
20	Massaroca - 8ª fila; 12ª planta (Bloco III)
21	BGU 105
22	BGU 112
23	BGU 116
24	BGU 120
25	BGU 121
26	BGU 139
27	BGU 143
28	BGU 205
29	BGU 206
30	BGU 212
31	BGU 218
32	BGU 220

Os frutos foram colhidos manualmente nas primeiras horas do dia, sendo o indicativo de maturidade, o estágio conhecido popularmente como *inchado* ou *de vez*. Em seguida, foram acondicionados em sacos plásticos e congelados em ultra freezer, sendo posteriormente transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado em Fortaleza-CE.

3.2. Avaliações Físicas

Utilizou-se 25 frutos de cada genótipo para realização das análises físicas de Peso do fruto, peso da casca e peso da semente, através de balança semi-analítica, pesando-se os frutos individualmente e em seguida descascando-os manualmente, usando-se faca de aço inoxidável pequena e lisa. Para o peso da polpa, foi considerada a diferença entre o peso do fruto e o peso da casca + peso da semente. No caso do rendimento, foi considerado o peso da casca + peso da polpa. Com auxílio de paquímetro digital, foram obtidos o diâmetro e o comprimento dos frutos.

3.3. Avaliações Físico-Químicas

Os frutos, amostras de aproximadamente 800g por genótipo, foram separados em três amostras (repetições). Os frutos de cada amostra foram descascados e logo em seguida procedeu-se a determinação do conteúdo de clorofila total na casca. O despulpamento foi realizado com o auxílio de uma faca e a polpa obtida homogeneizada em um homogeneizador de tecidos tipo “Turrax”. Parte da polpa foi colocada em potes plásticos escuros e armazenada em freezer doméstico para a determinação dos flavonóides amarelos, carotenóides, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, amido, pectinas total e solúvel, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total. Outra parte foi utilizada para a realização imediata das análises de vitamina C, acidez titulável, pH e sólidos solúveis.

3.3.1. Clorofila

O teor de clorofila foi determinado na casca, de acordo com Bruinsma (1963). Adicionou-se 1 g de polpa com aproximadamente 10 mL de solução de acetona a 80% a um almofariz, onde se efetuou a trituração. Transferiu-se para balão volumétrico de 25 mL

completando-se o volume com acetona a 80%. Em seguida, filtrou-se e realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Spectronic Genesys 2) no comprimento de onda de 652 nm. Os níveis de clorofila total foram expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa seguindo a equação de Engel e Poggiani (1991).

$$\text{Clorofila} = [(x_{\text{abs}} \times 1000 \times V) / (1000 \cdot w)] / 34,5] \times 100$$

Onde: V = volume final do extrato clorofila-acetona ; w = peso da polpa em gramas e x_{abs} = média das absorvâncias.

3.3.2. Vitamina C

Determinada por titulometria com solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol) 0,02% até coloração rósea clara permanente. Pesou-se 1g de polpa, diluiu-se em 50 mL de ácido oxálico 0,5%, de acordo com Strohecker e Henning (1967). Para a titulação, utilizou-se uma alíquota de 5 mL. Os resultados foram expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa.

3.3.3. Acidez Titulável

Determinada em 1g de polpa diluída em 50 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1, em titulador automático (Mettler modelo DL 12). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico, conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

3.3.4. pH

Foi determinado diretamente na polpa homogeneizada, utilizando-se um potenciômetro (Mettler modelo DL 12) com membrana de vidro (AOAC, 1992).

3.3.5. Sólidos Solúveis

Após filtração da polpa em papel de filtro, foi efetuada a leitura em refratômetro digital de marca ATAGO PR-101, com escala variando de 0 a 45 °Brix (AOAC, 1992). Os resultados foram expressos em %.

3.3.6. Flavonóides Amarelos

Determinados segundo metodologia de Francis (1982). Tomou-se 1 g da polpa em recipiente de aço inox, adicionando-se aproximadamente 30 mL de solução extratora de etanol 95% mais HCl 1,5 N na proporção de 85:15 (v/v), respectivamente. A amostra foi triturada em homogeneizador de tecidos tipo “Turrax” por dois minutos e transferida para o balão volumétrico de cor âmbar de 50 mL, sendo o volume completado com solução extratora. Deixou-se descansando por uma noite na geladeira, sob ausência de luz. Em seguida, filtrou-se o conteúdo da solução extratora + amostra para um Becker, envolto em alumínio. Imediatamente, procedeu-se a leitura no espectrofotômetro a 374 nm, calculando-se o teor de flavonóides amarelos através da fórmula: fator de diluição x absorvância/76,6. O resultado foi expresso em mg.100g⁻¹ de polpa.

3.3.7. Carotenóides Totais

Determinados pelo método de Higby (1962). Em recipiente de aço inox, foram colocados 5 g de polpa, 15 mL de álcool isopropílico e 5,0 mL de hexano, seguido de agitação por 1 min. O conteúdo foi transferido para funil de separação de 125 mL de cor âmbar, onde se completou o volume com água. Deixou-se em repouso por 30 minutos, seguindo-se de lavagem do material. Repetiu-se esta operação por mais duas vezes. Filtrou-se o conteúdo com algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro para um balão volumétrico de 25 mL envolto em papel alumínio, onde foram adicionados 2,5 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⁻¹, 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.

3.3.8. Açúcares Solúveis Totais

Determinados pelo método de antrona segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). Utilizou-se 1 g de polpa, que foi diluída em etanol a 80%, devido à presença de amido, em balão volumétrico de 50 mL, deixando durante 15 minutos, em seguida, foi filtrada e realizada uma nova diluição, retirando uma alíquota de 10 mL

diluindo em água destilada em um balão volumétrico de 50 mL. Pipetou-se uma alíquota de 1,0 mL do conteúdo do balão em tubos de ensaio para reação com antrona. Os tubos de ensaio 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 minutos e imediatamente devolvidos ao banho de gelo. Em seguida, efetuou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda a 620 nm, e o resultado foi expresso em percentagem.

3.3.9. Açúcares Redutores

Aproximadamente 1g da polpa foi diluído em 50 mL de água e filtrado em papel de filtro. Seguiu-se o doseamento pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959), utilizando-se 1,0 mL do filtrado, ao qual foi adicionado 1,5 mL do reagente de DNS, em tubos de ensaio. Os tubos foram agitados e aquecidos em banho-maria por 5 min a 100°C. A seguir, os tubos foram resfriados em banhos de gelo até a temperatura ambiente, e adicionados de 7,5 mL de água destilada. Em seguida, efetuou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda a 540 nm e o resultado foi expresso em percentagem.

3.3.10. Amido

A extração foi feita por hidrólise ácida, conforme método descrito pela (AOAC, 1992), com algumas adaptações. Utilizou-se amostra de 2,5 g de polpa diluída em 50 mL de água destilada. Esta foi centrifugada durante 10 min, por três vezes, a 15.000 rpm, com o descarte do sobrenadante. Ao resíduo, foram adicionados 150 mL de água destilada e 2,5 mL de ácido clorídrico p.a. O preparado foi deixado em fervura durante 2 h, sob refluxo. Em seguida, foi resfriado e neutralizado com solução de carbonato de sódio a 20%. O volume foi completado para 100 mL, com água destilada, e filtrado. Transferiu-se a alíquota de 0,5 mL do extrato para tubos de ensaio, adicionando-se, em cada, 1 mL de água destilada e 1 mL de solução de ácido dinitrosalicílico (DNS), seguido da homogeneização, incubação em banho-maria a 100 °C por cinco minutos e imediato resfriamento em banho de gelo. Em seguida, efetuou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 540 nm. Os resultados obtidos foram multiplicados pelo fator 0,90 e expressos em percentagem.

3.3.11. Pectina Total

A extração foi realizada pelo método do m-hidroxidifenil segundo procedimento descrito por McCready e McComb (1952). Foram utilizados 2,5 g de polpa, adicionando 12,5 mL de etanol 95% e homogeneizado (Turrax), deixando em repouso por 30 minutos em geladeira e após foram centrifugados. Em seguida, foram lavadas duas vezes o resíduo com \pm 5 mL de etanol 75% cada vez. Transferiu-se o resíduo para um béquer com água (+/- 40 mL), acertando o pH para 11,50 com NaOH 1,0 N e logo após foram deixados em repouso em geladeira por 30 minutos, ajustando o pH para 5,0 - 5,5 com ácido acético glacial diluído (15 mL / 50 mL). Foi adicionado à amostra 0,1g de pectinase, agitando-se em shaker por uma hora. Filtrou-se à vácuo e diluiu-se o sobrenadante para 50 mL com água destilada em um balão volumétrico. Tomou-se uma alíquota do filtrado de 0,1 mL para reação com solução de ácido sulfúrico/tetraborato de sódio. Os tubos de ensaio 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 cinco minutos e imediatamente devolvidos ao banho de gelo. Em seguida, adicionou-se 0,06 mL de m-hidroxidifenil para desenvolvimento de cor. Manteve-se em repouso por 10 minutos e após esse tempo realizou-se a leitura em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 520 nm e o resultado expresso em porcentagem.

3.3.12. Pectina Solúvel

A extração foi realizada pelo método do m-hidroxidifenil segundo procedimento descrito por McCready e McComb (1952). Foram utilizados 2,5 g de polpa, adicionando 12,5 mL de etanol 95% e homogeneizado (Turrax), deixando em repouso por 30 minutos em geladeira e, logo após, foram centrifugados. Em seguida, foram lavadas duas vezes o resíduo com \pm 5 mL de etanol 75% cada vez. Transferiu-se o resíduo para um béquer com água (+/- 40 mL), agitando-se em shaker por uma hora. Filtrou-se à vácuo e diluiu-se o sobrenadante para 50 mL com água destilada em um balão volumétrico. Tomou-se uma alíquota do filtrado de 0,4 mL para reação com solução de ácido sulfúrico/tetraborato de sódio. Os tubos de ensaio 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 cinco minutos e imediatamente devolvidos ao banho de gelo. Em seguida, adicionou-se 0,06 mL de m-hidroxidifenil para desenvolvimento de cor. Manteve-se em

repouso por 10 minutos e após esse tempo, realizou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 520 nm, sendo o resultado expresso em porcentagem.

3.3.13. Polifenóis Extraíveis Totais - PET

A determinação foi feita conforme descrito pelo método de Larrauri *et al.* (1997). Tomou-se em um becker 20 g de polpa fresca, adicionando 40 mL de metanol 50% e deixou-se extraíndo por 1 h. Em seguida, foram centrifugados a 15.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 100 mL, o resíduo foi transferido para um becker adicionando 40 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1 h. Em seguida foi repetida a centrifugação e o sobrenadante foi filtrado e adicionado juntamente ao balão volumétrico que já continha o sobrenadante da primeira extração, completando o volume com água destilada. Em tubos de ensaio, colocou-se uma alíquota do extrato de 0,07 mL, acrescida de 0,930 mL de água destilada, mais 1,0 mL de Folin Ciocalteu, 2,0 mL de carbonato de sódio 20% e 2,0 mL de água destilada. Agitou-se e depois de 30 minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda a 700 nm e o resultado foi expresso em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

3.3.14. Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação ABTS

O extrato utilizado foi o mesmo da determinação dos Polifenóis Extraíveis Totais. 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 $\text{ABTS}\bullet+$, o mesmo foi diluído com etanol P. A., até se obter valor de absorvância de 700 nm, a um comprimento de onda de 734 nm. Usando uma alíquota de 30 μL do extrato + água, foram adicionados 3 ml da solução com absorvância 700 nm (radical ABTS + etanol P. A.), na ausência de luz. O decréscimo de absorvância a 734 nm foi medido depois de 6 minutos. Foi gerada uma curva a partir dos valores de absorvâncias 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 absorvância 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 (RUFINO *et al.*, 2006).

3.3.15. Atividade antioxidante total no sistema de co-oxidação do β -caroteno/ácido linoléico

A atividade antioxidante foi determinada pelo método descrito originalmente por Marco (1968) e posteriormente modificado por Miller (1971). Para o preparo da solução sistema, adicionaram-se 40 μ L de ácido linoléico, 14 gotas de Tween 40, 50 μ L 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, diferentes volumes de extratos fenólicos obtidos dos frutos do umbuzeiro para as concentrações de 5 g.L⁻¹, 10 g.L⁻¹ e 20 g.L⁻¹ 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 imediatamente e com intervalos de 15 min, durante 120 min, em espectrofotômetro, mantendo sempre os tubos em banho-maria a 50 °C. As análises foram realizadas em triplicatas.

A atividade antioxidante foi calculada por diferentes formas:

– Percentagem de 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 à redução da absorvância do controle, usando as seguintes equações:

$$\% \text{ I.O.} = \frac{\text{Ac} - \text{Aam}}{\text{Ac}} \times 100$$

Onde: c = controle
am = amostra

Fórmulas: $\text{Ac} = \text{Abs}_{\text{inicial}} - \text{Abs}_{\text{final}}$

$\text{Aam} = \text{Abs}_{\text{inicial}} - \text{Abs}_{\text{final}}$

– Atividade Antioxidante (AA): também foi calculado como percentagem de inibição relativa ao controle em diferentes tempos (t = 30 min., t = 60 min. e t = 120 min.) usando as seguintes equações (AL-SAIKHAN *et al.*, 1995):

$$AA = \frac{TDC - TDA}{TDC} \times 100$$

Taxa de degradação do controle (TDC) = $\text{Ln} (Abs_{\text{inicial}}/Abs_t) \times 1/t$

Taxa de degradação da amostra (TDA) = $\text{Ln} (Abs_{\text{inicial}}/Abs_t) \times 1/t$

– Coeficiente de Atividade Antioxidante (CAA): foi calculado através da Abs dos extratos em relação ao controle, usando a seguinte equação (MALLETT *et al.*, 1994):

$$CAA = \frac{Abs_{\text{am}}(120) - Abs_{\text{c}}(120)}{Abs_{\text{c}}(0) - Abs_{\text{c}}(120)} \times 100$$

– Razão da taxa de degradação (RTD): baseado na relação da taxa de oxidação em diferentes tempos (t = 30 min, t = 60 min e t = 120 min), calculado de acordo com Marinova *et al.* (1994), usando a seguinte equação:

$$RTD = \frac{TDA}{TDC}$$

– **AOX (A/h)**: é o valor antioxidante, sendo expresso através do valor absoluto da inclinação da reta, obtida através da curva cinética plotada a partir da absorbância x tempo (t = 0,75 h, t = 1 h e t = 2 h).

3.3.16. Análise Estatística

Considerando que 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, foram adotadas análises estatísticas uni e multivariadas apropriadas ao estudo

do potencial dos frutos das plantas de umbuzeiro avaliadas. Para tanto, foram estimados os seguintes parâmetros estatísticos: variância residual (dentre plantas) e variância genética (entre plantas), correlações fenotípicas, coeficiente de variação, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação e o número de medições necessárias para obtenção dos níveis de certeza de 95 e 99%.

As correlações fenotípicas foram estimadas entre todas as variáveis, tanto para as características físicas quanto para as características físico-químicas e químicas. Posteriormente, foi aplicado o teste t para determinação do nível de significância das respectivas correlações estimadas.

Quanto à repetibilidade, esta tem sido utilizada com certa frequência em diversas espécies perenes e semiperenes a exemplo da seringueira (Gonçalves *et al.*, 1982; Vasconcelos *et al.*, 1985), cana-de-açúcar (Bressiani, 1993), Pínus (Cornacchia *et al.*, 1995), cajueiro (Cavalcanti *et al.*, 1999), alfafa (Pereira *et al.*, 1998; Ferreira *et al.*, 1999), aceroleira (Lopes *et al.*, 2001). O conceito de repetibilidade pode ser enunciado como sendo a correlação entre as medidas de determinado caráter em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou espaço (Cruz e Regazzi, 1994). Valores altos da estimativa da repetibilidade do caráter indicam que é possível prever o valor real do indivíduo com um número relativamente pequeno de medições.

Adicionalmente, análises multivariadas foram realizadas, tais como: agrupamento de genótipos por meio da otimização de Tocher, análise de componentes principais e a análise da dissimilaridade dos genótipos, expressa em um dendograma, com base no método do vizinho mais próximo. Estas estimativas foram calculadas utilizando a matriz de distância euclidiana média. As análises estatísticas foram realizadas no programa GENES (CRUZ, 2001), seguindo modelos ilustrados por Cruz e Regazzi (1994).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características Físicas

Observa-se para as características físicas, grande amplitude nos valores obtidos, principalmente para o peso do fruto, percentagem de casca e percentagem de semente (Tabela 2).

Tabela 2. Médias gerais, intervalo de confiança, amplitude e coeficiente de variação das características físicas de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina-PE.

Genótipo	Peso do Fruto (g)	% de Casca	% de Semente	% de Polpa	Rendimento (%)	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)
1	13,26	18,98	9,62	71,41	90,38	31,63	28,94
2	17,41	19,74	8,82	71,44	91,18	32,75	30,94
3	16,65	18,23	10,66	71,10	89,34	32,38	30,87
4	15,28	18,18	10,05	71,77	89,95	31,94	30,06
5	11,35	18,96	10,84	70,21	89,16	28,31	26,32
6	18,88	16,18	7,83	75,99	92,17	35,23	32,68
7	13,62	18,58	10,05	71,37	89,95	32,88	27,76
8	19,18	17,81	7,68	74,51	92,32	35,33	32,86
9	12,76	17,94	10,74	71,33	89,26	29,57	28,27
10	53,60	16,08	7,23	76,68	92,77	46,47	46,29
11	26,51	14,05	8,46	77,48	91,54	38,70	36,55
12	12,21	20,82	13,69	65,49	86,31	27,61	27,60
13	15,57	18,63	12,29	69,08	87,71	30,78	29,60
14	14,07	18,54	12,10	69,37	87,90	30,20	29,89
15	17,61	18,65	12,93	68,42	87,07	32,27	30,47
16	15,44	18,80	10,17	71,03	89,83	31,99	28,91
17	12,66	19,29	8,68	72,03	91,32	30,45	27,26
18	13,80	21,89	8,94	69,17	91,06	33,18	29,34
19	12,96	18,81	8,47	72,73	91,53	31,01	28,57
20	15,75	17,79	8,35	73,87	91,65	33,38	30,70
21	17,37	21,62	12,64	65,75	87,36	32,82	31,86
22	21,35	10,79	7,58	81,63	92,42	33,49	32,99
23	14,81	16,11	8,32	75,57	91,68	32,17	29,72
24	21,29	21,19	9,02	69,79	90,98	34,27	32,43
25	20,63	13,10	7,73	79,17	92,27	36,85	35,28
26	22,84	11,94	8,87	79,19	91,13	35,74	34,79
27	20,23	18,42	9,99	71,59	90,01	35,66	33,40
28	19,92	10,18	8,10	81,72	91,90	36,76	34,39
29	18,98	15,73	8,30	75,97	91,70	34,16	32,74
30	18,76	11,54	8,54	79,92	91,46	32,70	32,69
31	17,89	20,89	12,52	66,58	87,48	37,02	34,97
32	21,87	11,51	8,68	79,81	91,32	32,89	32,32
Mínimo	9,37	8,14	5,20	56,54	83,84	25,50	22,88
Máximo	62,98	27,30	16,16	84,63	94,80	49,50	49,54
Média	18,27	17,22	9,62	73,16	90,38	33,46	31,61
IC ₉₅ (±)	0,52	0,26	0,14	0,36	0,14	0,25	0,27
CV (%)	41,30	21,76	21,53	7,01	2,29	10,84	12,36

No entanto, devido ao grande número de observações realizadas, essa amplitude não se reflete diretamente no Intervalo de Confiança (IC).

4.1.1. Peso do fruto

Foram observados valores entre 9,37 a 62,98 g, demonstrando grande amplitude para esta característica, proporcionada principalmente pelo genótipo 10. Esse genótipo é conhecido como 'umbu gigante' e apresentou em média peso de 53,60 g por fruto (Figura 1).

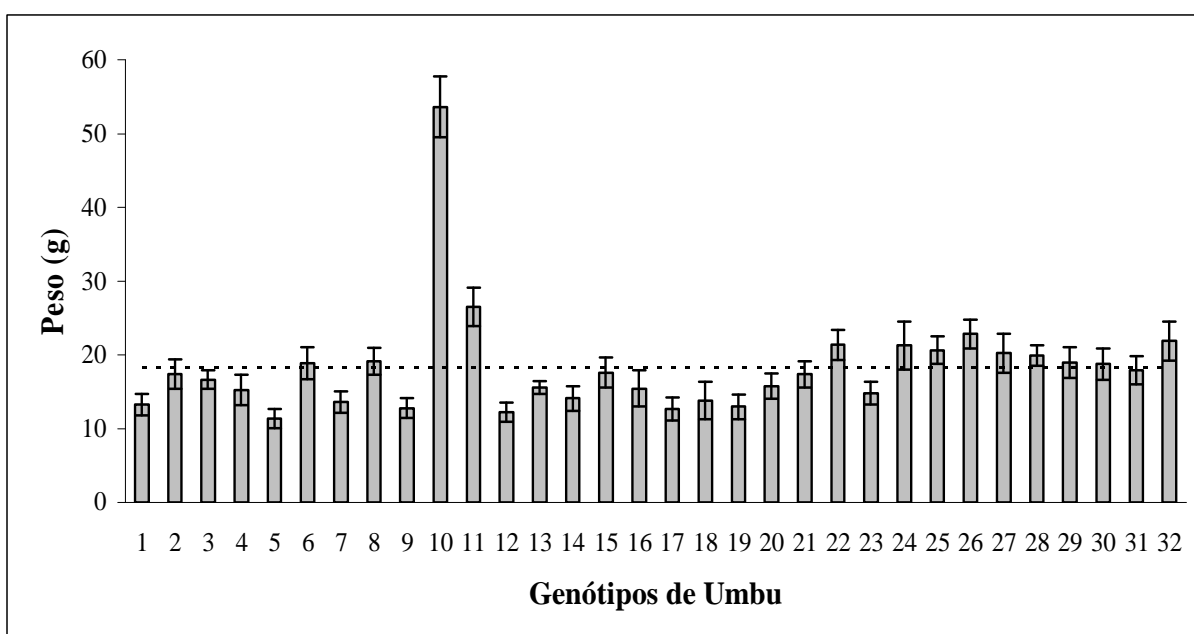


Figura 1 - Peso de frutos (g) de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

O peso médio dos frutos avaliados foi 18,27 g, valor muito próximo ao reportado por Cavalcanti *et al.* (2004), que estudando o consumo de frutos do umbuzeiro pelos caprinos na Caatinga, encontraram valor médio de 18,30 g.

Lima *et al.* (1996), ressaltaram que o peso dos frutos do umbuzeiro varia substancialmente entre plantas, onde observaram para os menores frutos em média 8,88 g e para os maiores um peso médio de 21,4 g. Já Silva *et al.* (1980), em estudo de caracterização de umbus, encontraram valores oscilando entre 12,9 a 66,5 g para o peso

dos frutos. Porém, Santos *et al.* (1999) reportam como ‘excentricidades’ alguns genótipos que apresentaram peso médio dos frutos acima de 75 g.

Os dados disponíveis na literatura mostram bastante variação no peso médio dos frutos do umbuzeiro, podendo ser interpretado também como decorrente da grande variabilidade genética desta espécie, corroborando com Chitarra e Chitarra (2005) que afirmam que o peso é uma característica varietal.

4.1.2. Comprimento e Diâmetro dos Frutos

Para a característica comprimento, foram observados valores individuais variando de 25,5 a 49,5 mm. Para as médias dos diferentes genótipos, essa variação foi de 27,61 a 46,47 mm (Figura 2). Para a variável diâmetro, o menor valor médio foi apresentado pelo genótipo 5 (26,32 mm). Enquanto os maiores valores de diâmetro, assim como de comprimento, foram apresentados pelo genótipo 10 (umbu gigante). O diâmetro oscilou com valores individuais entre 22,88 e 49,54 mm.

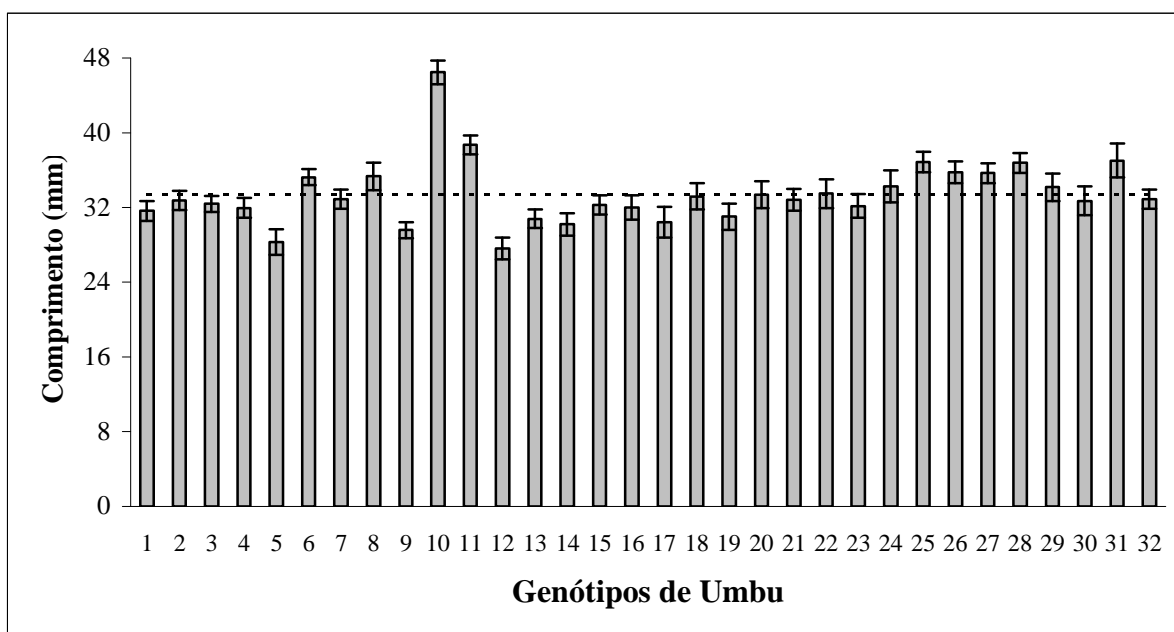


Figura 2 – Comprimento de frutos (mm) de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Os frutos do genótipo 12 apresentaram o menor comprimento médio, correspondendo a 27,61 mm. Porém este genótipo não apresentou a mesma condição para o diâmetro, que teve como valor médio 27,60 mm (Figura 3), o fato da proximidade entre

os valores de comprimento e diâmetro, revela uma aproximada forma arredondada deste genótipo. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), essa relação entre o comprimento e o diâmetro, determina a forma do fruto, sendo que quando o comprimento for equivalente ao diâmetro, o fruto apresentará a forma arredondada.

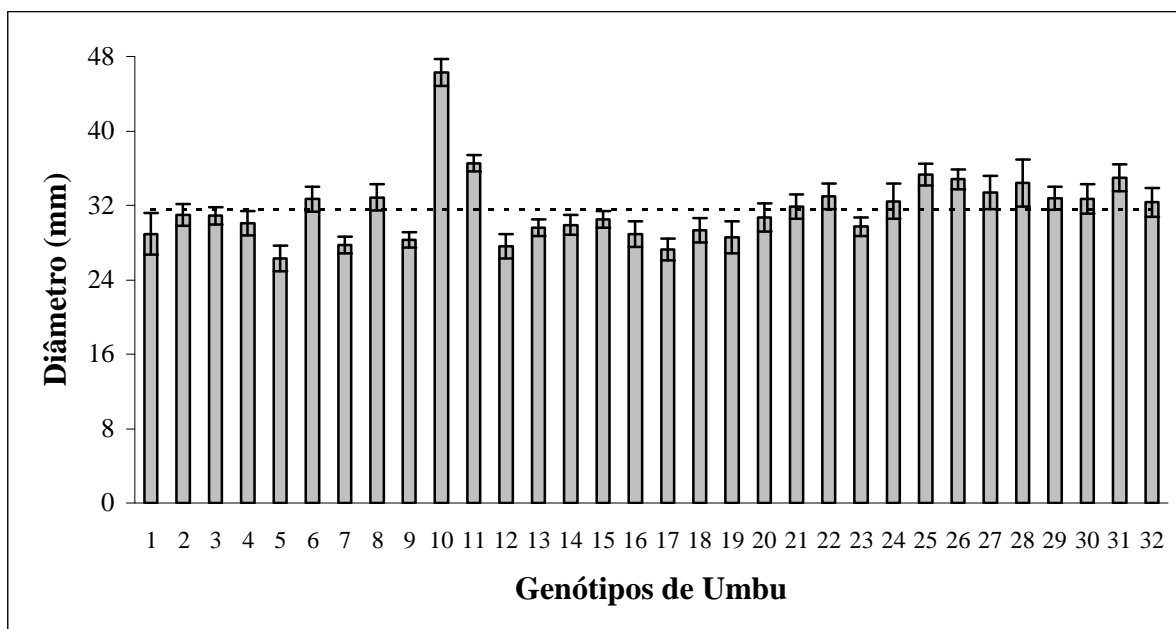


Figura 3 – Diâmetro de frutos (mm) de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

De acordo com Neves e Carvalho (2005), a forma dos frutos de umbu varia de arredondada, ovóide a oblonga. Nesse trabalho, no entanto, todos os genótipos estudados apresentaram comprimento maior que o diâmetro, sendo os valores para essas características bem próximos em alguns genótipos.

Esses resultados confirmam os resultados observados por Lima *et al.* (1996), que reportaram, para o comprimento e o diâmetro de umbu valores médios de 30,8 mm e 27,7 mm, respectivamente. Os autores destacam que a maioria das plantas apresentou medidas de comprimento dos frutos maiores que as de diâmetro, inferindo-se que os frutos do umbuzeiro, em geral, apresentam formato ovalado. Esses autores também observaram o formato arredondado em pequena parte dos frutos analisados.

4.1.3. Percentagem de casca

Para essa variável, foram observados valores entre 8,14 e 27,30 %, sendo a média de 17,22 % (Figura 4).

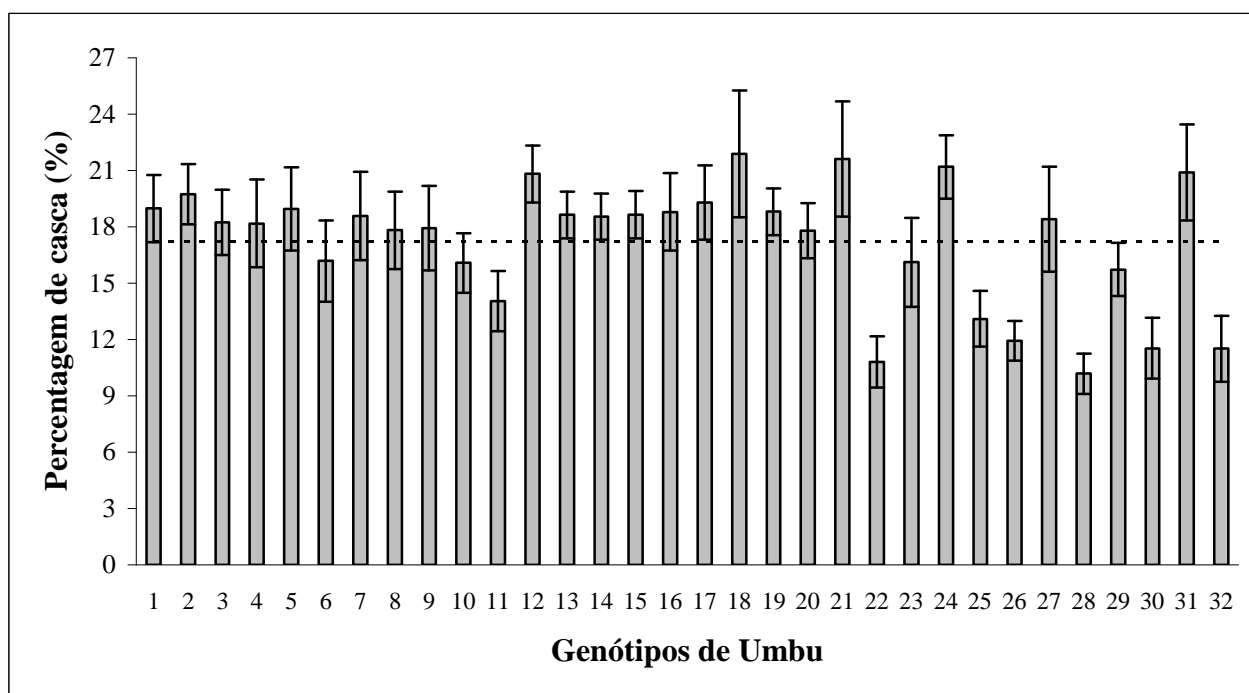


Figura 4 – Percentagem de casca (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Silva *et al.* (1987) estudando cinco genótipos de umbuzeiro, encontraram valores mais elevados que os obtidos nesse trabalho para a percentagem de casca dos frutos, sendo a média de 22,40 %. Bispo (1989) encontrou valores ainda mais elevados, em média 23,99 %. Deve-se ressaltar, entretanto, o cuidado necessário na etapa de descascamento, pois qualquer excesso de pressão exercida pelo descascador poderá retirar também parte da polpa dos frutos, o que iria alterar o percentual da casca.

Costa *et al.* (2004) caracterizaram frutos de umbu colhidos nos estádios de maturação verde, ‘de vez’, maduro e com maturação avançada e observaram valores para a percentagem de casca de 18,32 %, 16,69 %, 13,47% e 15,63 %, respectivamente. Nota-se, portanto, que à medida que a maturação avança, o percentual de casca diminui nos frutos, tornando a aumentar em estágio final de maturação, possivelmente pela dificuldade em

separar a casca da polpa. Os valores médios encontrados por esses autores estão bem próximos aos que foram encontrados nesse trabalho, para o mesmo estágio de maturação.

É importante ressaltar que para a extração da polpa de frutos do umbuzeiro na indústria, especialmente em frutos ‘de vez’, a casca é homogeneizada com a polpa propriamente dita, não havendo influencia da sua espessura sobre o rendimento industrial em termos quantitativos, embora possa haver influência na qualidade do produto.

4.1.4. Percentagem de semente

O menor valor para a percentagem da semente foi observado no genótipo 10 e o maior no genótipo 12; sendo 7,23 e 13,69 %, respectivamente (Figura 5).

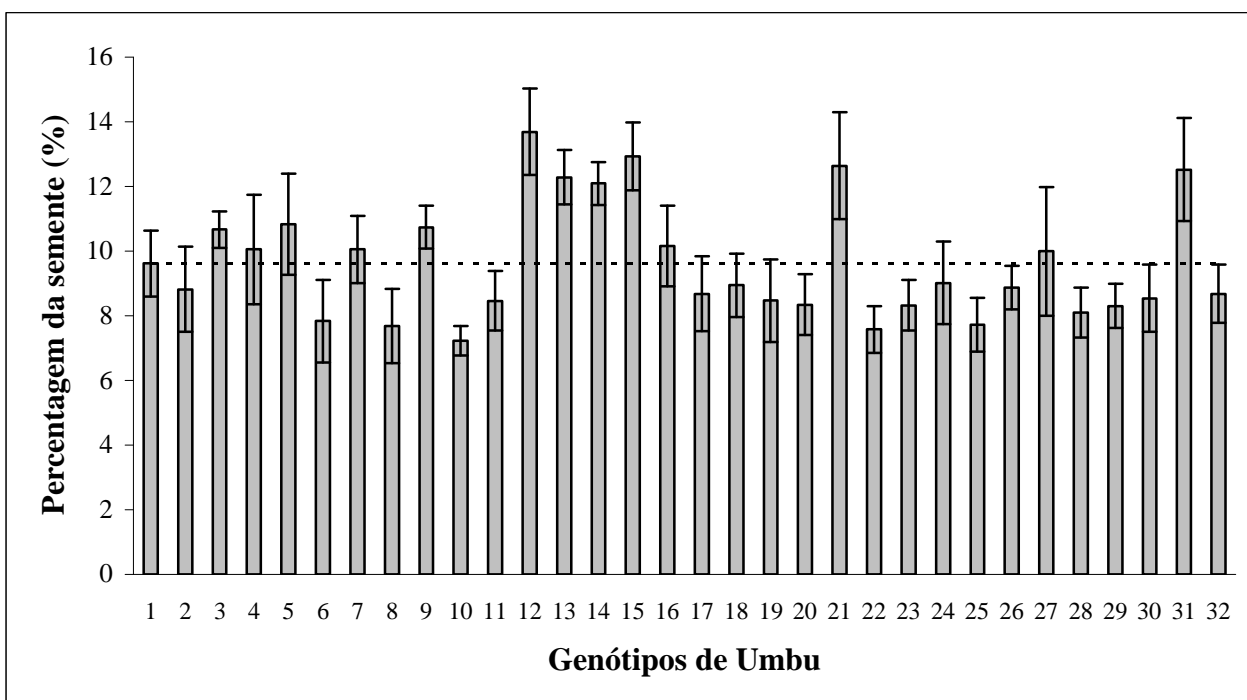


Figura 5 – Percentagem da semente (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Considerando que o rendimento de um fruto é obtido pelas proporções entre a casca, a polpa e a semente ou caroço, e que no caso do umbu, teoricamente, esse valor corresponderia à diferença entre o peso do fruto e o da semente, o genótipo 10 se apresenta com ótimas características de rendimento em polpa, pois é um fruto grande e ainda com semente proporcionalmente pequena.

Treze dos genótipos estudados se encontram acima da média, no que se refere à percentagem da semente do fruto. Assim, 19 genótipos situam-se na média ou abaixo desta, com algo em torno de 7,23 a 9,62 %. Essa avaliação é muito importante, pois essa característica influencia diretamente o rendimento deste fruto.

De acordo com Costa *et al.* (2004), o estágio de maturação ‘de vez’ utilizado neste trabalho é bastante conveniente, pois nele se consegue menores valores para a percentagem de semente, caroço ou endocarpo, tornando-o mais interessante para o rendimento de polpa.

4.1.5. Percentagem de polpa

A percentagem da polpa está diretamente relacionada com o rendimento industrial do umbu. Na Figura 6 observa-se que o menor percentual de polpa foi obtido do genótipo 12.

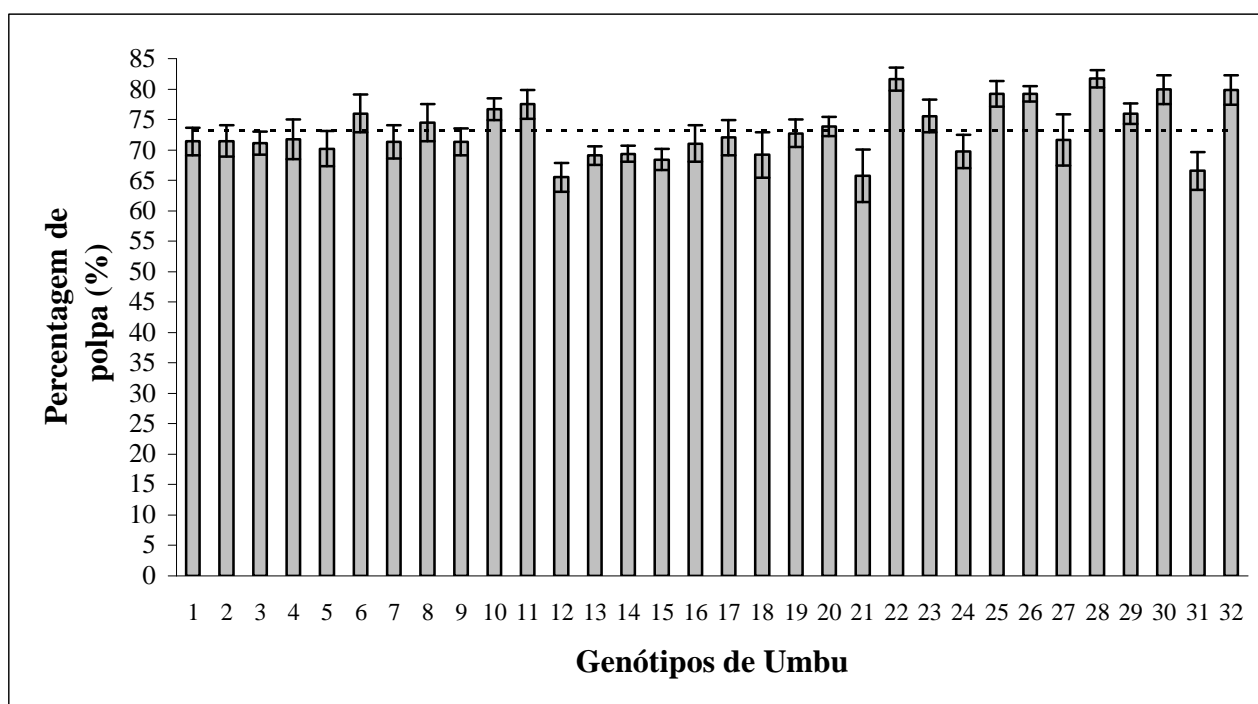


Figura 6 – Percentagem de polpa (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a proporção entre o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo (caroço) é indicativo de rendimento da

matéria-prima. Nesse sentido, o genótipo 12 apresenta dois aspectos negativos para o rendimento de polpa. Além da menor quantidade de polpa ou mesocarpo, apresentou também maior percentual de semente.

Os genótipos 22 e 28 se destacaram pelo percentual de polpa superior a 81 %. Ambos fazem parte dos treze genótipos que ficaram acima da média para esta característica, com percentagem de polpa acima de 73,16%.

Foram observados valores individuais variando de 56,54 a 84,63%. Esses valores, tanto o máximo como o mínimo extrapolaram os encontrados por Cavalcanti *et al.* (2000), que variaram entre 62 a 75%.

Saturnino *et al.* (2000) caracterizaram frutos do umbuzeiro no Estado de Minas Gerais e verificaram percentagens de polpa nos frutos variando de 51,59% a 77,88%, com média de 64,73%, resultado médio este inferior aos observados para todos os genótipos avaliados neste trabalho.

A média para a percentagem de polpa (73,16%) desse trabalho também é superior à reportada por Silva *et al.* (1987), que afirmaram que os frutos do umbuzeiro são constituídos em média por 22% de casca, 68% de polpa e 10% de caroço.

4.1.6. Rendimento

Neste trabalho, considerou-se o rendimento como o somatório da percentagem de polpa (mesocarpo) e a percentagem de casca (epicarpo) nos frutos do umbuzeiro. Para esta variável, observa-se uma variação entre 86,31 a 92,77% (Figura 7).

Considerando os valores encontrados por Silva *et al.* (1987), tem-se rendimento igual a 90% (22% de casca + 68% de polpa). Esse rendimento é muito próximo ao encontrado nesse trabalho (90,38%).

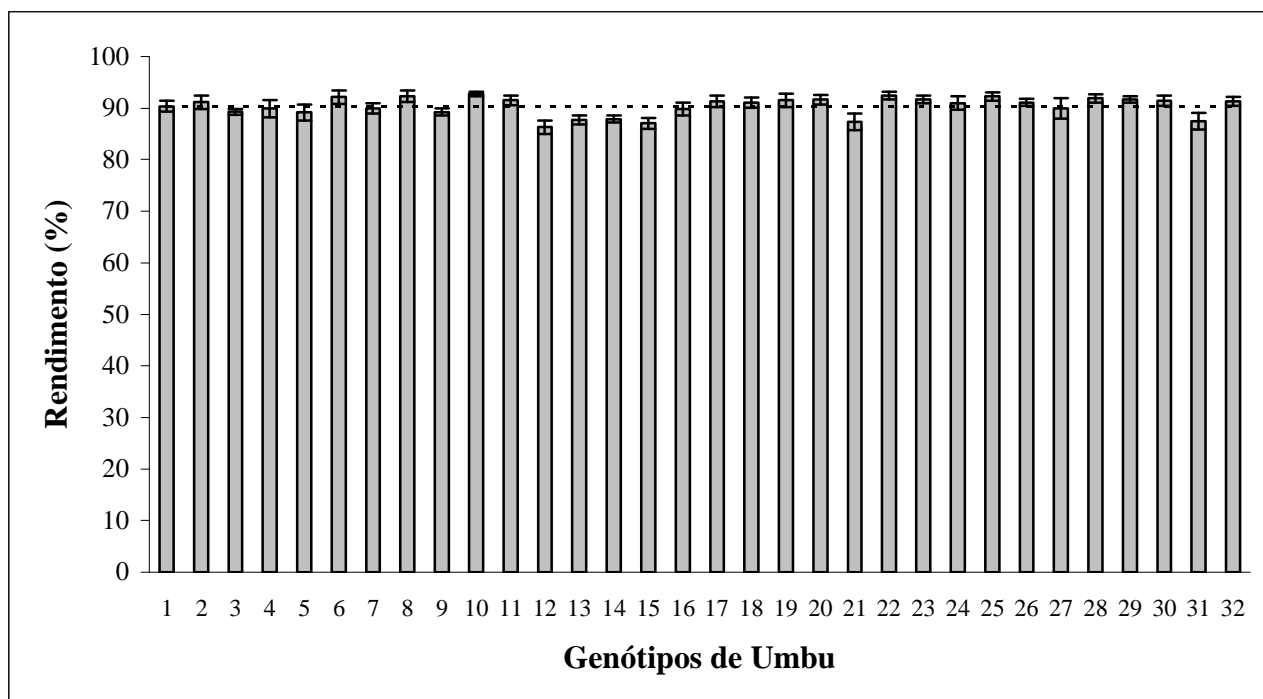


Figura 7 – Rendimento (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Costa *et al.* (2004) encontraram rendimento para frutos de umbuzeiro colhidos nos estágio de maturação ‘de vez’ de 82,78%. Esse valor está abaixo do menor valor individual observado nesse trabalho, onde há uma variação de 83,84 a 94,80%.

Os genótipos estudados nesse trabalho também apresentaram rendimento superior ao encontrado por Bispo (1989), que encontrou rendimento médio de 87,17%.

4.1.7. Correlações Entre as Características Físicas

Houve correlação significativa positiva ou negativa entre todas as variáveis estudadas (Tabela 3). O peso do fruto se correlaciona positivamente com o diâmetro, comprimento, rendimento e a percentagem de polpa. No entanto, se correlaciona negativamente com a percentagem de semente e a percentagem de casca, afirmando que quanto maior for o fruto, maior será seu rendimento, pois terá menor percentagem de semente. E também se pode afirmar através da correlação com a percentagem de casca, que serão obtidos em frutos maiores, melhor qualidade da polpa extraída, pois nesse caso terá menos casca.

A maior correlação negativa é encontrada entre a percentagem de semente e o rendimento. Essa correlação é facilmente explicada pelo fato desses atributos serem complementares para 100% ou para o peso total do fruto, ou seja, teoricamente, subtraindo-se a quantidade de casca do peso total do fruto será obtido o rendimento.

Tabela 3. Correlações fenotípicas entre as características físicas avaliadas nos frutos dos diferentes genótipos de umbuzeiro.

	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Rendimento (%)	% de Polpa	% de Semente	% de Casca
Peso do fruto	**0,94	**0,89	*0,41	*0,41	*-0,41	*-0,35
% de Casca	*-0,42	*-0,35	**0,56	**0,95	**0,56	
% de Semente	*-0,42	**0,50	**1,00	**0,80		
% de Polpa	**0,47	**0,45	**0,80			
Rendimento	*0,42	**0,50				
Comprimento	**0,95					

** significativo a 1% - * significativo a 5%

4.1.8. Repetibilidade para as Características Físicas

Os coeficientes de repetibilidade estimados foram relativamente altos (Tabela 4). Segundo Cruz e Regazzi (1994) valores altos da estimativa da repetibilidade do caráter indicam que é possível prever o valor real do indivíduo com um número relativamente pequeno de medições.

Ao mesmo tempo, observa-se também valores da variância genética (entre plantas) maiores que os valores para a variância residual (dentro de plantas), daí se interpreta que as diferenças encontradas entre os genótipos estão muito mais ligadas diretamente ao potencial genético dos indivíduos (variabilidade genética) com pouca interferência do ambiente.

Tabela 4. Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação (R^2) e do número de medições necessárias para obtenção dos níveis de certeza de 95 e 99%, para as características físicas dos frutos de genótipos de umbuzeiro.

Parâmetros*	Variância Residual (dentro de plantas)	Variância Genética (entre plantas)	Coeficiente de Repetibilidade	Coeficiente de Determinação (R^2)	Número [#] de medições para R^2	
					0,95	0,99
Peso do fruto	4,228	54,312	0,93	99,72	1	7
% de Casca	3,748	10,612	0,75	98,69	6	33
% de Semente	1,261	3,122	0,72	98,49	7	38
% de Polpa	6,650	20,256	0,77	98,79	6	30
Rendimento	1,261	3,122	0,72	98,49	7	38
Comprimento	1,561	11,956	0,89	99,50	2	12
Diâmetro	1,944	13,724	0,88	99,46	3	13

[#]/ valores absolutos.

As estimativas apresentaram altos coeficientes de determinação, os quais variaram de 98,49% (Rendimento) a 99,72% (Peso do fruto). Provavelmente, estes valores estimados para os coeficientes de determinação tenham sido elevados devido ao número de medições adotado (25 medições para cada característica). Adicionalmente, como era esperado, observou-se que são necessárias mais medições, para um mesmo nível de certeza, quanto menor for o valor estimado do coeficiente de repetibilidade e vice-versa. No entanto, para o nível de certeza de 95%, o número de repetições foi mais que suficiente para garantir a qualidade dos resultados de todas as características físicas avaliadas.

Para as características percentagem de casca e rendimento há necessidade de trinta e oito observações (repetições), para que os resultados tenham confiabilidade de 99%.

4.1.7. Análises Multivariadas

A análise de agrupamento feita por meio da otimização de Tocher, com base na distância Euclidiana média, permitiu a formação de dois grupos sendo que um dos grupos

compreende apenas um genótipo, enquanto que os demais genótipos concentraram-se em outro grupo (Tabela 5).

A formação de apenas dois grupos pode ser facilmente explicada pela superioridade das características físicas do genótipo 10. Esse genótipo apresentou, em média, peso de 53,60 g por fruto, quando normalmente na literatura são encontrados valores médios para essa característica, variando de 13 a 18 g (Narain *et al.*, 1992; Lima *et al.*, 1996; Cavalcanti *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2004).

Tabela 5. Grupos de plantas com base na análise de agrupamento feito por meio da otimização de Tocher, a partir das características físicas avaliadas em frutos de genótipos de umbuzeiro.

Grupo	Indivíduos															
1	13	14	15	21	3	9	16	4	7	1	5	2	17	19	18	20
	27	24	23	29	8	6	30	32	26	25	11	22	28	31	12	
2	10															

De acordo com Cruz e Regazzi (1994), a formação de muitos grupos, com apenas um genótipo cada, permite a formação de dezenas de populações segregantes, melhorando a possibilidade de obtenção de genótipos superiores no que diz respeito às características de interesse econômico.

A dispersão gráfica da análise de componentes principais (Figura 8), envolvendo os dois principais componentes, os quais respondem por 88,66% da variação total entre os genótipos foi coerente com a formação de grupos (Tabela 4), confirmando o destaque do genótipo 10 como distinto entre os demais genótipos.

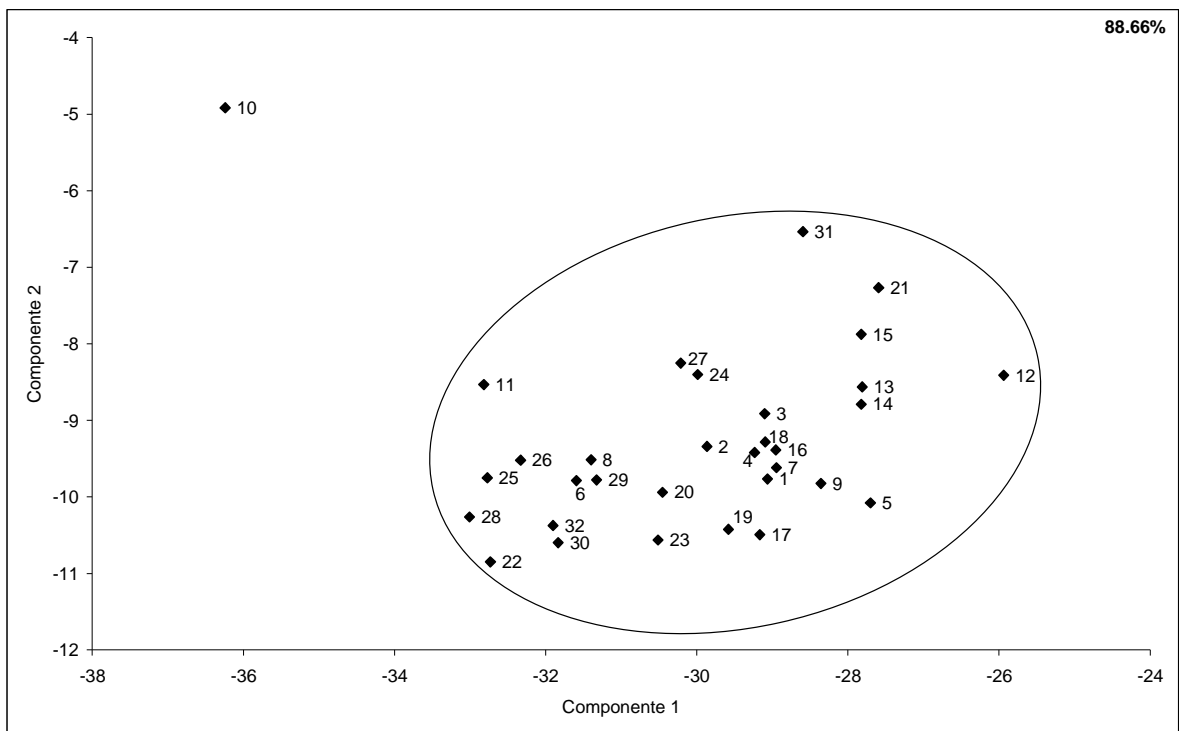


Figura 8. Visualização gráfica da análise de Componentes Principais com a variação total explicada (canto superior esquerdo) e os grupos de acordo com o método de Tocher, em frutos de diferentes genótipos do umbuzeiro.

De acordo com a análise de Componentes Principais as características físicas que menos contribuíram para a divergência genética dos genótipos foram: percentagem de semente, percentagem de polpa e diâmetro do fruto. Por conseguinte, o peso e o comprimento do fruto, a percentagem de casca e o rendimento foram as características de maior importância para a diferenciação dos genótipos de umbuzeiros avaliados.

Adicionalmente, o dendograma de dissimilaridade dos genótipos (Figura 9), construído com base no método do Vizinho mais Próximo, confirmou os resultados alcançados tanto pela Otimização de Tocher quanto pelos Componentes Principais.

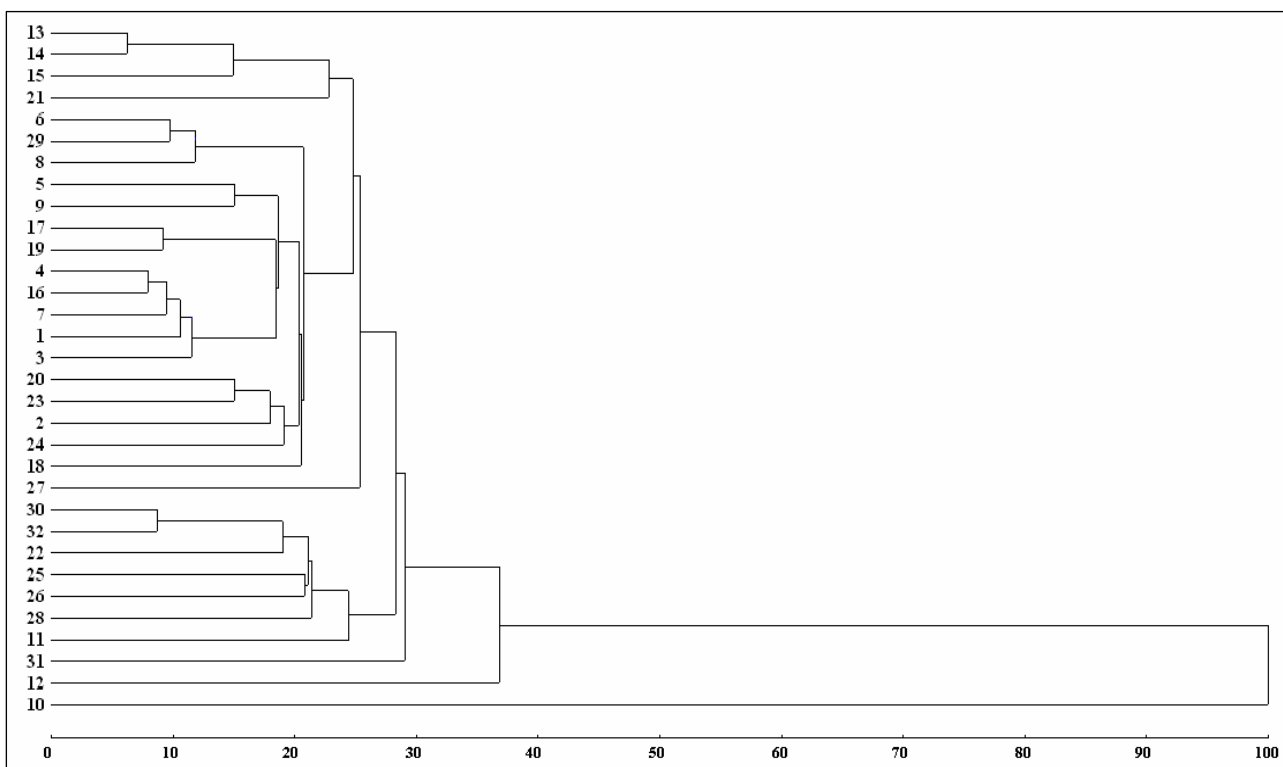


Figura 9. Dendrograma de dissimilaridade dos genótipos de umbuzeiro avaliados por meio do método de agrupamento do vizinho mais próximo.

4.2. Características Físico-Químicas

Os genótipos de umbu apresentaram pequena variação para os atributos sólidos solúveis e pH. Para as demais variáveis, pode-se observar (Tabela 6), grande variação entre plantas, o que é demonstrado pelo alto coeficiente de variação (CV), proporcionado principalmente pela amplitude nos valores individuais observados.

Tabela 6. Médias gerais, intervalos de confiança, amplitudes e coeficientes de variação das características físico-químicas avaliadas nos frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Genótipos	VITC	SS	AT	pH	SS/ AT	AMD	AR	AST	PECT	PECS	PET	FLAV	CLOR	CAR	ABTS
1	44,01	8,43	1,17	2,54	7,24	1,26	3,94	4,42	0,30	0,07	49,66	38,92	4,87	0,54	30,04
2	44,46	9,43	1,28	2,67	7,41	1,95	3,42	4,78	0,34	0,07	38,39	36,51	3,61	0,19	21,41
3	50,00	10,57	1,38	2,51	7,66	1,76	3,82	5,65	0,43	0,04	39,40	36,28	4,83	0,22	21,91
4	48,78	8,57	1,07	2,70	8,06	1,89	3,77	4,67	0,59	0,03	30,59	33,13	6,58	0,19	17,11
5	45,68	10,73	1,43	2,44	7,51	1,47	5,82	5,61	0,61	0,07	30,31	35,40	4,62	0,24	15,67
6	48,35	9,23	1,05	2,67	8,80	1,89	5,61	4,82	0,58	0,08	26,54	31,78	7,31	0,13	13,83
7	50,72	9,73	0,94	2,77	10,39	1,88	4,80	5,40	0,51	0,08	21,26	27,90	4,85	0,22	10,23
8	47,73	8,70	0,96	2,73	9,10	1,51	4,46	4,81	0,59	0,05	22,11	15,38	4,64	0,20	11,90
9	47,49	10,93	1,22	2,62	8,93	2,07	3,99	5,40	0,51	0,07	26,27	13,93	6,62	0,55	17,57
10	50,48	10,37	1,05	2,75	9,85	1,48	3,15	6,25	0,54	0,05	31,32	16,90	5,74	0,24	17,88
11	47,99	9,10	0,77	2,64	11,89	1,77	3,53	6,04	0,60	0,05	30,30	21,54	2,95	0,38	15,86
12	49,31	10,03	1,61	2,35	6,28	2,27	3,47	4,91	0,55	0,06	37,36	15,11	8,22	0,33	24,33
13	50,23	10,07	1,35	2,64	7,47	1,79	3,43	5,06	0,53	0,05	32,13	22,53	4,89	0,32	19,44
14	51,64	10,00	1,52	2,42	6,58	1,38	3,22	5,69	0,50	0,05	36,80	17,96	6,64	0,37	22,39
15	44,93	10,43	1,34	2,50	7,78	0,91	2,95	6,05	0,52	0,04	26,90	21,36	6,79	0,30	16,18
16	49,26	9,77	0,92	2,82	10,64	1,37	2,91	5,21	0,54	0,06	24,33	22,68	5,15	0,24	15,08
17	49,21	10,20	1,23	2,65	8,31	1,53	3,47	5,77	0,55	0,02	37,47	19,05	5,96	0,40	21,46
18	46,92	9,43	0,89	2,70	10,61	1,87	3,82	4,71	0,78	0,06	24,25	22,01	5,60	0,51	14,52
19	49,26	7,67	1,12	2,46	6,89	0,76	2,51	4,10	0,82	0,04	31,59	20,97	4,04	0,52	21,66
20	51,19	10,60	0,95	2,75	11,16	1,58	3,77	5,59	0,74	0,11	21,66	11,74	6,04	0,40	15,44
21	63,65	9,20	1,54	2,50	6,00	1,42	2,98	6,11	0,78	0,06	29,73	23,30	6,09	0,21	17,31
22	67,45	9,33	1,75	2,44	5,35	1,01	4,78	5,53	0,68	0,10	28,73	31,83	4,11	0,15	14,94
23	58,91	8,50	1,15	2,60	7,40	1,42	2,81	5,13	0,89	0,06	37,78	22,02	4,77	0,16	23,91
24	61,57	8,23	1,25	2,53	6,62	1,20	2,87	5,51	0,82	0,04	30,75	28,11	4,89	0,18	22,71
25	69,66	11,77	1,00	2,65	11,74	2,50	3,00	8,31	0,87	0,08	35,49	20,23	6,27	0,20	24,35
26	55,33	9,50	1,59	2,33	5,98	1,93	3,54	4,49	0,81	0,09	49,55	11,30	4,06	0,08	26,14
27	54,39	9,07	1,02	2,56	8,87	1,60	3,13	6,49	0,74	0,06	32,49	28,72	3,19	0,15	16,17
28	65,48	9,33	1,55	2,36	6,03	1,50	3,79	4,92	0,57	0,06	35,65	26,16	3,84	0,21	17,67
29	62,23	8,70	1,31	2,51	6,68	1,76	2,80	5,16	0,82	0,06	30,83	25,86	3,61	0,18	17,94
30	69,60	9,80	2,00	2,28	4,89	1,50	3,18	3,60	0,89	0,10	33,49	24,79	5,09	0,18	16,35
31	54,13	9,50	1,18	2,60	8,06	1,25	3,01	6,13	0,89	0,09	38,04	32,30	6,67	0,18	28,63
32	71,05	10,13	1,27	2,58	7,97	1,36	4,33	7,68	1,03	0,06	38,10	25,88	3,83	0,24	24,97
Mínimo	39,39	7,50	0,69	2,27	4,86	0,59	2,33	2,96	0,24	0,02	17,98	9,47	2,47	0,06	9,83
Máximo	75,87	12,50	2,04	2,82	13,02	3,42	6,23	9,55	1,07	0,14	57,61	40,22	9,64	0,65	33,96
Média	53,78	9,60	1,25	2,57	8,07	1,59	3,63	5,44	0,65	0,06	32,48	24,42	5,20	0,27	19,22
IC ₉₅ (±)	1,83	0,18	0,06	0,03	0,38	0,09	0,16	0,23	0,04	0,01	1,50	1,59	0,31	0,03	1,09
CV (%)	16,81	9,48	22,43	5,43	23,16	28,90	22,32	20,75	28,94	36,03	22,86	32,08	29,87	48,89	27,93

VITC = Vitamina C (mg.100g⁻¹); SS = Sólidos Solúveis (%); AT = Acidez Titulável (%); AMD = Amido (%); AR = Açúcares Redutores (%); AST = Açúcares Solúveis Totais (%); PECT = Pectina Total (%); PECS = Pectina Solúvel (%); PET = Polifenóis Extraíveis Totais (mg.100g⁻¹); FLAV = Flavonóides Amarelos (mg.100g⁻¹); CLOR = Clorofila Total (mg.100g⁻¹ de casca); CAR = Carotenóides Totais (mg.100g⁻¹); ABTS = Atividade Antioxidante.

4.2.1. Sólidos Solúveis (SS)

Os teores de sólidos solúveis (SS) de umbus ‘de vez’ diferiram entre os diferentes genótipos, apresentando valor médio de 9,60 %, mínimo de 7,67 % observado no genótipo 19, e máximo de 11,77 %, no genótipo 25 (Figura 10). Ainda, aproximadamente 47% dos genótipos avaliados apresentaram teor de sólidos solúveis acima da média. Considerando os valores observados individualmente para os genótipos, a variação na percentagem dos sólidos solúveis se encontra no intervalo de 7,5 a 12,5 %.

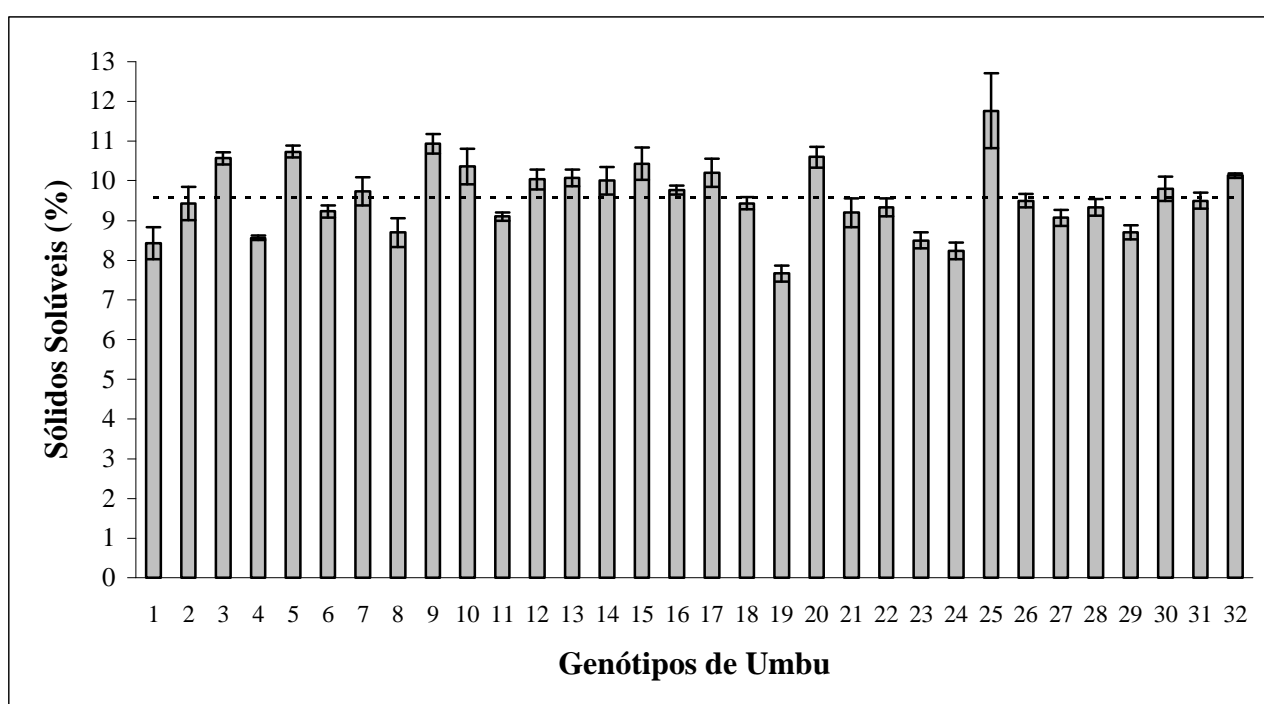


Figura 10 – Sólidos solúveis (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Costa *et al.* (2004) verificaram que a medida que avança o estágio de maturação, o conteúdo de sólidos solúveis aumenta em umbus ácidos, quando foi observado valores de sólidos solúveis de 7,0; 8,5; 9,5 e 10,0 % para os respectivos estádios de maturação: verde, ‘de vez’, maduro e com maturação avançada. Já para umbus considerados doces, foram observados valores de sólidos solúveis de 7,3; 8,9; 10,1 e 10 %. Considerando o mesmo estágio de maturação, os valores de sólidos solúveis encontrados

por esses autores são menores que o valor médio encontrado nesse trabalho, independente dos frutos serem classificados como doces ou ácidos.

Valores ligeiramente superiores foram encontrados por Bispo (1989) e Folegatti *et al.* (2003), que reportaram teor de sólidos solúveis de 10%. Já Dias *et al.* (2007) reportaram um valor médio inferior em relação ao encontrado nesse trabalho, 8,2%.

4.2.2. pH e Acidez Titulável (AT)

Pode-se verificar, para o atributo pH, uma pequena variação entre os diferentes genótipos, oscilando entre 2,28 no genótipo 30, até 2,82, no genótipo 16, sendo verificada uma média geral de 2,57 (Figura 11).

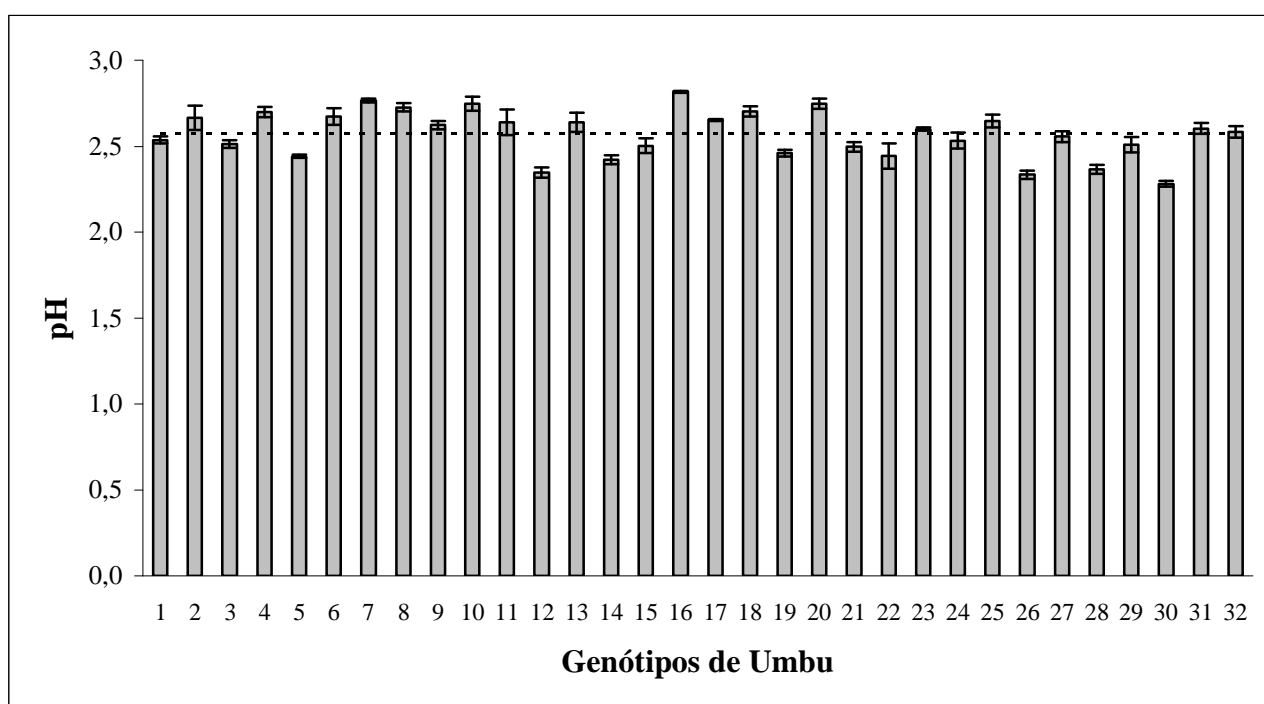


Figura 11 – pH em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Os valores de pH encontrados são similares aos citados por Bueno *et al.* (2002), que avaliando a qualidade de polpas de umbu congeladas, encontraram pH de 2,6. São reportados, também, valores de 2,65, por Dias *et al.* (2007); de 2,22, por Costa *et al.* (2004), e de 2,16, por Lima *et al.* (2003).

Para a acidez titulável, observou-se variação de mais de 2,5 vezes entre os valores dos genótipos estudados, sendo o menor valor registrado de 0,77 %, para o genótipo 11, e o maior valor, de 2,00 % para o genótipo 30 (Figura 12).

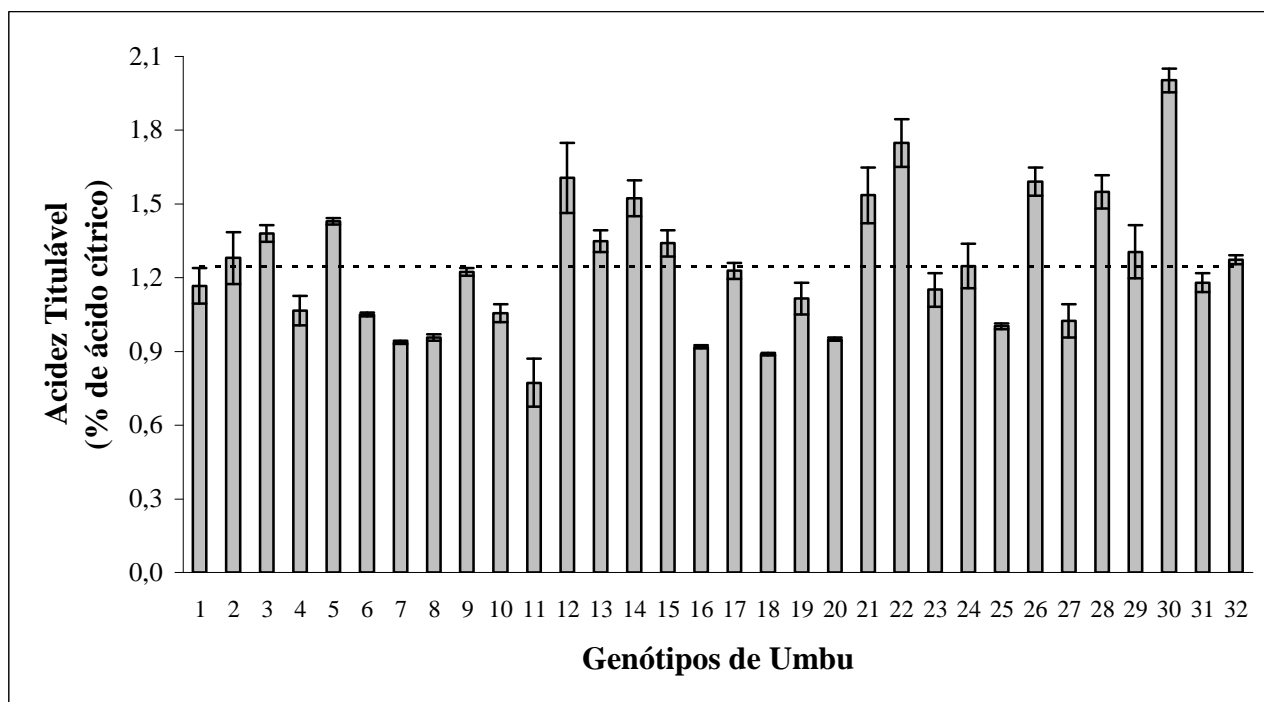


Figura 12 – Acidez Titulável (% de ácido cítrico) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

O genótipo 30 que apresentou maior AT foi o que apresentou o menor valor de pH. E o genótipo 11 que figura entre os maiores valores de pH, inversamente apresentou a menor AT.

Os valores de AT encontrados, que em média se situam em torno de 1,25 % foram bem inferiores aos valores médios encontrados por Costa *et al.* (2004), que para frutos colhidos ‘de vez’, observaram 1,87 e 2,27 %, para frutos considerados como doces e ácidos, respectivamente.

Dias *et al.* (2007) reportaram 1,96 % de ácido cítrico em umbu e Lima *et al.* (2003), 1,45%. Esses valores se enquadram dentro do intervalo encontrado nesse trabalho, que oscilou de 0,69 a 2,04%. Portanto, nota-se que existe uma variação considerável de AT entre genótipos, porém no geral, essa variação não se reflete na mesma intensidade para o pH, possivelmente pela presença de substâncias com poder tampão.

4.2.3. Relação SS/AT

Os resultados encontrados para a relação SS/AT tiveram uma variação considerável, sendo o genótipo 30 o que apresentou o menor valor (4,89), enquanto o maior valor, 11,89, foi observado no genótipo 11 (Figura 13). Dentre os frutos dos 32 genótipos do umbuzeiro avaliados, 12 apresentaram a relação SS/AT superior à média geral, que foi de 8,07.

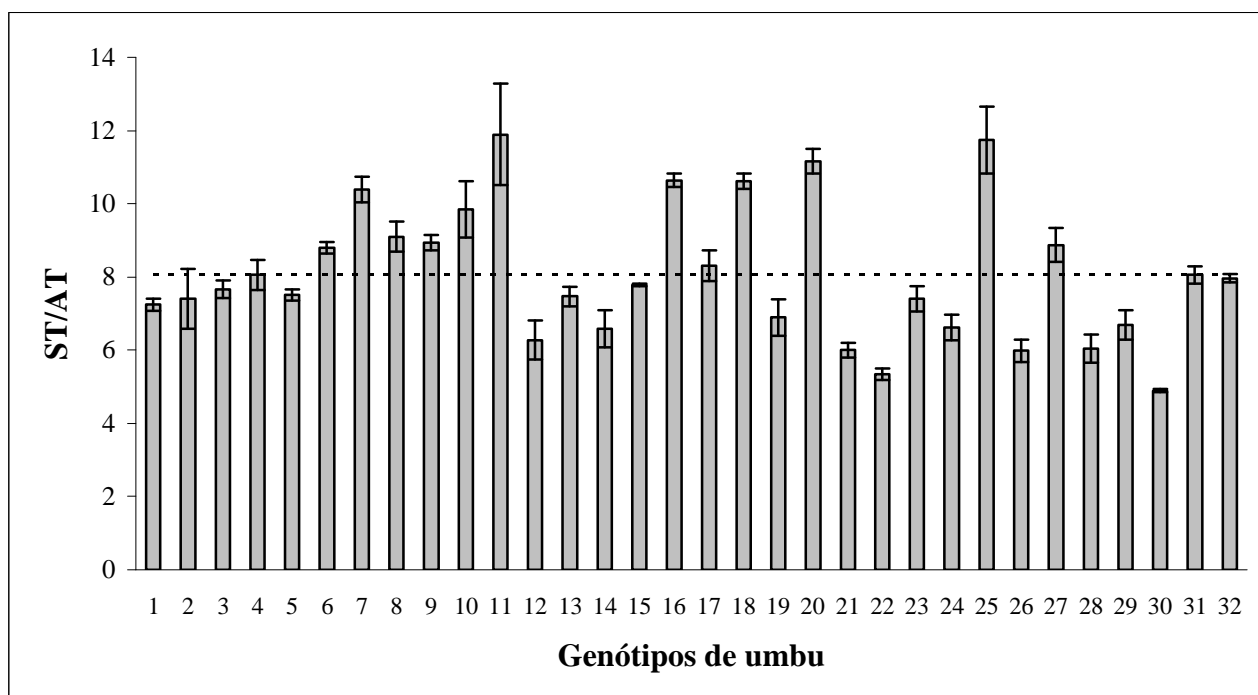


Figura 13 – Relação SS/AT em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Em geral, é verificado na literatura grande amplitude na relação SS/AT, pois essa tem correlação direta com seus componentes, e estes são bastante influenciados tanto por fatores ambientais como pelo próprio potencial genético das plantas. Essa relação é reportada por vários autores, sendo verificado, em umbu, valores entre 2,65 e 10,09 (Almeida, 1999; Ferreira *et al.*, 2000; Bueno *et al.*, 2002; Folegatti *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2004; Dias *et al.*, 2007).

4.2.4. Vitamina C

Os valores médios de vitamina C oscilaram entre 44,01 e 71,05 mg.100g⁻¹ de polpa, sendo o menor valor representado pelo genótipo 1 e o maior valor pelo genótipo 32. Essa característica apresentou média de 53,78 mg.100g⁻¹ de polpa, destacando-se doze genótipos com teores acima da média (Figura 14).

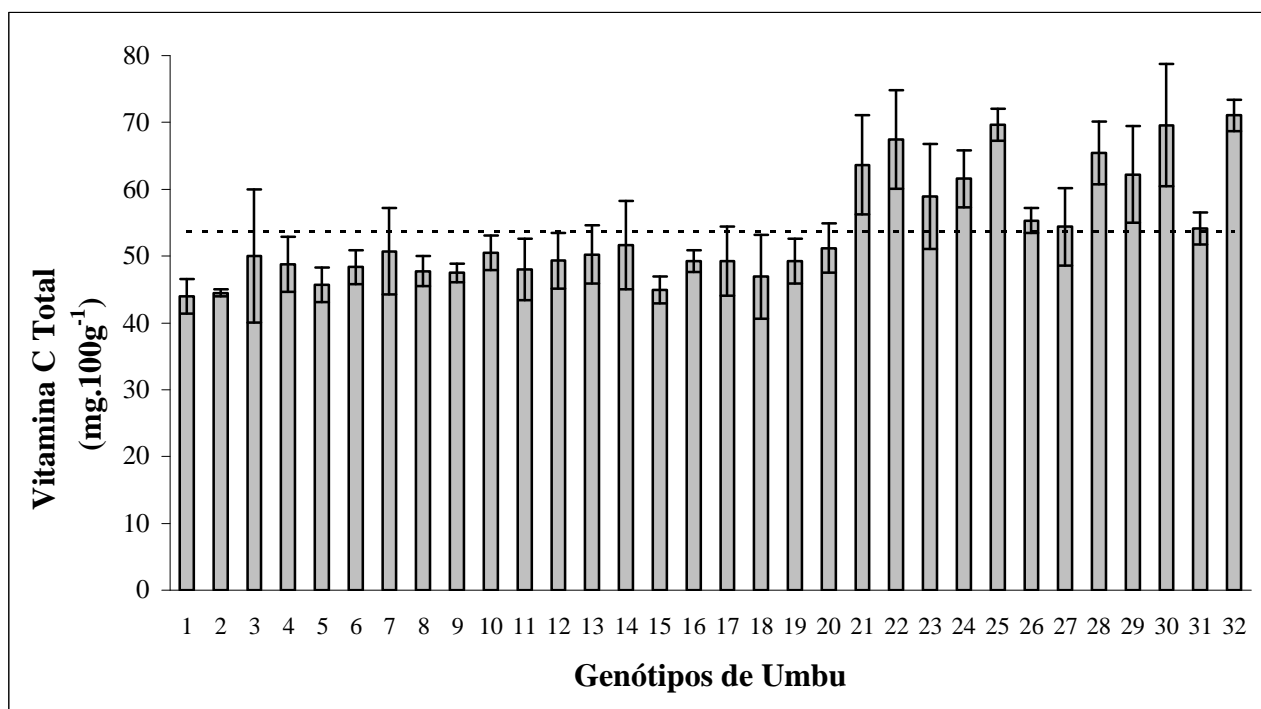


Figura 14 – Conteúdo de vitamina C Total (mg.100g⁻¹) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Os valores encontrados nesse trabalho são superiores aos encontrados por outros autores. Ferreira *et al.* (2000); Almeida e Valsechi (1996); Granja (1985) e Souza e Catão (1970) reportaram valores para vitamina C em umbu de 13,31; 33,3; 16,54 e 31,2 mg de vitamina C por 100 g de polpa, respectivamente. Todos esses valores estão abaixo do menor valor individual observado nesse trabalho, 39,39 mg de vitamina C em 100 g de polpa.

Existe a possibilidade dessa diferença estar relacionada com o método analítico utilizado, a forma da extração da polpa, tempo decorrido entre o despulpamento até a efetiva realização da análise, bem como pode ser devido unicamente à diferença genética entre as plantas.

4.2.5. Açúcares Redutores e Açúcares Solúveis Totais

O teor de açúcares redutores nos diferentes genótipos variou de 2,51%, para o genótipo 19, a 5,82%, para o genótipo 5 (Figura 15). Para os valores observados individualmente, verificou-se variação entre 2,33 e 6,23 %, sendo a média de 3,63 %.

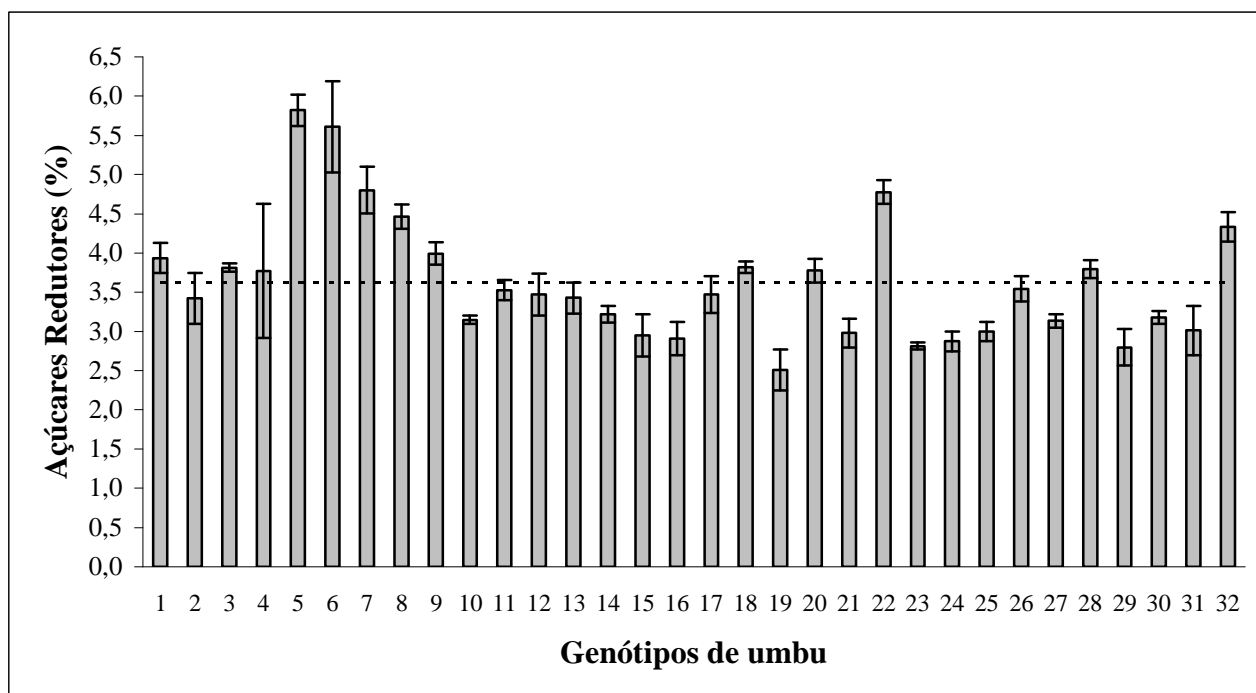


Figura 15 – Açúcares redutores (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

O valor médio do teor de açúcares redutores encontrado nesse trabalho (3,63%) foi inferior aos encontrados por Almeida (1999), que trabalhando com umbu no estágio ‘de vez’, obteve valor de 4,45%. Almeida (1999) também observou que, nos frutos ‘de vez’, os teores de açúcares redutores perfazem 39,8% dos sólidos solúveis, valor bem próximo ao encontrado nesse trabalho com frutos em mesmo estágio de maturação (37,81%). Ferreira *et al.* (2000) trabalhando com polpa in natura do umbu maduro, encontrou 3,61% como valor médio do teor de açúcares redutores.

Para os açúcares solúveis totais, se observou-se variação de mais do dobro, de 3,6 a 8,31%, para os genótipos 30 e 25, respectivamente (Figura 16).

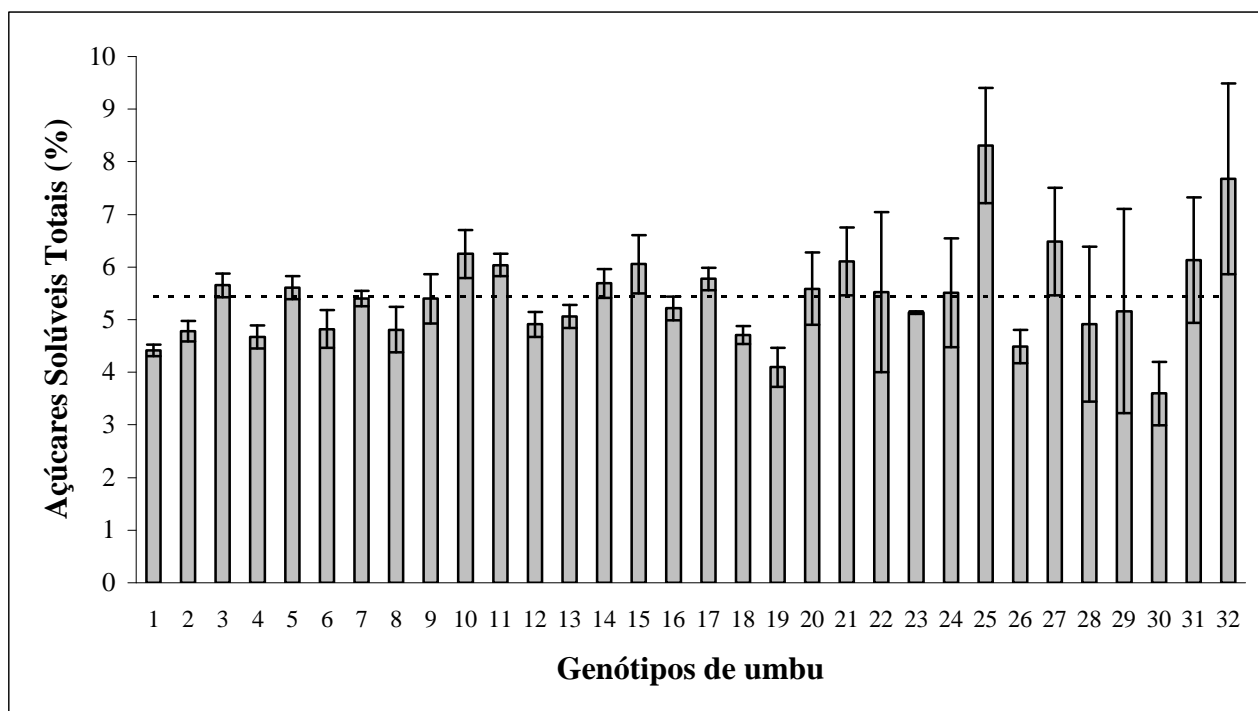


Figura 16 – Açúcares solúveis totais (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

No geral, são reportados na literatura valores mais elevados, num intervalo de 7,52 a 8,37% de açúcares solúveis totais (Souza e Catão, 1970; Bispo, 1989; Almeida, 1999; Lima *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2007).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de açúcares normalmente constitui 65 a 85% do teor de sólidos solúveis. Conforme os valores encontrados nesse trabalho, os teores de açúcares solúveis totais no umbu constituem, em média 56,67% dos sólidos solúveis, existindo aí grande amplitude entre os genótipos, sendo que para o genótipo 30 essa proporção foi de 36,73% e para o genótipo 32 foi de 75,81%.

Possivelmente essa amplitude no conteúdo de açúcares solúveis totais seja atribuída à variabilidade genética dos materiais.

4.2.6. Amido

Os valores dos teores de amido nos umbus apresentaram grande variação entre os diferentes genótipos, oscilando entre 0,76 %, no genótipo 19, a 2,5%, no genótipo 25, sendo que a média geral obtida foi de 1,59 % (Figura 17).

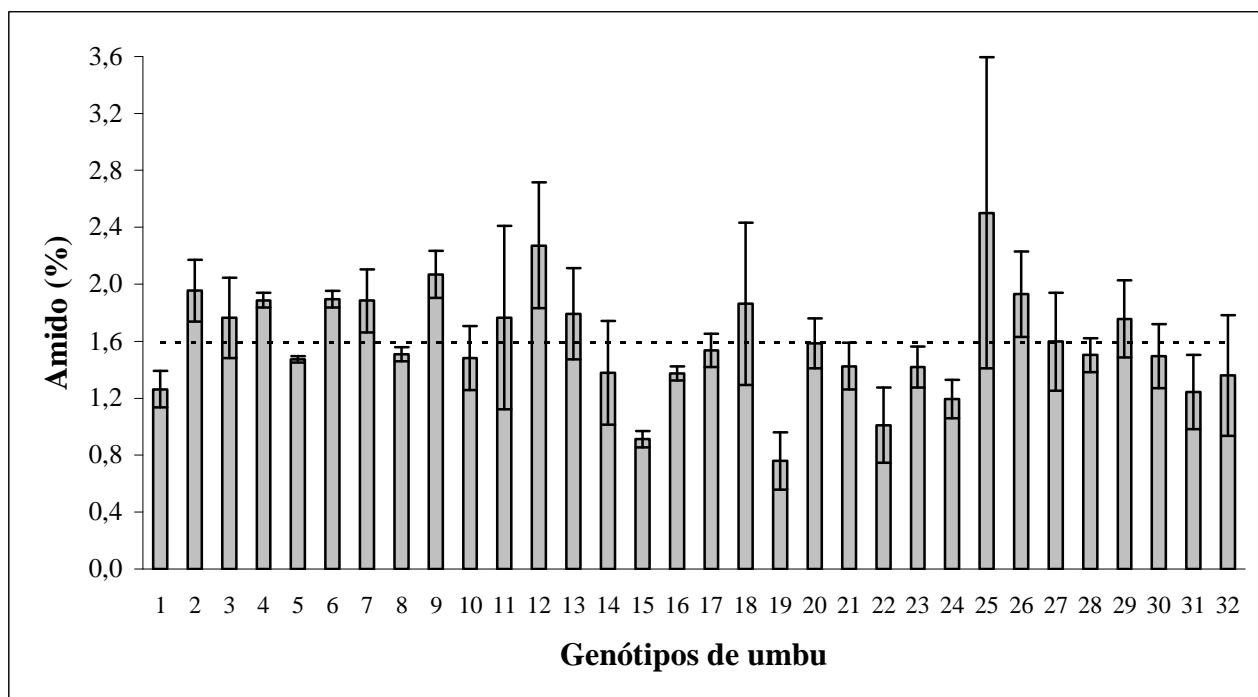


Figura 17 – Teor de amido (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Para as observações individuais, o menor valor observado foi de 0,59% e o maior valor, 3,42 %.

Martins e Melo (2008), reportam que para cajá pode haver o comprometimento do sabor pelo alto teor de amido. Nesse estudo, foram reportados teores de amido de 1,92%, para frutos predominantemente amarelos, e 0,52%, para frutos amarelos. Em ciriguela, esses autores observaram, mesmo no fruto maduro, conteúdo de amido elevado. Os conteúdos de amidos reportados para frutos verdes foram 9,13%; 2,61%, para frutos amarelados e 1,01%, para frutos maduros.

4.2.7. Pectina Solúvel e Pectina Total

Para o conteúdo de pectina solúvel, observou-se diferença de mais de 5 vezes entre o menor valor, representado pelo genótipo 17, e o maior valor, que foi representado pelo genótipo 20 (Figura 18).

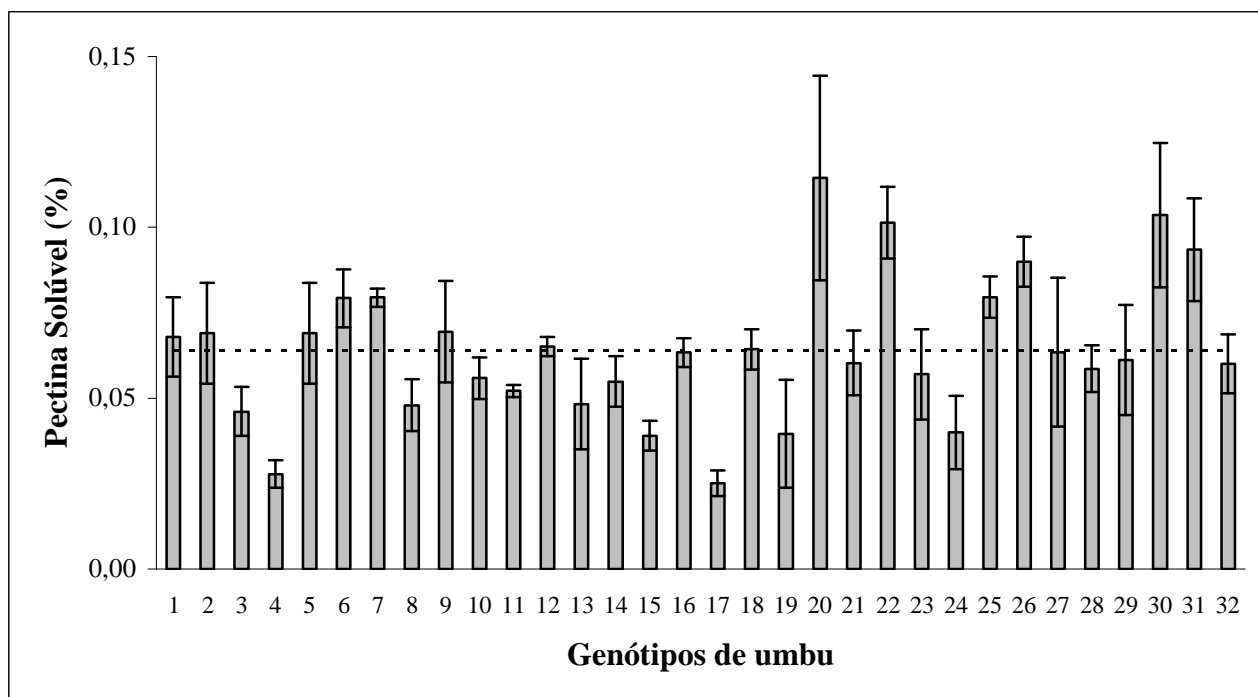


Figura 18 – Pectina solúvel (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

O percentual médio para este atributo foi de 0,06 %, sendo que 11 genótipos ficaram abaixo desse valor.

O baixo conteúdo de pectina solúvel deve-se provavelmente ao estágio de maturação em que foram colhidos os frutos. Pois como afirmam Chitarra e Chitarra (2005), com o avanço da maturação ocorre a conversão da pectina insolúvel em pectina solúvel, amolecendo e diminuindo a resistência dos frutos. Portanto, frutos com elevada percentagem de pectina solúvel são geralmente de textura fraca e pouco resistentes ao transporte e armazenamento (CARVALHO, 1994).

Nesse trabalho, em média a pectina solúvel em umbus, independente do genótipo, representou 9,23% da pectina total.

Para o conteúdo de pectina total, destacou-se o genótipo 32 com 1,03%, correspondendo a valor três vezes superior ao do genótipo 1, que com conteúdo de 0,3%, foi o que apresentou menor percentual dentre os 32 genótipos avaliados (Figura 19).

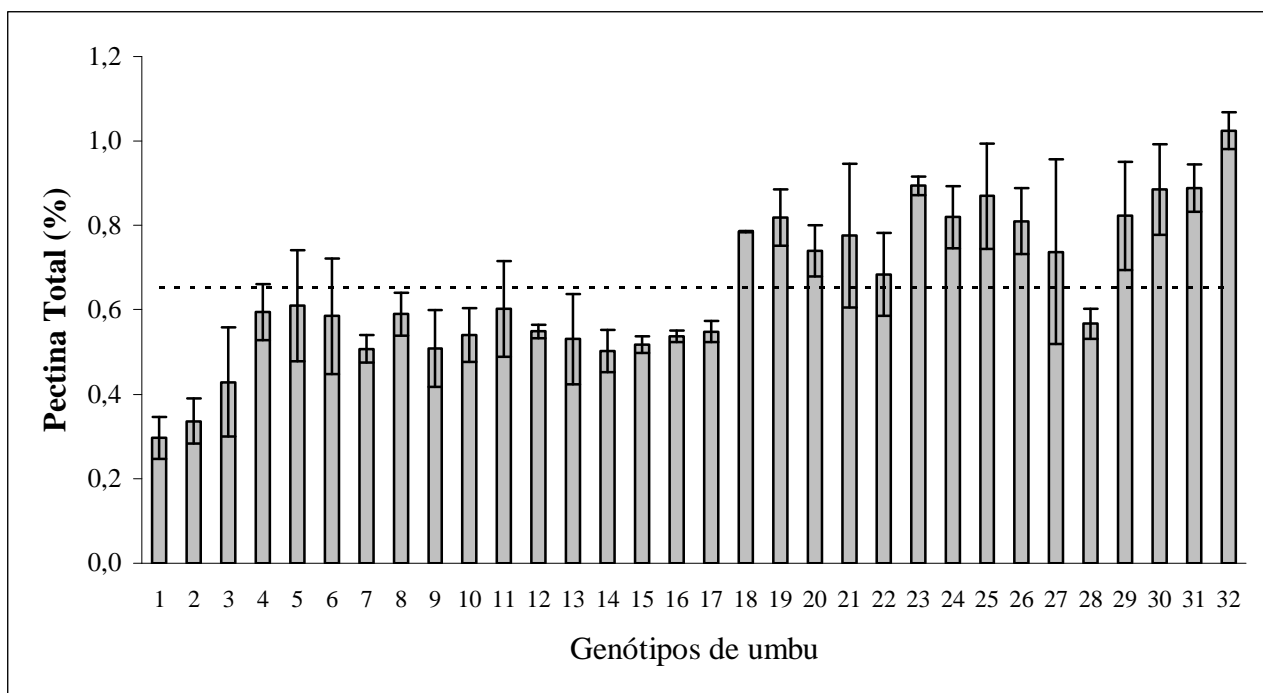


Figura 19 – Pectina total (%) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Para essa característica, independente dos genótipos, os umbus apresentaram em média 0,65% de pectina total, sendo observados valores individuais oscilando entre 0,24 e 1,07%. Essa característica, no entanto, apresentou coeficiente de variação de 28,94%.

Nesse sentido, pode-se afirmar que o umbu possui elevado teor de pectina total, uma vez que apresenta conteúdos intermediários aos frutos que são considerados ricos nessa substância, como por exemplo: groselha vermelha (0,58 %); amora (0,59 %); maçã (0,71 %) e uva (0,81 %) (PROCESSO DE GELEIFICAÇÃO EM ALIMENTOS, 2007).

4.2.8. Clorofila e Carotenóides Totais

O conteúdo médio de clorofila total nos diferentes genótipos variou entre 2,95 a 8,22 mg.100g⁻¹ de casca (Figura 20). A maior quantidade foi encontrada no genótipo 12 e a menor quantidade no genótipo 11.

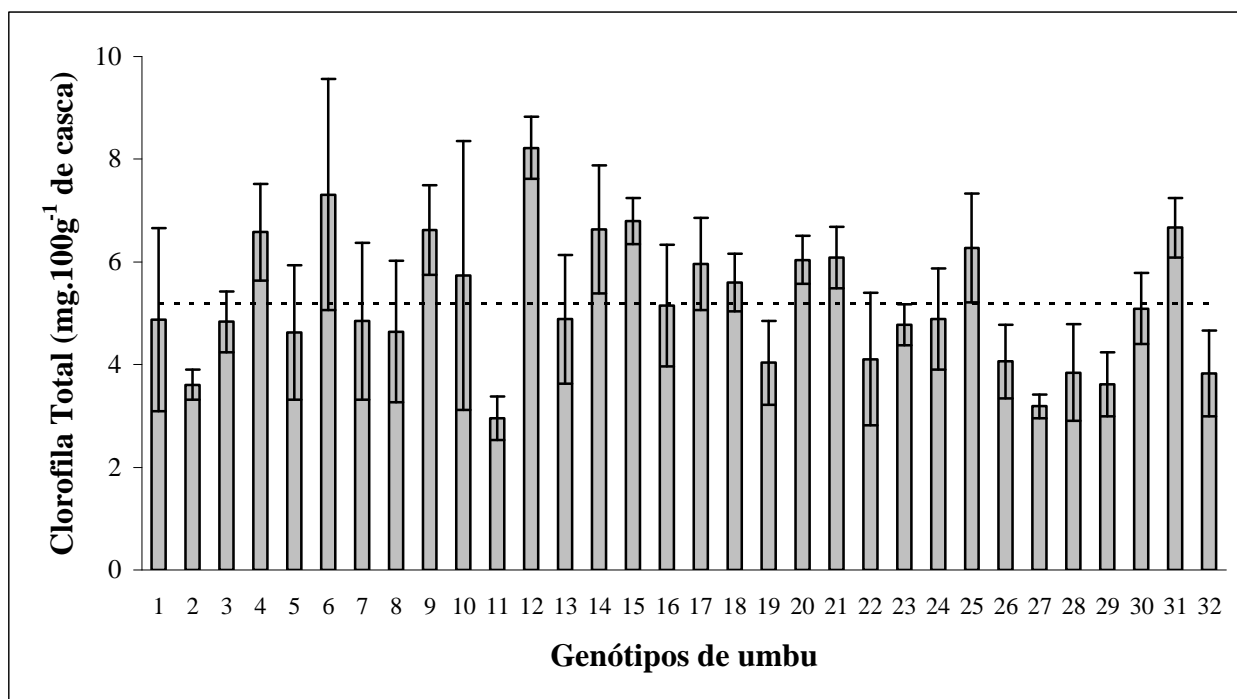


Figura 20 – Conteúdo de clorofila total (mg.100g^{-1} de casca) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Considerando que todos os genótipos foram colhidos aproximadamente em um mesmo estágio de maturação, pode-se atribuir grande parte dessa variação às características intrínsecas do potencial genético de cada um, ou seja, alguns genótipos apresentam coloração verde claro e outros um verde mais intenso.

A média para o teor de clorofila total foi de $5,2 \text{ mg.100g}^{-1}$ de casca. Para os valores individuais foi observado valor máximo de $8,22 \text{ mg.100g}^{-1}$ de casca e o mínimo de $2,95 \text{ mg.100g}^{-1}$ de casca.

Xavier (1999) afirma que, no umbu, os principais pigmentos são a clorofila e carotenóides conferindo-lhe uma cor verde-amarelada (estádio maduro) ou verde (estádio imaturo).

Entre todas as características estudadas nesse trabalho, os carotenóides apresentaram maior coeficiente de variação 48,89%. Na Figura 21, pode-se verificar que os conteúdos médios de carotenóides totais das amostras apresentaram grande variação entre os diferentes genótipos, oscilando entre o valor mínimo de $0,08 \text{ mg.100g}^{-1}$, para o genótipo 26, e valor máximo de $0,55$, para o genótipo 9.

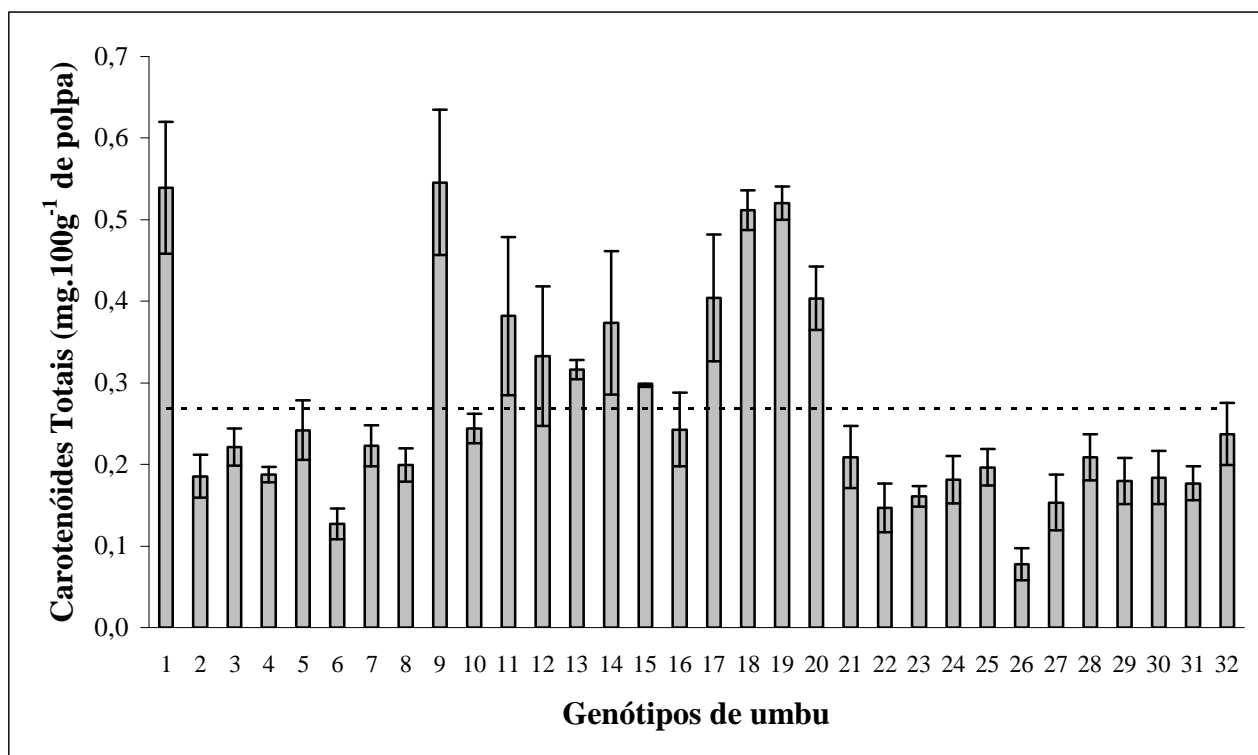


Figura 21 – Carotenóides totais (mg.100g⁻¹ de polpa) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Vinte e um dos 32 genótipos apresentaram-se com valores abaixo da média (0,27 mg.100g⁻¹), destacando os genótipos 1; 9; 18 e 19 com os maiores teores.

4.2.9. Flavonóides Amarelos

Pode-se verificar para a variável flavonóides amarelos, através da Figura 22, uma grande variação entre os diferentes genótipos, apresentando teor mínimo de 11,3 mg.100g⁻¹, para o genótipo 26, e máximo de 38,92 mg.100g⁻¹, para o genótipo 1, com média geral de 24,42 mg.100g⁻¹, com um coeficiente de variação de 32,08 %.

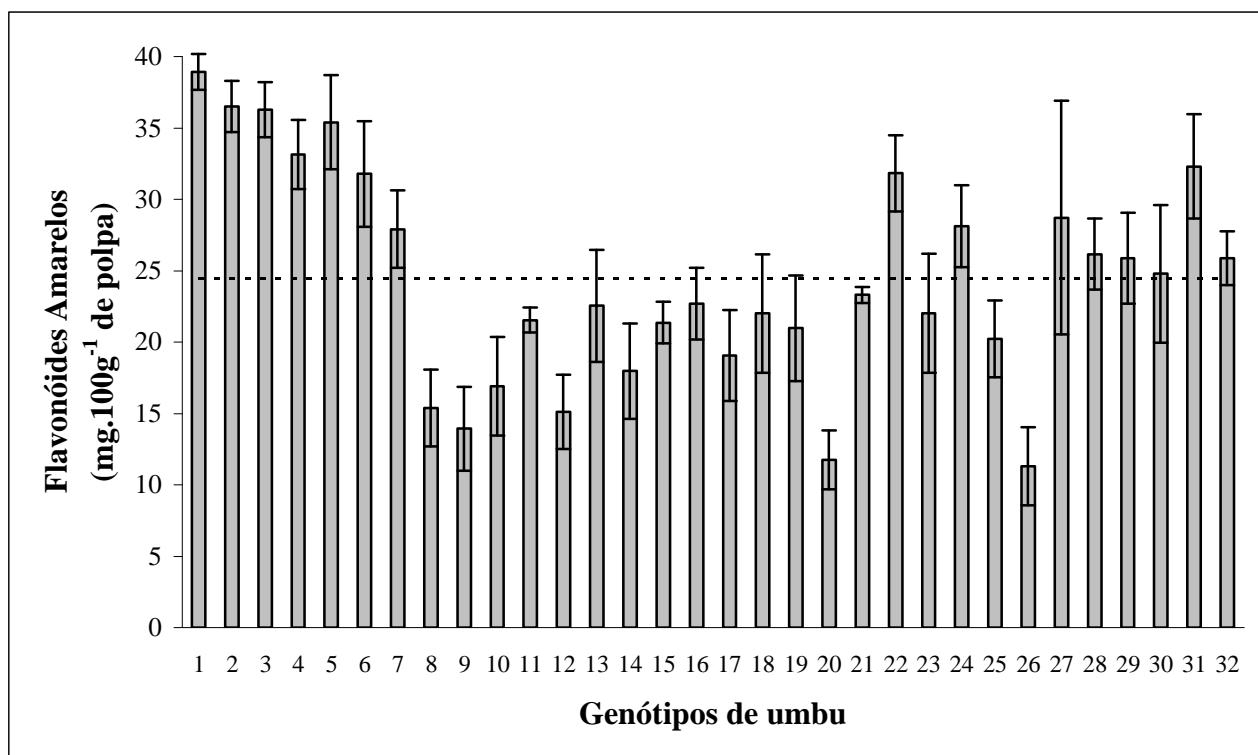


Figura 22 – Flavonóides amarelos (mg.100g⁻¹ de polpa) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Para os valores observados individualmente, o conteúdo de flavonóides amarelos variou de 9,47 a 40,22 mg.100g⁻¹ de polpa.

Lima et al. (2000) encontraram valores de flavonóides totais em seleções de acerola oscilando de 9,31 a 20,22 mg de quercetina/100g de polpa fresca. Sawa *et al.* (1999) fizeram referência à capacidade do extrato aquoso do broto de feijão-mungo em seqüestrar radicais livres, que aumentou em função do teor de flavonóides, demonstrando existir uma correlação positiva entre estes dois fatores, indicando que umbu pode provavelmente apresentar uma elevada capacidade de seqüestrar radicais livres.

4.2.10. Polifenóis Extraíveis Totais

Os polifenóis extraíveis totais oscilaram entre 21,26 mg.100g⁻¹, no genótipo 7, e 49,66, no genótipo 1, apresentando em média valor de 32,48 mg.100g⁻¹ (Figura 23).

Resultado superior foi encontrado por Sousa *et al.* (2007) que encontraram para umbu 44,6 mg.100g⁻¹. Ao mesmo tempo, esses autores reportaram que no umbu o conteúdo de fenólicos totais foi superior ao do sapoti e do abacaxi com 13,5 e 38,71

mg.100g⁻¹, respectivamente. Esse conteúdo foi, no entanto, menor do que no mamão, graviola e pinha com 53,2; 54,8 e 81,7 mg.100g⁻¹, respectivamente.

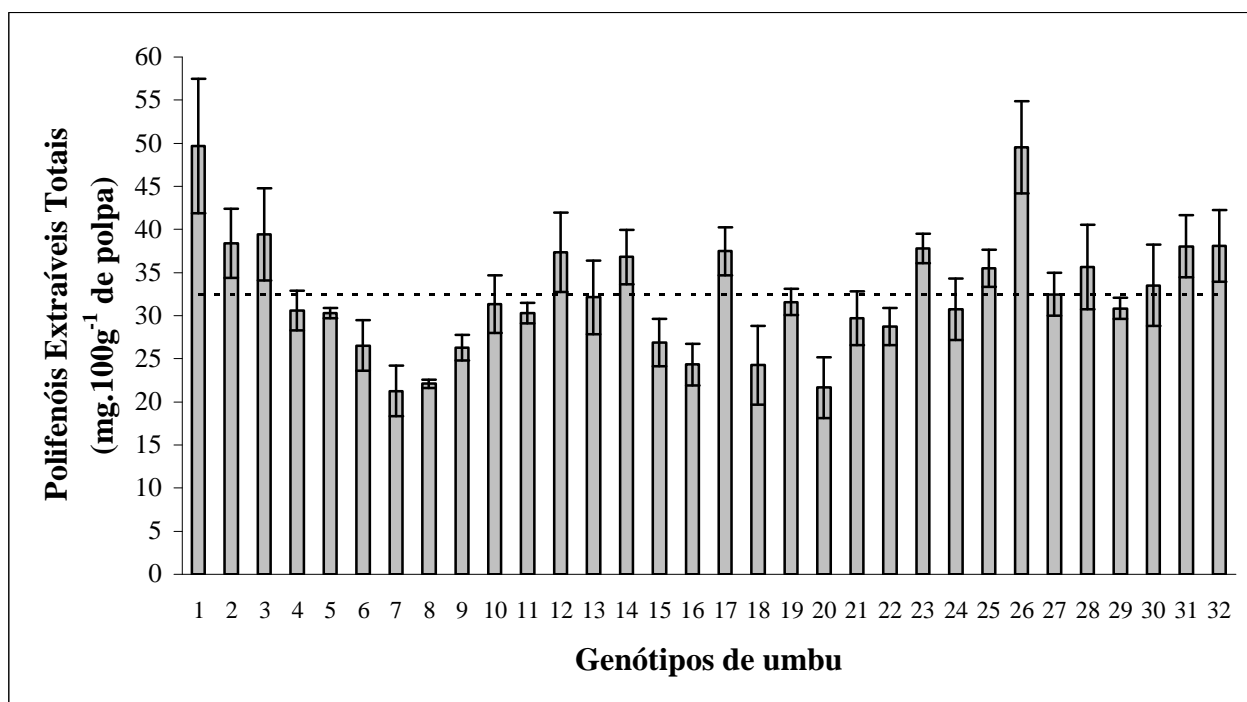


Figura 23 – Polifenóis Extraíveis Totais (mg.100g⁻¹ de polpa) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

Martins e Melo (2008) avaliando ciriguela, observaram que à medida que avançava o estágio de maturação, o conteúdo de fenólicos solúveis em metanol a 50% aumentava, sendo encontrados valores de 220 mg.100g⁻¹ em frutos verdes; 230 mg.100g⁻¹ em frutos amarelos; e 240 mg.100g⁻¹ em frutos maduros.

Esses mesmos autores observaram comportamento similar em cajá, verificando para frutos predominantemente amarelos 130 mg.100g⁻¹ e para frutos totalmente amarelos 140 mg.100g⁻¹ de fenólicos solúveis em metanol a 50%. Por sua vez, em pitanga roxa, Lima *et al.* (2002) encontraram em média 291 mg.100g⁻¹ de fenólicos totais.

4.2.11. Atividade Antioxidante

4.2.11.1. Método ABTS

Para a atividade antioxidante determinada pelo método ABTS, dos 32 genótipos avaliados, destacaram-se os correspondentes aos de números 1; 31 e 26 com 30,04; 28,63 e 26,14 μM de Trolox/g de polpa fresca, respectivamente (Figura 24).

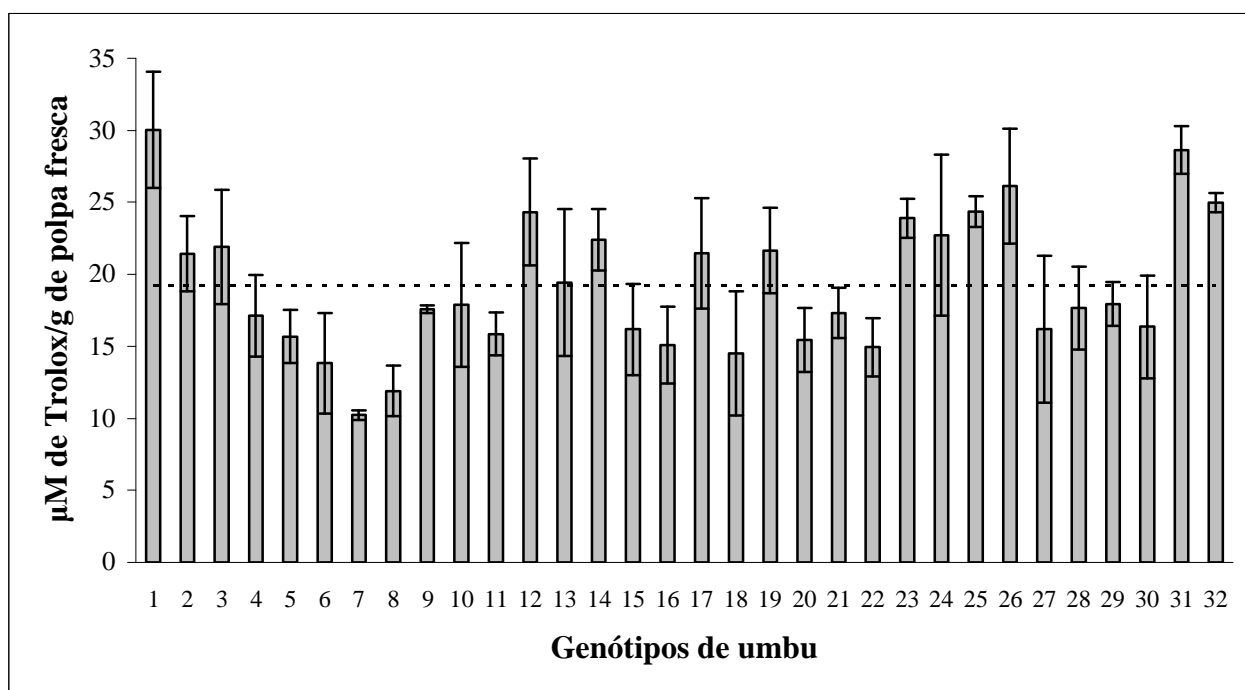


Figura 24 – Atividade antioxidante total (ABTS - μM de Trolox/g de polpa fresca) em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

As médias para essa característica variaram de 10,23 (genótipo 7) a 30,04 μM de Trolox/g de polpa fresca (genótipo 1), com média geral de 19,22 μM de Trolox/g de polpa fresca. Essa média é notadamente superior à reportada por Moura (2007) que, trabalhando com pedúnculos de cajuzeiro, observou média de 15,10 μM de Trolox/g de polpa fresca, com valores variando de 7,70 a 26,82 μM de Trolox/g de polpa fresca.

Santos (2007) encontrou pelo método ABTS valores de 10,21 a 52,47 μM de Trolox/g para a polpa de açaí e de 1,11 a 1,57 μM de Trolox/g para a polpa de cupuaçu. Nesse sentido, pode-se afirmar que o umbu possui atividade antioxidante intermediária entre as polpas do açaí, e atividade superior às polpas de cupuaçu.

Os genótipos de umbu que se destacaram pela atividade antioxidante (ABTS) nesse trabalho foram os mesmos que apresentaram maiores conteúdos de polifenóis extraíveis totais (PET), o que denota uma relação direta entre os PET e a atividade antioxidante total.

É interessante ressaltar que, ao se fazer um paralelo com outras frutas, como por exemplo, cajuí (Moura, 2007), caju (Abreu, 2007), açai e cupuaçu (Santos, 2007), o umbu apresenta boa capacidade antioxidante total. No entanto, com base nas avaliações químicas realizadas até o momento, não apresenta individualmente nenhum composto que, de maneira direta pudesse proporcionar essa característica. Sugere-se, portanto, um sinergismo entre alguns compostos nesse fruto que proporcione esse potencial.

4.2.11.2. Método Sistema β -caroteno/Ácido Linoléico

A Figura 25 mostra a curva cinética obtida através da diminuição da absorvância a 470 nm, medida durante 120 minutos, proveniente da descoloração do β -caroteno na presença dos extratos obtidos de diferentes genótipos de umbu (concentrações de 5 g.L⁻¹, 10 g.L⁻¹, 20 g.L⁻¹ e Trolox 200 mg.L⁻¹), devido à oxidação do β -caroteno e ácido linoléico. Observa-se rápida oxidação para a amostra controle, sem adição de extrato e antioxidante padrão, comportamento este diferente das amostras e do antioxidante Trolox.

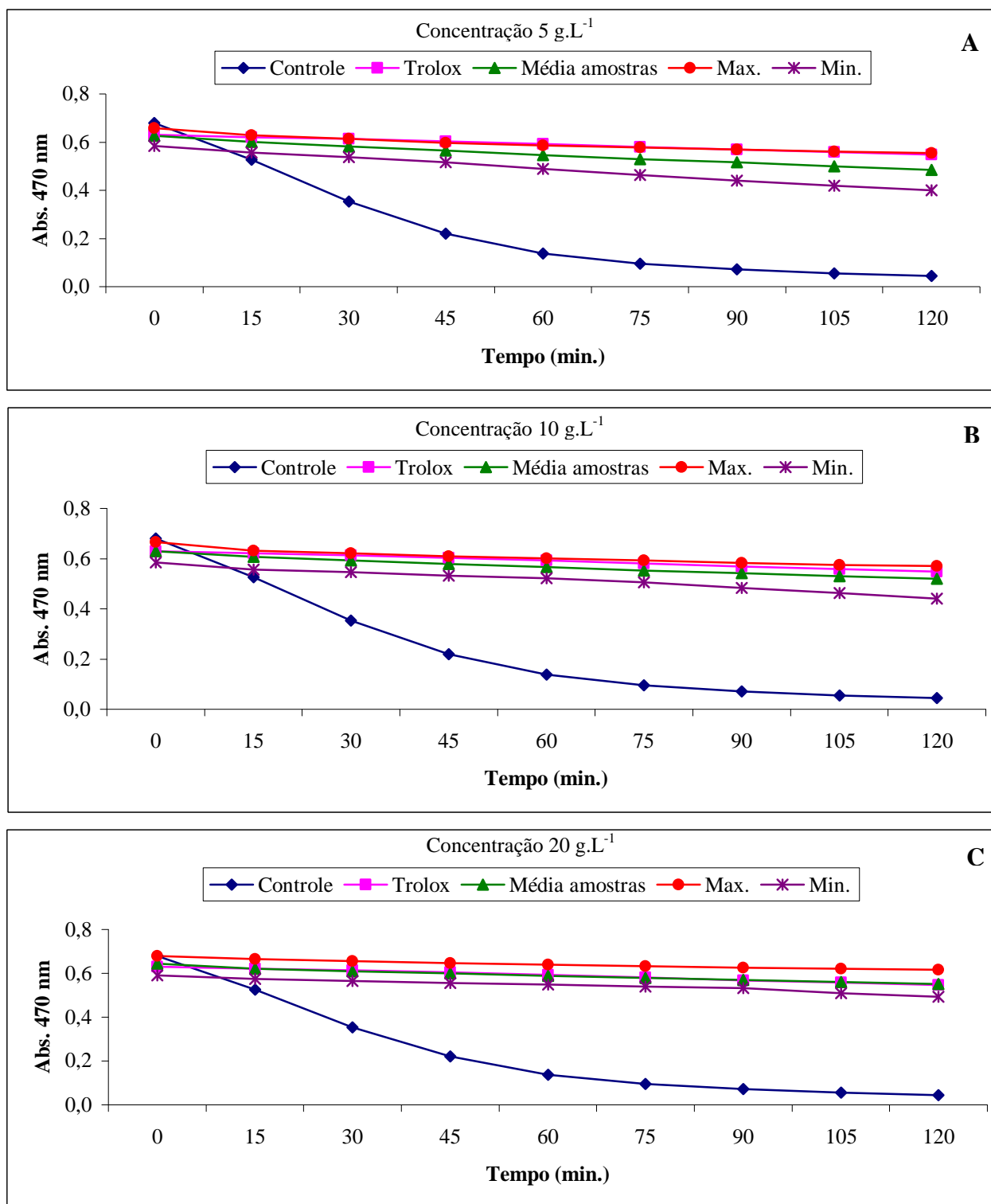


Figura 25 - Atividade antioxidante dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro a 5 g.L⁻¹ (A), 10 g.L⁻¹ (B) e 20 g.L⁻¹ (C) e Trolox 200 mg.L⁻¹, em função do tempo.

A partir dos dados obtidos, foi possível avaliar a atividade antioxidante dos extratos do umbu e calcular alguns parâmetros adicionais sobre a atividade antioxidante: coeficiente de atividade antioxidante, RTD e AOX.

4.2.11.2.1. Inibição da Oxidação

Verificou-se que a concentração dos extratos influencia no percentual de inibição da oxidação (% IO). Nesse sentido, quanto mais elevada for a concentração, teoricamente, será também maior o percentual de proteção. No entanto, curiosamente, também pode ser observado que alguns genótipos em concentrações inferiores apresentam maior inibição da oxidação (Figura 26).

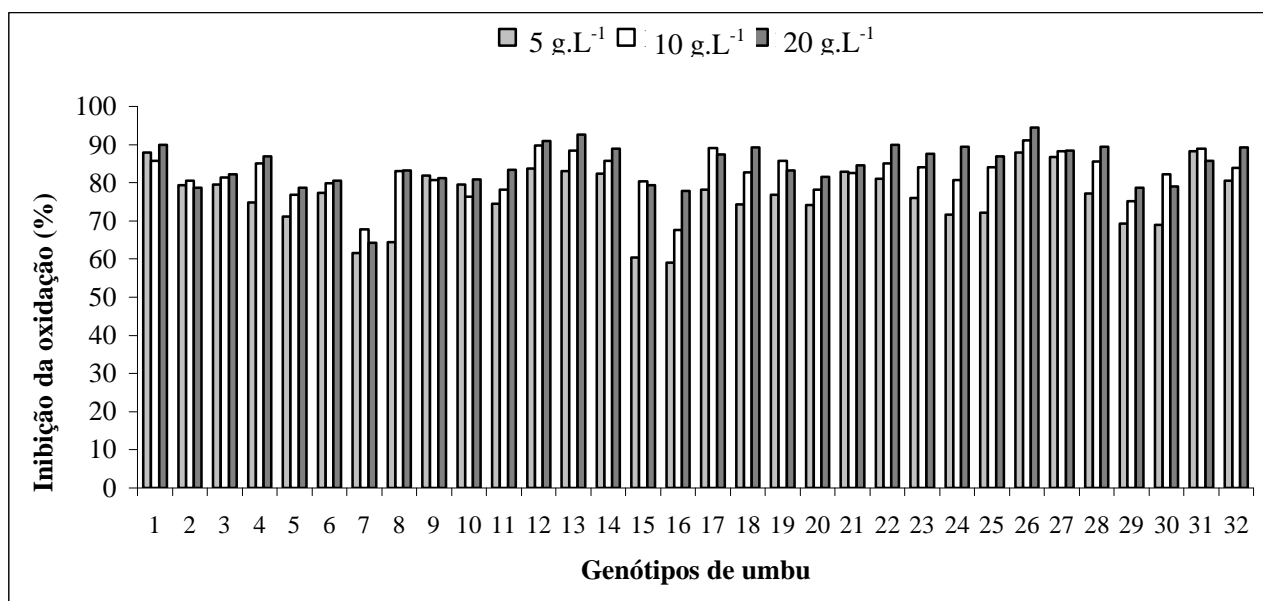


Figura 26 - Inibição da oxidação dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro, nas concentrações de 5; 10 e 20 g.L⁻¹.

Os genótipos 16 e 15 apresentaram os menores percentuais de inibição de oxidação, respectivamente 59,01 e 60,47 %, para a concentração de 5 g.L⁻¹. Por outro lado, nessa mesma concentração, destacaram-se os genótipos 26 e 31 com maior percentual de proteção.

Para a concentração de 10 g.L⁻¹, observou-se que existe variação de 67,56 a 91,08 %. Para os menores valores, com inibição da oxidação se observa os genótipos 16 e

7, com percentual de 67,56 % para o genótipo 16; e 67,80 % para o genótipo 7. Para os maiores valores de inibição da oxidação aparecem os 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 %, destacando-se os genótipos 26 e 13 que apresentaram percentagem de inibição de 94,52 e 92,58 %, respectivamente. Entre os valores de menor proteção, foram observados os genótipos 7 e 16, com 64,32 e 77,86 %, respectivamente.

Em todas as concentrações, o genótipo 26 está entre os dois genótipos que apresentam os maiores valores para inibição da oxidação e, portanto, com maior percentual de proteção. Observou-se também, que os genótipos que apresentaram alta inibição da oxidação, também apresentaram os mais elevados teores de polifenóis extraíveis totais, demonstrando que há correlação entre essas características.

De acordo com Moreira e Mancini-Filho (2004) os compostos fenólicos são antioxidantes primários que agem como seqüestradores de radicais livres e bloqueadores de reações em cadeia. Por outro lado, Hassimoto *et al.* (2005), trabalhando com diferentes frutas e polpas de frutas, com o método β -caroteno/ácido linoléico para avaliar a atividade antioxidante, observaram não haver correlação significativa entre a atividade antioxidante e a concentração de fenólicos.

Para a inibição da oxidação, os resultados encontrados neste estudo demonstraram que o umbu possui elevada atividade antioxidante, apresentando proteção média de 81,30 %, sendo esse valor, entretanto, inferior ao apresentado pelo Trolox (92,65%), padrão utilizado na avaliação.

4.2.11.2.2. Atividade antioxidante

Na Figura 27, observa-se que todos os genótipos apresentaram elevados valores para a atividade antioxidante. No entanto, destacam-se particularmente alguns genótipos, como o 26, 1 e 13, que apresentaram os maiores valores tanto nas diferentes concentrações da amostra, como nos diferentes tempos observados, em relação aos demais.

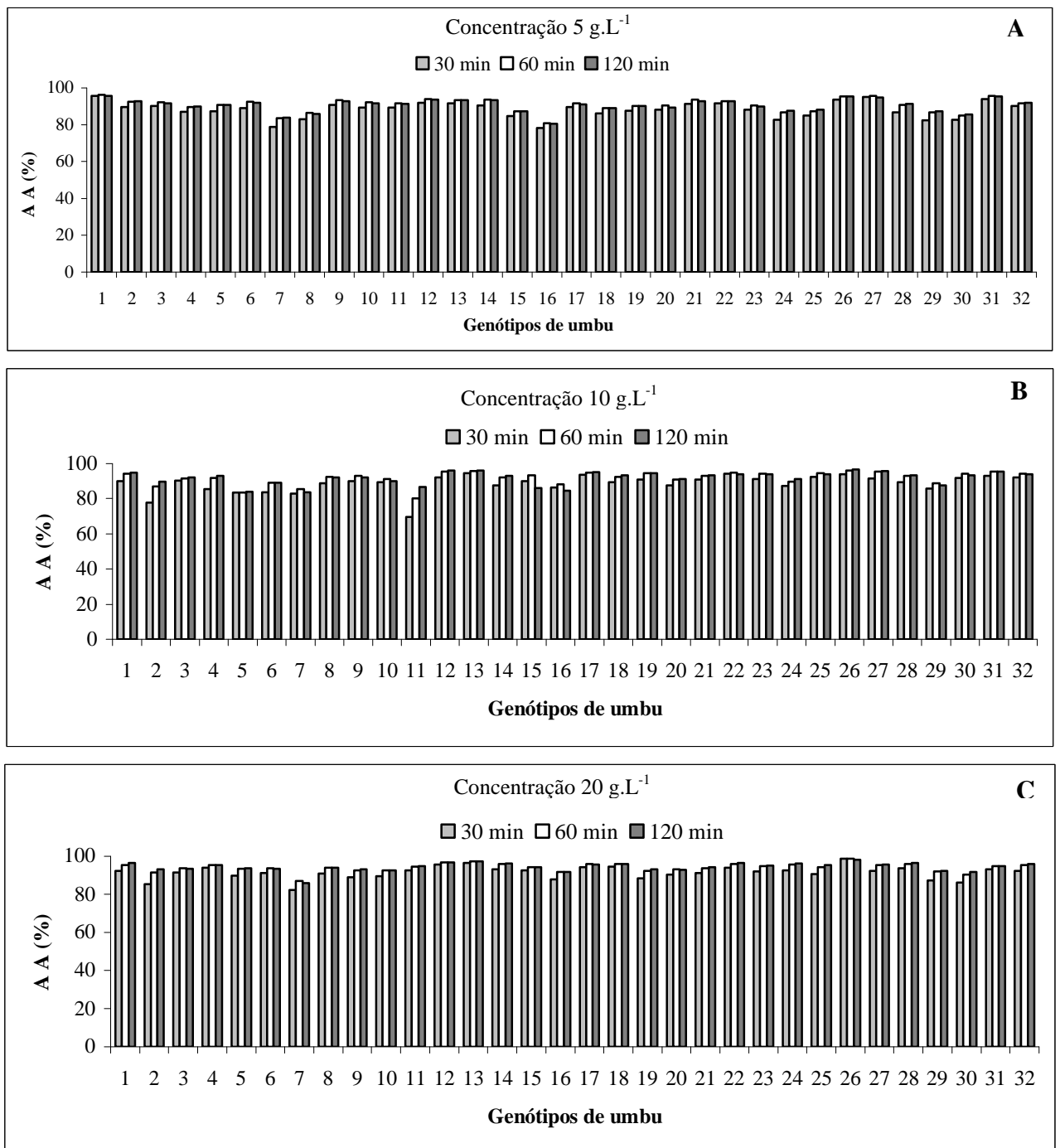


Figura 27 - Atividade Antioxidante (%) do extrato fenólico de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro na concentração de 5 g.L⁻¹ (A), concentração de 10 g.L⁻¹ (B), concentração de 20 g.L⁻¹ (C).

No geral, à medida que se aumentou o tempo, observou-se maior atividade antioxidante. Esse comportamento é explicado pelo fato da atividade antioxidante ser cumulativa.

O Trolox apresentou os seguintes resultados de atividades antioxidantes 95,90 % (t=30 min.), 97,20 % (t=60 min.) e 97,20 (t=120 min.), que foram ligeiramente superiores aos valores apresentados pelas amostras, nas quais, em média, foram observados os seguintes valores: 89,67 % (t=30 min.), 92,36 % (t=60 min.) e 92,32 (t=120 min.).

4.2.11.2.3. Coeficiente de Atividade Antioxidante

Para o coeficiente de atividade antioxidante, foi observado um valor médio de 765,12, com destaque para os genótipos 26, 1 e 17 (Figura 28). Nota-se que a concentração é fator de grande importância na avaliação da atividade antioxidante, pois os maiores valores de coeficiente dessa atividade são encontrados nas maiores concentrações da amostra, cujo coeficiente aumenta gradativamente, com o aumento da concentração.

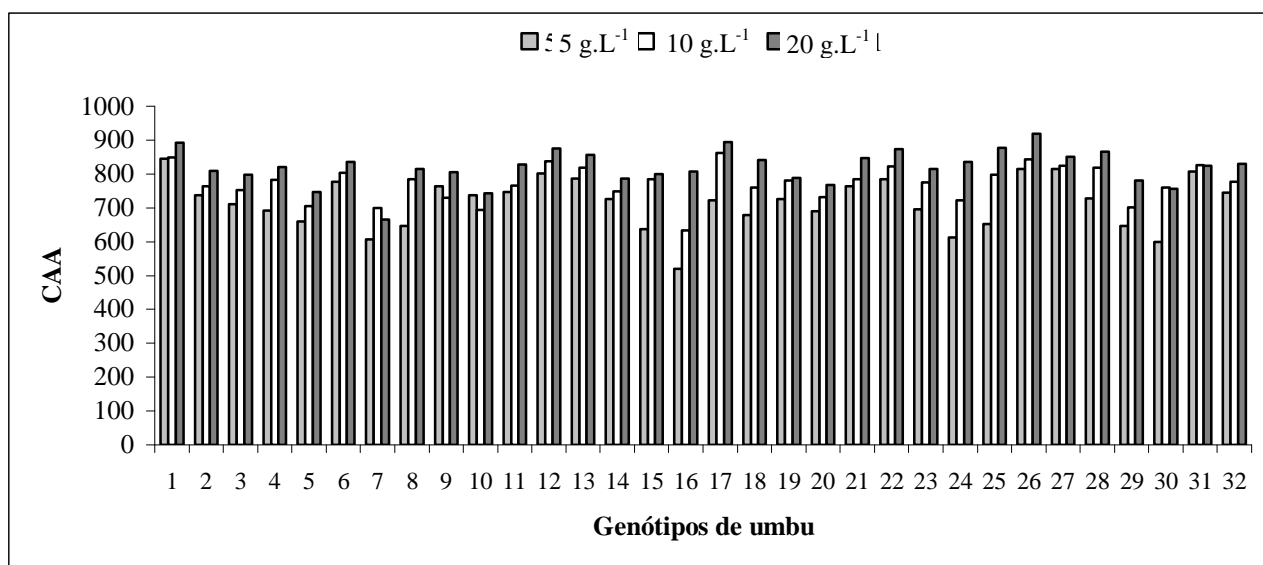


Figura 28 - Coeficiente de atividade antioxidante (CAA) para concentrações dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro.

A concentração de 5 g.L⁻¹ foi a que apresentou menores valores de CAA, com variação entre 574,55 e 822,68. Já a maior concentração (20 g.L⁻¹), apresentou os maiores valores, que oscilaram de 722,58 a 921,99.

Os valores médios dos coeficientes para os diferentes genótipos foram inferiores aos observados para o Trolox, que em média foi de 831,47, cujo valores observados para as amostras foram: 711,99 (5 g.L⁻¹); 765,77 (10 g.L⁻¹) e 817,59 (20 g.L⁻¹).

4.2.11.2.4. Razão da Taxa de Degradação (RTD)

A razão da taxa de degradação é baseada na relação da taxa de oxidação em diferentes tempos. Pode ser observado na Figura 29 que os menores valores de RTD foram associados às maiores concentrações de extrato de fenólicos. Conseqüentemente, pode-se inferir que quanto maior for a atividade antioxidante, menores serão os valores de RTD.

Os menores valores de RTD foram observados no genótipo 26, que apresentou um dos melhores valores para a atividade antioxidante, apresentando os seguintes valores médios: 0,049; 0,035 e 0,015 para as concentrações de 5 g.L⁻¹, 10 g.L⁻¹ e 20 g.L⁻¹, respectivamente. Por outro lado, o genótipo 7, apresentou menor capacidade antioxidante, e os maiores valores de RTD. Para as respectivas concentrações de 5 g.L⁻¹, 10 g.L⁻¹ e 20 g.L⁻¹, esse genótipo apresentou valores de 0,151; 0,142 e 0,122.

Observou-se, no entanto, que o comportamento dos genótipos nas diferentes concentrações é basicamente o mesmo, diminuindo o valor de RTD conforme a concentração da amostra aumenta.

Além de apresentar menores valores de RTD, a concentração de 20 g.L⁻¹ foi a que apresentou menor variação entre as progênies, oscilando entre 0,015 a 0,122, com média de 0,065. Esses baixos valores indicam elevada atividade antioxidante, estando de acordo com os resultados obtidos para a atividade antioxidante, onde os maiores valores foram observados para as concentrações mais elevadas.

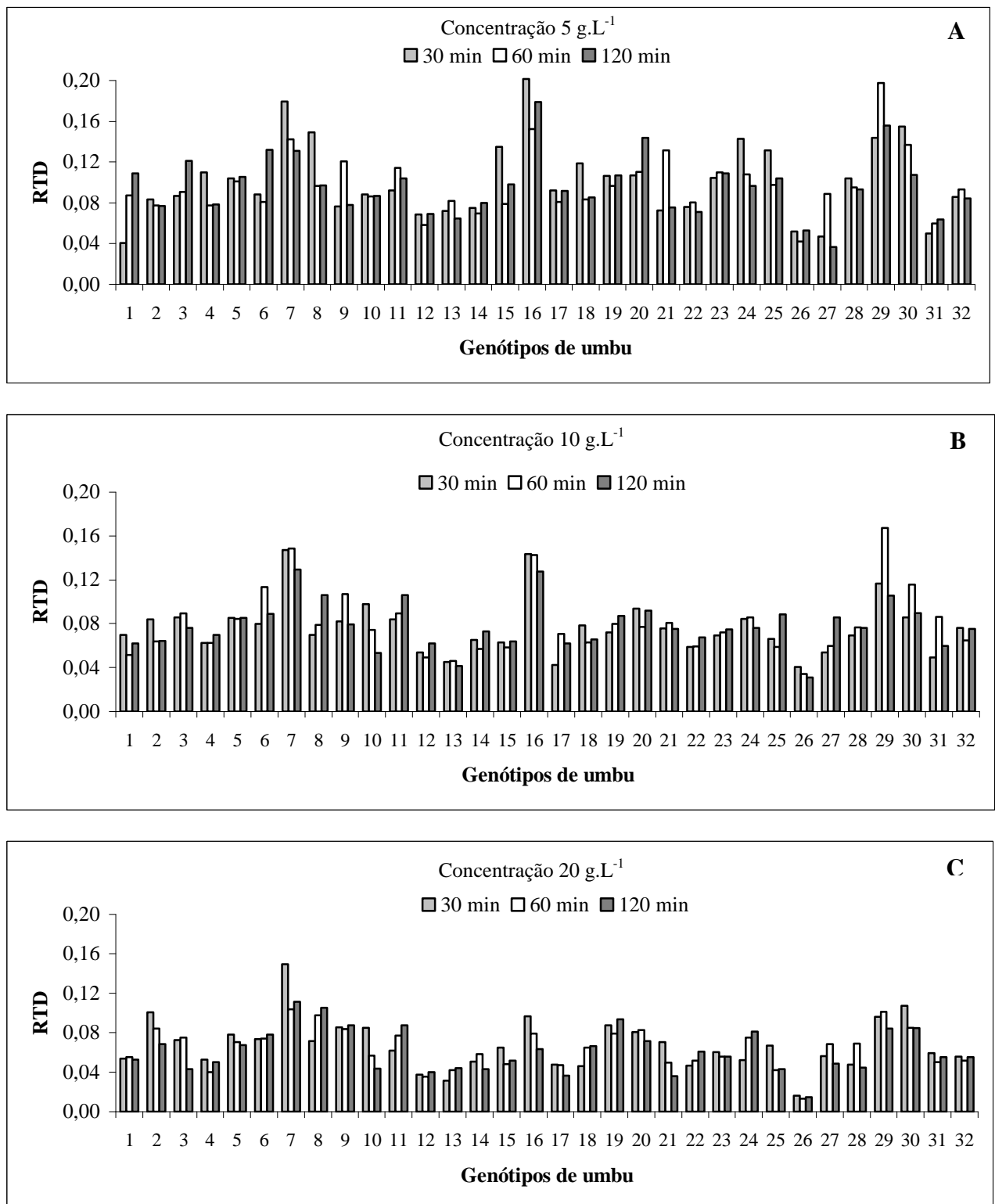


Figura 29 - Razão da taxa de degradação (RTD) dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro na concentração de 5 g.L⁻¹ (A), concentração de 10 g.L⁻¹ (B), concentração de 20 g.L⁻¹ (C), em diferentes tempos.

4.2.11.2.5. AOX

Observa-se na Figura 30 que os valores de AOX diminuem com o aumento das concentrações.

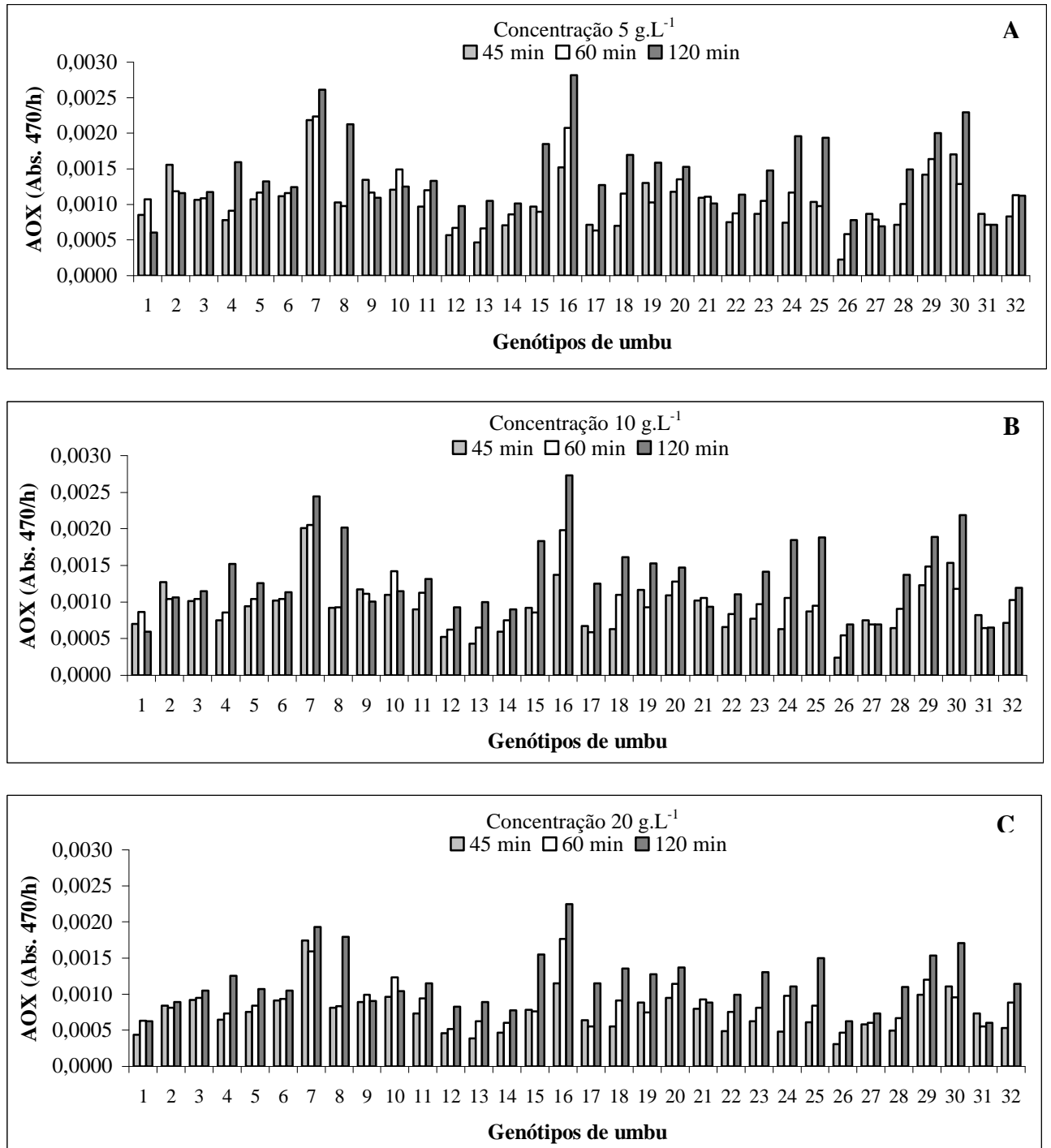


Figura 30. AOX dos extratos fenólicos de frutos de diferentes genótipos de umbu na concentração de 5 g.L⁻¹ (A), concentração de 10 g.L⁻¹ (B), concentração de 20 g.L⁻¹ (C).

Constatou-se decréscimo do valor de AOX à medida que se aumenta a concentração dos extratos fenólicos aumentou. Por outro lado, a AOX aumenta à medida que se aumenta o tempo, embora fosse esperado um decréscimo também desses valores com a evolução do tempo.

Em relação ao tempo, os valores médios observados foram os seguintes: 0,00084 A/h (t=0,75 h); 0,00102 A/h (t=1 h) e 0,00129 A/h (t=2 h). Dentre os 32 genótipos avaliados, destacaram-se o 16 e o 7 com os maiores valores de AOX, enquanto que para os menores valores aparece o genótipo 26. Nesse sentido, pode-se inferir uma relação inversa no valor de AOX e atividade antioxidante, pois esses genótipos apresentaram em média as menores e maiores atividades antioxidantes, respectivamente.

4.2.12. Correlações entre as Características Físico-Químicas

Houve correlação significativa entre os polifenóis extraíveis totais (PET), tanto com a Inibição da Oxidação (IO) como com a capacidade antioxidante (ABTS), ao nível de 1% de probabilidade, sendo essa correlação positiva em ambos os casos (Tabela 7). Essa correlação também foi reportada por Sousa *et al.* (2007) e Kuskoski *et al.* (2005).

Para Velioglu *et al.* (1998), a atividade antioxidante reportada para vários vegetais, incluindo frutos, folhas, sementes e plantas medicinais, estava correlacionada aos seus teores de compostos fenólicos totais. Esse fato também foi corroborado por Kähkönen *et al.* (1999), que afirmaram que os compostos fenólicos são responsáveis pela atividade antioxidante de diversos vegetais.

Tabela 7. Correlações fenotípicas entre as características físico-químicas avaliadas em frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro provenientes do município de Petrolina, PE.

	IO (Lin)	ABTS	CAR	CLOR	FLAV	PET	PECS	PECT	AST	AR	AMD	SS/AT	pH	AT
VITAC	0,14	0,14	** -0,47	-0,22	-0,02	0,13	0,3	*0,69	0,34	-0,18	-0,05	-0,32	*-0,38	*0,44
SS	-0,04	-0,04	0,06	*0,37	-0,25	-0,07	0,25	-0,12	**0,53	0,19	*0,43	0,33	0,08	0,1
AT	*0,36	0,22	-0,26	0,05	0,06	*0,39	0,23	0,08	-0,25	-0,01	-0,15	** -0,88	** -0,85	
pH	*-0,41	-0,33	0,12	0,08	-0,03	** -0,50	-0,14	-0,19	0,24	0,09	0,18	**0,81		
ST/AT	*-0,41	-0,31	0,25	0,06	-0,22	** -0,46	0,00	-0,08	*0,42	0,08	*0,35			
AMD	0,04	-0,03	-0,09	0,22	-0,17	0,04	0,13	-0,13	0,12	0,16				
AR	-0,20	*-0,39	-0,08	0,02	0,31	-0,22	0,25	-0,25	-0,06					
AST	0,03	0,14	-0,15	0,05	-0,06	-0,02	-0,05	0,27						
PECT	0,13	0,15	-0,29	-0,14	-0,22	-0,02	0,28							
PECS	-0,05	-0,06	-0,18	0,01	-0,05	-0,06								
PET	**0,69	**0,87	-0,08	-0,14	0,2									
FLAV	-0,06	0,09	-0,24	-0,24										
CLOR	0,10	0,08	0,18											
CAR	0,02	0,08												

** significativo a 1% e * significativo a 5%

VITC = Vitamina C; SS = Sólidos Solúveis; AT = Acidez Titulável; AMD = Amido; AR = Açúcares Redutores; AST = Açúcares Solúveis Totais; PECT = Pectina Total; PECS = Pectina Solúvel; PET = Polifenóis Extraíveis Totais; FLAV = Flavonóides Amarelos; CLOR = Clorofila Total; CAR = Carotenóides Totais; IO (Lin) = Inibição da oxidação (β -caroteno/ácido linoléico); ABTS = Capacidade antioxidante (ABTS).

Foi verificada também correlação significativa negativa entre os teores de vitamina C e os de carotenóides totais e o pH, indicando que ambos influenciam o teor desta vitamina. De acordo com Kays (1997), a degradação da vitamina C pode estar associada aos processos oxidativos inerentes ao amadurecimento. Paralelamente, é durante o amadurecimento que os carotenóides vão sendo sintetizados ou evidenciados. Logo, pode-se inferir que o teor de vitamina C decresce à medida que a maturação avança e que este decréscimo coincide com o acréscimo no conteúdo dos carotenóides totais. Pelos níveis de significância estimados, observou-se que a influência dos carotenóides totais é maior do que a influência do pH para o conteúdo de vitamina C nos frutos.

As maiores correlações foram observadas entre a AT tanto com SS/AT quanto com o pH. Tendo em vista que a AT é o denominador da relação SS/AT, se este diminui o valor da relação SS/AT aumenta. Ambas as relações são proporcionais, ou seja, à medida que AT for maior, muito provavelmente a relação SS/AT será menor, e o mesmo poderá acontecer com o pH, pois foi visto que este é inversamente proporcional à AT nos frutos de umbuzeiro.

Houve correlações positivas significativas entre os teores de SS tanto com a clorofila como com teor de amido (5% de significância) e com os açúcares solúveis totais (1% de significância). No caso da clorofila e dos açúcares solúveis totais, estes fazem parte dos sólidos solúveis, tendo a clorofila uma participação expressivamente menor que dos açúcares solúveis totais, onde estes de acordo com Bueno *et al.* (2002) perfazem mais de 50% dos SS em umbu. Com relação ao conteúdo de amido, segundo Chitarra e Chitarra (2005), os SS têm tendência de aumento com a maturação. Este acréscimo é atribuído, principalmente, à hidrólise de carboidratos de reserva acumulados durante o desenvolvimento do fruto na planta, resultando na produção de açúcares solúveis totais (KAYS, 1997).

4.2.13. Repetibilidade para as Características Físico-Químicas

Os coeficientes de repetibilidade estimados foram baixos para amido (0,49); açúcares solúveis totais (0,54) e clorofila (0,52). Essas estimativas indicam irregularidades na repetição do caráter, ou seja, supostamente essas características são muito influenciadas pelo ambiente. E isso é confirmado pelos altos valores da variância residual (dentro de plantas), quando comparados aos valores da variância genética (entre plantas). Nota-se para essas características, que as estimativas do número de avaliações necessárias para serem obtidos valores de predição do valor real da população com confiança de 95% aumentam, sendo necessárias 19; 16 e 18 observações para o amido, AST e clorofila, respectivamente (Tabela 8).

Ao mesmo tempo, estas estimativas apresentaram alto coeficiente de determinação, o qual variou de 85,87% (Capacidade Antioxidante, ABTS) a 98,27% (AT).

Adicionalmente, como era esperado, observou-se que são necessárias mais medições, para um mesmo nível de certeza, quanto menor for o valor estimado do coeficiente de repetibilidade e, vice-versa.

Tabela 8. Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade, coeficiente de determinação (R^2) e do número de medições necessárias para obtenção dos níveis de certeza de 95 e 99%, para as características físico-químicas dos frutos de genótipos do umbuzeiro.

Parâmetros*	Variância Residual (dentro de plantas)	Variância Genética (entre plantas)	Coeficiente de Repetibilidade	Coeficiente de Determinação (R^2)	Número [#] de medições para R^2	
					0,95	0,99
VITAC	24,730	58,231	0,71	88,07	8	40
SS	0,095	0,748	0,90	96,24	2	12
AT	0,004	0,076	0,95	98,27	1	5
pH	0,001	0,019	0,93	97,62	1	7
SS/AT	0,215	3,346	0,95	98,11	1	6
AMD	0,108	0,105	0,49	74,52	19	102
AR	0,067	0,602	0,91	96,63	2	10
AST	0,606	0,680	0,54	77,62	16	85
PECT	0,008	0,028	0,78	91,49	5	28
PECS	0,001	0,002	0,72	88,27	8	39
PET	12,421	43,610	0,80	92,14	5	25
FLAV	10,413	52,061	0,88	95,73	3	13
CLOR	1,188	1,250	0,52	76,44	18	92
CAR	0,002	0,016	0,89	95,98	2	12
ABST	9,535	19,693	0,67	85,87	9	49

[#]/ valores absolutos.

VITC = Vitamina C; SS = Sólidos Solúveis; AT = Acidez Titulável; AMD = Amido; AR = Açúcares Redutores; AST = Açúcares Solúveis Totais; PECT = Pectina Total; PECS = Pectina Solúvel; PET = Polifenóis Extraíveis Totais; FLAV = Flavonóides Amarelos; CLOR = Clorofila Total; CAR = Carotenóides Totais; ABTS = Capacidade antioxidante (ABTS).

4.2.14. Análises Multivariadas para as Características Físico-Químicas

A análise de agrupamento feita por meio da otimização de Tocher, com base na distância Euclidiana média, permitiu a formação de sete grupos, sendo que o grupo 1 é composto por vinte e três genótipos; os grupos 2, 3 e 4 por dois genótipos; e os grupos 5, 6 e 7 por um genótipo (Tabela 9).

Tabela 9. Grupos de plantas com base na análise de agrupamento feito por meio da otimização de Tocher, a partir das características físico-químicas avaliadas.

Grupo	Indivíduos															
1	23	24	29	21	27	28	13	14	17	3	10	15	4	16	2	8
	11	18	7	9	6	5	31									
2	22	30														
3	12	26														
4	25	32														
5	20															
6	19															
7	1															

A dispersão gráfica da análise de componentes principais (Figura 25), envolvendo os dois principais componentes, os quais respondem por 81,33% da variação total entre os genótipos, foi totalmente coerente com a formação de grupos (Tabela 7).

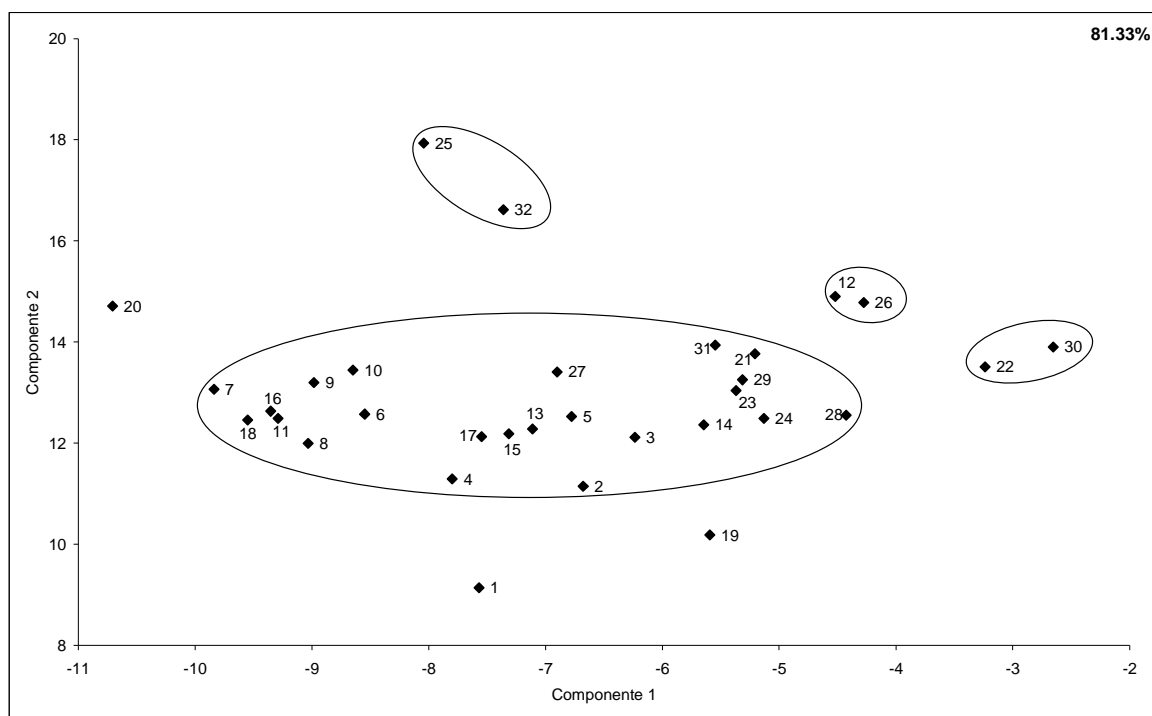


Figura 31. Visualização gráfica da análise de Componentes Principais com a variação total explicada (canto superior esquerdo), ilustrada com a formação de grupos da Tabela 9 (método de Tocher).

Segundo Benin *et al.* (2003), a quantificação da dissimilaridade genética é um dos mais importantes parâmetros estimados pelos melhoristas de plantas, principalmente quando o objetivo for a identificação de populações de ampla variabilidade genética.

Conforme a análise de Componentes Principais as características físico-químicas de menor importância para a divergência genética dos genótipos foram: vitamina C, Sólidos Solúveis, Acidez Titulável, Relação SS/AT, Teor de Amido, Açúcares Redutores, Pectina Solúvel, Flavanóides Amarelos, Clorofila, ABTS. Por sua vez, pH, Açúcares Solúveis Totais, Pectina Total, Polifenóis Extraíveis Totais e Carotenóides foram as características mais importantes para a diferenciação dos genótipos de umbuzeiros avaliados.

Adicionalmente, o dendograma de dissimilaridade dos genótipos (Figura 32), construído com base no método do Vizinjo mais Próximo, confirmou os resultados alcançados tanto pela Otimização de Tocher quanto pelos Componentes Principais, para todos os genótipos avaliados.

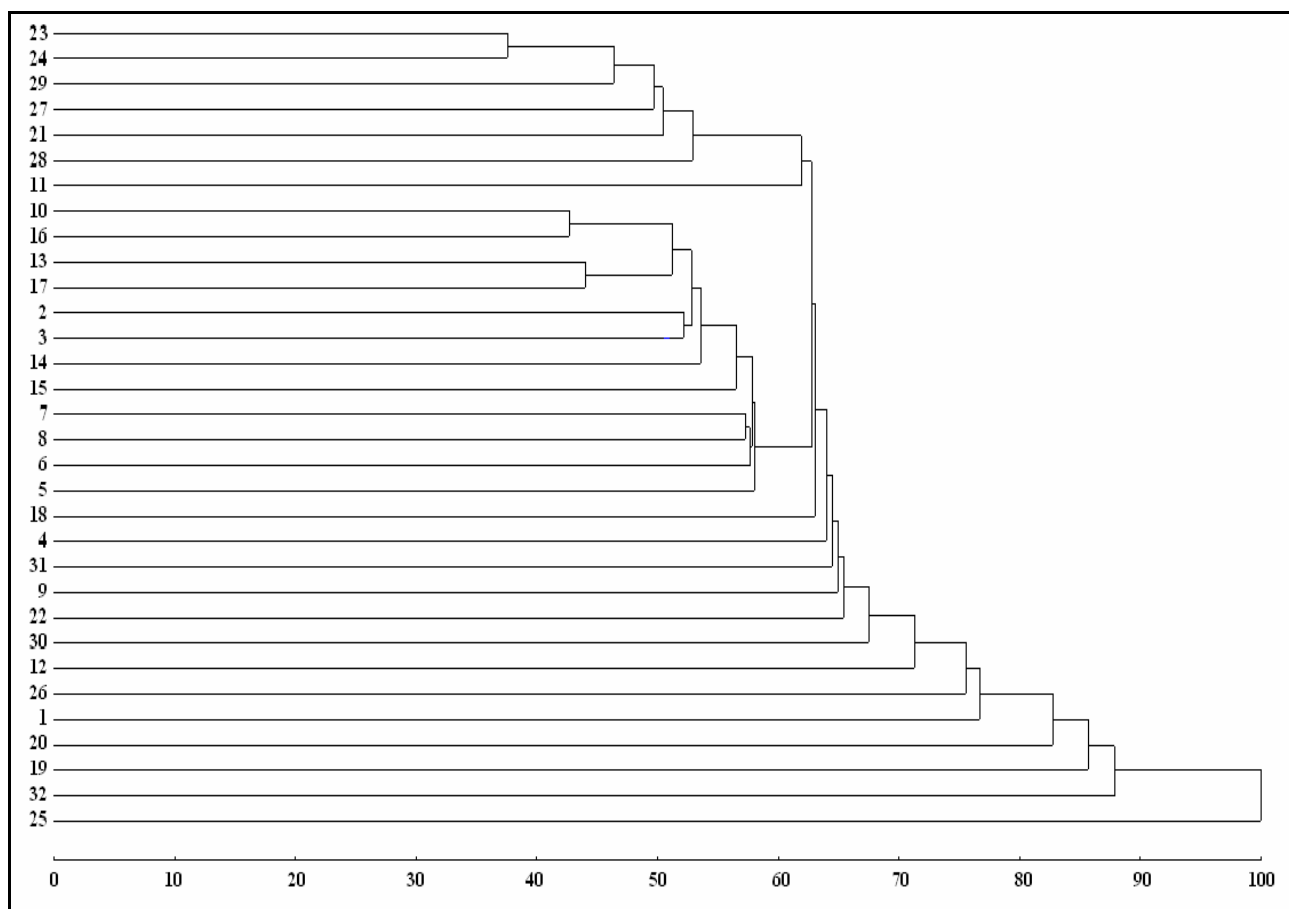


Figura 32. Dendrograma de dissimilaridade dos genótipos de umbuzeiro por meio do método de agrupamento do vizinho mais próximo.

5. CONCLUSÕES

- Existe entre os genótipos avaliados grande variabilidade, a qual foi confirmada pela alta variância genética;
- Para consumo in natura e/ou processamento se destacam os genótipos 10; 11 e 25, por apresentarem alta percentagem de polpa, pequena percentagem de casca e alta relação SS/AT;
- Independentemente do genótipo avaliado, o umbu é um fruto relativamente rico em vitamina C, com conteúdo superior a $50 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa, e outras substâncias biologicamente ativas como clorofila, carotenóides e flavonóides, além de outros compostos fenólicos, podendo contribuir para uma dieta saudável;
- A análise de repetibilidade realizada indica que para as características físicas são necessárias um número bem menor de observações, do que foi utilizado, para um maior nível de certeza, quando comparado às características físico-químicas;
- Pelo método ABTS, o umbu apresenta boa capacidade antioxidante, variando entre 10,23 a 30,04 μM de Trolox/g de polpa fresca;
- O umbu pode ser considerado um fruto com muito bom potencial antioxidante natural com atividade de proteção ou de inibição da oxidação de 87,74%, quando comparado ao antioxidante sintético Trolox;
- Os genótipos 26 e 12 com 91,59 e 88,12 % de inibição da oxidação respectivamente, destacam-se como fontes promissoras de antioxidantes naturais, com capacidade antioxidante bem próxima a que foi apresentada pelo Trolox (92,65%).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ACKER, S. A. B. E. V.; BERG, D. J. V. B.; TROMP, M. N. J. L.; GRIFFIOEN, D. H.; BENNEKOM, W. P. V.; VIJGH, W. J. F. V. D. BAST, A. Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. **Free Radical Biology and Medicine**, Orlando, v.20, n.3, p.331-342, 1996.

ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. **Aspecto da ciência e tecnologia de alimentos**. Ed. UFPB, v.1, João Pessoa, 198p. 2002.

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, J. R.; VALSECHI, O. **Guia de composição de frutas**. Piracicaba. Instituto Zimotécnico, ESALQ-USP, 1966. (Boletim, 21).

AL-SAIKHAN, M. S.; HOWARD, L. R.; MILLER, J. C., JR. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum*, L.). **Journal of Food Science.**, v. 60, n. 2, p. 341-343, 1995.

ALVES, R. E; BRITO, E. S.; RUFINO, M. do S. M. Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRRJ. p. 133-141. 2006.

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

ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F. Substituição de copa do umbuzeiro por algumas espécies do gênero *Spondias*. XXVIII Reunião Nordestina de Botânica, Petrolina, **Resumos...** 2004.

ARORA, A., MURALEEDHARAN, G.N., STRASBURG, G.M. Structure-activity relationships for antioxidant activities of a series of flavonoids in a liposomal system. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v.24, n.9, p.1355-1363, 1998.

ARRIOLA, M. C. de; CALZADA, J. F. de; MENCHU, J. F.; ROLZ, C.; GARCIA, R.; CABRE, R. A. S de. Papaya. In: **Tropical and Subtropical Fruits**. Wesport: AVI, p. 316-340. 1980.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A. J.; SILVA, J. A. G.; CRUZ, P. J.. HARTWIG, I.; SCHMIDT, D. A. M. Comparações entre medidas de dissimilaridade e estatísticas multivariadas como critérios no direcionamento de hibridações em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.657-662, 2003.

BISPO, E. S. **Estudos de produtos industrializáveis do umbu (*Spondias tuberosa*)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 119 f, 1989.

BLEINROTH, E. W. Matéria-prima. In: MEDINA, J. C. **Frutos tropicais, manga**. São Paulo: ITAL, 1981. p.243-292.

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

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 160f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2006.

BRASIL, I. M.; GUIMARÃES, A. C. L. Química e bioquímica do processamento. In: **Curso de Processamento de Sucos e Polpas Tropicais**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS, 1998.

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.

BRESSIANI, J. A. Herdabilidade e repetibilidade na cultura da cana-de-açúcar. 1993. 66f. **Dissertação** (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, Elmsford, v.2, p.241-249, 1963.

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.

CAMPOS, C. O. **Industrialização caseira do umbu**: uma nova perspectiva para o semi-árido. Salvador: EBDA, 1994. 13 p. (EBDA. Circular Técnica, 02).

CARVALHO, V. D. de Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p. 48-54, 1994.

CAVALCANTI, J. J. V.; PAIVA, J. R. de; BARROS, L. de M.; CRISOSTOMO, J. R.; CORREA, M. P. F. **Repetibilidade e número de avaliações necessárias à seleção de clones de cajueiro-anão-precoce**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1999. 12p. (Boletim de Pesquisa, 23)

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, 2000.

CAVALCANTI N. de B.; RESENDE, G. M.; DRUMOND, M. A. CONSUMO DE FRUTOS DO IMBUZEIRO (*Spondias tuberosa*) PELOS CAPRINOS NA CAATINGA.

In: V Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, SAFs: Desenvolvimento com Proteção Ambiental. **Resumos...** Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais –SBSAF, 2004. EMBRAPA - Curitiba, PR. 2004.

CAVALCANTI, N. de B.; SANTOS, C. A. F.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. de. Avaliação sensorial de xilopódios do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Lavras. **Resumos...** Lavras -MG: UFLA, 1998. p. 724.

CEREDA, M. P.; FRANCO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido.** Campinas: Fundação Cargill, v.1, 224p. 2001.

CHAVES, J. B. P. **Noções de microbiologia e conservação de alimentos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 113 p.

CHEUNG, L. M.; CHEUNG, P. C. K.; OOI, V. E. C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. **Food Chemistry.** 80(2), 249-255, 2003.

CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia de pós-colheita para frutas tropicais.** Fortaleza: FRUTAL – SINDIFRUTA, 2001.

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

CORNACCHIA, G. C.; CRUZ, C. D.; PIRES, I. E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz e Perry e *Pinus caribae* var. hondurensis Barret e Golfari. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 19, n.3, p. 333-345, 1995.

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; 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, 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.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1994. 390p.

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, S. A.; CAVALCANTI, M. B. A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro. I CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, **Resumos...** Associação Norte-Nordeste de Química. Natal, UFRN, 2007.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. Escola Superior de Agricultura de Mossoró. 3.ed. Mossoró, RN. 1980. 316p.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina, v.3, n.1, p.39-45, 1991.

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

ESPÍN, J. C.; SOLER-RIVAS, C.; WICHERS, H. J.; GARCÍA-VIGUERA, C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.48, p.1588-1592, 2000.

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.

FERREIRA, R. P.; BOTREL, M. A.; PEREIRA, A. V.; CRUZ, C. D. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p.995-1002, 1999.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, S. S.; ROCHA, A. S.; LIMA, R. R. Aproveitamento Industrial do Umbu: Processamento de Geléia e Compota. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.27, n.6, p.1308-1314, nov./dez., 2003.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed). **Anthocyanins as food colors**. New york: Academic Press, p.181-207, 1982.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; SILVA, R. N. G. da. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p.73-80, 2003

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. 1993.

GIL, M. I.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; HESS-PIERCE, B.; HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.48, p. 4581-4589, 2000.

GONÇALVES, P. S. de; ROSSETTI, A. G.; PAIVA, J. R. de. Coeficiente de repetibilidade e eficiência do miniteste de produção na seleção de plantas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p.233-237, 1982.

GRANJA, M. L. B. B. **Efeito de métodos de preservação e tempo de estocagem na qualidade dos sucos simples de umbu (*Spondias tuberosa*) e mangaba (*hancornia speciosa*)**. 1985. 102f. Dissertação (Mestrado em Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1985.

HALL III, C. A.; CUPPETT, S. L. Structure-activities of natural antioxidants. In: ARUOMA, O. I.; CUPPETT, S. L. (Editors) **Antioxidant methodology in vivo and in vitro concepts**. Illinois: AOCS PRESS, p.141-172, 1997.

HARTMAN, P.E., SHANKEL, D.M. Antimutagens and anticarcinogens: a survey of putative interceptor molecules. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, New York, v.15, n.3, p.145-182, 1990.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE; M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and comercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.53, n.8, p.2928-2935, 2005.

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.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3ed. São Paulo: IAL, 1985.v.1533p.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Produção Extrativa Vegetal. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=16&i=P>, acessado em: 24/03/2008.

KÄHKÖNEN, M. P.; HOPIA, A. I.; VOURELA, H. J.; RAUHA, J. P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S. HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolics compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.47, n.10, p.395-462, 1999.

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

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1997. 532p.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2ª ed. rev. e ampl. Editora Rural, Campinas-SP. 214 p. il. 2002.

KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B.A. **Quality control for the food industry**. Westport: AVI, v.2, p.157-227. 1973.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 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.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. Potencialidades das espécies de *Spondias* no desenvolvimento da fruticultura brasileira. In: LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Spondias no Brasil: Umbu, Cajá e Espécies Afins**. Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA / UFRPE, Recife, 180p. 2008.

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

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, 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, V. L. A. G. de; MÉLO, E. de A.; LIMA, D. E. da S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP. v.59, n.3, p.447-450, 2002.

LIMA, V. L. A. G. de; MÉLO, E. de A.; LIMA, L. dos S.; NASCIMENTO, P. P. do. Flavonóides em seleções de acerola (*Malpighia sp* L.) 1- teor de antocianinas e flavonóis totais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.1063-1064, 2000.

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; LOPES, M. T. G.; FREITAS, G. B. de. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.507-513, 2001.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Piracicaba: Plantarum, v.1, 1992. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol.1, 3. ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2000. 368 p.

MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F. de O.; FIGUEIREDO, R. W. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpa tropicais: matérias-primas**. Brasília: ABEAS, v.2, cap.22, p.219-224. 1998.

MALLET, J. F.; CERRATI, C.; UCCIANI, E.; GAMISANA, J.; GRUBER, M. Antioxidant activity of plant leaves in relation to their R-tocopherol content. **Food Chemistry**. v. 49, p. 61-65, 1994.

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Society**, Champaign, v. 45, p. 594-598, 1968.

MARINOVA, E. M.; YANISHLIEVA, N.; KOSTOVA, I. N. Antioxidative action of the ethanolic extract and some hydroxycoumarins of *Fraxinus ornus* bark. **Food Chemistry**. v. 51, p.125-132, 1994.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M. J.; PROVAN, G. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.82, n.3, p.323-330, 2002.

MARTINS, M. L. A.; BORGES, S. V.; DELIZA, R.; CASTRO, F. T. de; CAVALCANTE, N. de B. Características de doce em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos consumidores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.9, p.1329-1333, 2007.

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> acessado em: 01/04/2008.

McDONALD, S; PRENZLER, P. D.; ANTOLOVICH, M.; ROBARDS, K. Phenolics content and antioxidant activity of olive extracts. **Food Chemistry**. v.73, n.1, p.73-84, 2001.

McMCRAEADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p.1586-1588, 1952.

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

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v.31, p.426-428, 1959.

MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **Journal of the American Oil Society**, Champaign, v. 48, p.91, 1971.

MINGUEZ-MOSQUEIRA, I.; GALLARDO-GUERRERO, L. Disappearance of chlorophylls and carotenoids during the ripening of the olive. **Journal of food science and agricultural**, London, v.69, p.1-6, 1995.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. Revisão das espécies neotropicais de *Spondias* (Anacardiaceae). IN: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo / SBB, p.207, 1995.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.4, p.411-424, 2004.

MOURA, C. F. H. Qualidade e capacidade antioxidante total de pedúnculos de cajuzeiro oriundos de Semi Árido Piauiense. **Relatório Técnico Final**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2007.

NAMIKI, M. Antioxidants/antimutagens in food. **Journal of Nutrition**, Boca Raton, v.29, n.4, p.273-300, 1990.

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. de. **Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Universidade Federal de Lavras, Pró-Reitoria de Extensão, n.127, 2005.

NOOROZI, M.; ANGERSON, W. J.; LEAN, M. E. Effects of flavonoids and vitamin C on oxidative DNA damage in human lymphocytes. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.67, n.6, p.1210-1218, 1998.

PATHAK, D.; PATHAK, K.; SINGLA, A. K. Flavonoids as medical agents: recent advances. **Fitoterapia**, Amsterdam, v.57, n.5, p.371-389, 1991.

PEARSON, D.A.; TAN, C.H.; GERMAN, J.B.; DAVIS, P.A.; GERSHWIN, M.E. Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation. **Life Sciences**, v.64, p.1913-1920, 1999.

PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; FREITAS, V. P.; OLIVEIRA, T. A. Comportamento de alfafa cv. Crioula de diferentes origens e estimativas dos coeficientes de repetibilidade para caracteres forrageiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.4, p.686-690, 1998.

POLICARPO, V. M. N.; BORGES, S. V.; ENDO, E.; CASTRO, F. T. de; DAMICO, A. A.; CAVALCANTI, N. B. Estabilidade da cor de doces em massa de polpa de umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.) no estágio de maturação verde. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 31, n. 4, p. 1102-1107, 2007.

PRIOR, R.L., CAO, G., MARTIN, A., SOFIC, E., MCEWEN, J., O'BRIEN, C., LISCHNER, N., EHLENFELDT, M., KALT, W., KREWER, G., MAINLAND, C.M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. **Journal Agricultural Food Chemistry**. Washington, v.46, p.2686-2693, 1998.

PROCESSO DE GELEIFICAÇÃO EM ALIMENTOS. Disponível em: <<http://br.geocities.com/abgalimtec/geleificacao.html>>. Acesso em: 17 fev. 2008.

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 os recursos genéticos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais ...** Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMPF, 1993. 131p.

RAUHA, J.P. et. al. Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. **International Journal of Food Microbiology**. Amsterdam: v. 56, n. 1, p. 3-12, 2000.

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).

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, 1999.

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. Juazeiro, BA. 8p., 2001.

SANTOS, G. M. **Contribuição da vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos no potencial antioxidante de produtos comerciais de açaí e cupuaçu**. 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

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.

SAWA, T.; NAKAO, M.; AKAIKE, T.; ONO, K.; MAEDA, H. Alkylperoxyl radical-scavenging activity of various flavonoids and other phenolic compounds: implications for the anti-tumor-promoter effect of vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.47, n.2, p.397-402, 1999.

SGARBIERE, V. S. **Alimentação e Nutrição**. São Paulo: UNICAMP, 1987.

SIGRIST, J. M. M. Respiração. In: BLEINROTH, E. W. **Tecnologia pós-colheita de frutos e hortaliças**. Campinas, ITAL, 1988. p.21-27.

SILVA, A. Q. da; SILVA, M. A. da G. O. Observações morfológicas e fisiológicas sobre *Spondias tuberosa* Arr. Cam. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 25., 1974, Mossoró. **Anais...** Recife: Sociedade Botânica do Brasil, 1974. p. 5-15

SILVA, A. Q.; SILVA, H.; OLIVEIRA, B. E. M. Acumulação de matéria seca durante o crescimento de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 14. 1990, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade de Botânica do Brasil, p.108. 1990.

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

SILVA, C. M. M. de; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. da. **Variação fenotípica dos frutos do umbuzeiro**. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1980.

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, A. H. de; CATÃO, D. D. **Umbu e seu suco**. Revista Brasileira de Farmácia, Rio de Janeiro, v. 51, p. 335-353, 1970.

SPEIRS, J.; BRADY, C. J. Modification of gene expression in ripening fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.18, p.519-532, 1991.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 3^oed., 719p. 2004.

VASCONCELOS, M. E. C.; GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R.; VALOIS, A. C. C. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.433-437, 1985.

VELIOGLU, Y. S.; MAZZA G.; GAO, L.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal Agricultural Food Chemistry**. Washington, v.46, p.4113-4117. 1998.

VON ELBE, J. H. Colorantes. In: FENNEMA, O. W. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Wiscosin - Madison, Cap. 10, p. 782-799. 2000.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.45, p.304-309. 1997.

WANG, S. Y.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v. 48, p.140-146, 2000.

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

WILDMAN, R. E. C. **Handbook of nutraceuticals and Fuctional Foods**. Boca Raton: CRC Press, 2^a ed. 2001.

WU, L. C.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; CHANG, C. W.; LIN, Y. Y.; HO, J. A. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Red Pitaya. **Food Chemistry**. v.95, p.319-327, 2005.

XAVIER, A. N. **Caracterização química e vida-de-prateleira do doce em massa de umbu**. 1999. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

YAO, L. H.; JIANG, Y. M.; SHI, J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; DATTA, N.; SINGANUSONG, R.; CHEN, S. S. Flavonoids in food and their health benefits. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v.59, p.113-122, 2004.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v.57. p.505-514, 1954.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)