



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

**IDENTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES E QUANTIFICAÇÃO DE  
COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DO  
GÊNERO *Spondias***

**PERLA JOANA SOUZA GONDIM**

**AREIA-PB**

**2012**

PERLA JOANA SOUZA GONDIM

**IDENTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES E QUANTIFICAÇÃO DE  
COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DO  
GÊNERO *Spondias***

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. Área de Concentração:  
Agricultura Tropical.

Orientadora: Silvanda de Melo Silva, Ph.D.

Orientadora no exterior: Maria Manuela Estevez Pintado, D.Sc.

AREIA-PB

2012

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial de Areia-PB, CCA/UFPB. Bibliotecária: Elisabete Sirino  
da Silva CRB.4/905

G637q      Gondim, Perla Joana Souza

Identificação de carotenoides e quantificação de compostos bioativos e  
atividade antioxidante em frutos do gênero *Spondias* / Perla Joana Souza  
Gondim. Areia-PB: UFPB/CCA, 2012.  
104f. : il

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba.  
Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB, 2012.

Bibliografia

Orientadoras: Silvanda de Melo Silva  
Maria Manuela Estevez Pintado

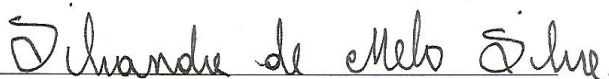
1.Spondias –compostos bioativos 2.Spondias- qualidade  
3.Agricultura tropical 4. Sementes- tecnologia I. Silva, Silvanda de Melo  
(Orientadora) II. Pintado, Maria Manuela Estevez III. Título.

CDU: 634.442 :631.53.01

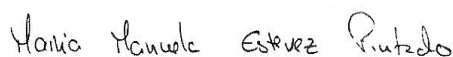
PERLA JOANA SOUZA GONDIM

**IDENTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES E QUANTIFICAÇÃO DE  
COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DO  
GÊNERO *Spondias***

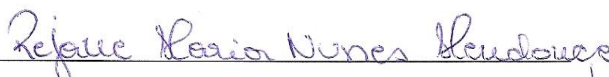
APROVADA EM: 20/ 02 / 2012.



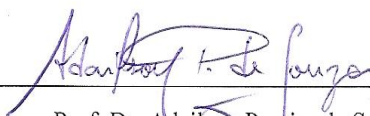
Profa. Silvana de Melo Silva, Ph.D.  
DEFS/CCA/UFPB  
Orientadora



Profa. Dra. Maria Manuela Estevez Pintado  
ESB/UCP  
Orientadora Estrangeira (Portugal)



Profa. Dra. Rejane Maria Nunes Mendonça  
DF/CCA/UFPB  
Membro



Prof. Dr. Adailson Pereira de Souza  
DSER/CCA/UFPB  
Membro

AREIA-PB

2012

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua existência em minha vida;

À minha família, alicerce de tudo, por me proporcionar bons exemplos de vida, honestidade, caráter, humildade e apoio para conseguir os objetivos almejados.

À minha tia avó, Severina Sousa (Ina) por todo incentivo e ensinamentos. Apesar dos 98 anos, continua jovem;

À Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, por ter me proporcionado formação profissional da graduação ao Doutorado.

Ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Prof. Ademar Pereira de Oliveira, sempre solicito em todos os momentos que precisei;

A Secretária de Pós-Graduação em Agronomia, Cícera Eliane pela disponibilidade às minhas solicitações e amizade;

Ao CNPq, pelo aporte financeiro através da concessão bolsa de doutorado (processo nº 143254/2008-1) e a CAPES pela concessão da bolsa (processo: BEX 0089/11-7, Programa de Doutorando no Brasil com Estágio no Exterior (PDÉE),

À minha orientadora, profa. Silvanda de Melo Silva, por me conceder a oportunidade de compartilhar seus valiosos conhecimentos, pela confiança, profissionalismo, amizade e pelos desafios lançados ao longo desta caminhada. Muito obrigada!

Aos professores Adailson Pereira de Souza e Rejane Mendoça, pelas contribuições neste trabalho e amizade;

Ao Prof. Walter Esfrain Pereira, pela amizade e presteza nos esclarecimentos das questões relativas à análise estatística;

À Universidade Católica do Porto, Escola Superior de Biotecnologia, pela oportunidade de realizar parte da Tese de Doutorado, no Centro de Biotecnologia e Química Fina.

À minha orientadora estrangeira, Dra. Manuela Pintado, pelas valiosas contribuições, no âmbito profissional e pessoal. Aprendi muito!

À portuguesa Ana Oliveira, por toda ajuda e presteza. Exemplo de competência e humildade;

As amigas da ESB - Portugal, pela boa convivência profissional e pessoal: Inês Matias e Rosa (Aveiro), Sofia (Coimbra) e Daniela e família (Viseu), Alejandra, Patrícia Reis, Manú e Joana Odila.

À família Pós-colheita: Aline Rocha, Ana L. Dantas, Renato Dantas, Jandira (Jandagro), Ana Paula (Schunemann), Dalmo, Josilene (Josy), Vanessa, Antônia, George, Renato Pereira, Aline Priscila, Roberto, Graça, Railson, Antônio Fernando, Antônio Augusto (Guga), Carlos (Pibic Jr.), Helder Lucena, Luana, Márcia Gondim, Valdênia, Rosana e Fabiano Tavares.

Ao Prof. Ednaldo Queiroga, por me ceder parte do material para minha pesquisa, bem como pela amizade e bons momentos compartilhados.

A todas as amigadas que conquistei no doutorado, especialmente, Mary, Juliana (Julaípe), Erbs, Wiara, Josy (PDF), Nice, Tarcísio Gondim, Lucínio, Thiago Jardelino, pelo carinho, força e apoio em muitos momentos.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                  |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| RESUMO .....                                                                                                     | xiii   |
| ABSTRACT .....                                                                                                   | xiv    |
| CAPÍTULO I.....                                                                                                  | 1      |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL .....                                                                                        | 2      |
| 2. OBJETIVOS .....                                                                                               | 4      |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA .....                                                                                   | 5      |
| 3.1. Aspectos gerais sobre o gênero <i>Spondias</i> .....                                                        | 5      |
| 3.1.1. Umbu ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) .....                                                          | 5      |
| 3.1.2. Umbu-cajá ( <i>Spondias</i> sp.) .....                                                                    | 8      |
| 3.1.3. Cajarana do Sertão ( <i>Spondias</i> sp.).....                                                            | 9      |
| 3.2. Métodos de avaliação da atividade antioxidante .....                                                        | 10     |
| 3.3. Principais compostos bioativos.....                                                                         | 13     |
| 3.3.1.Compostos fenólicos .....                                                                                  | 13     |
| 3.3.2. Carotenoides.....                                                                                         | 13     |
| 3.3.3. Vitamina C .....                                                                                          | 14     |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                              | 16     |
| <br>CAPÍTULO II.....                                                                                             | <br>24 |
| QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DA UMBU-CAJAZEIRA ( <i>Spondias</i> sp.) ..... | 24     |
| RESUMO .....                                                                                                     | 25     |
| ABSTRACT .....                                                                                                   | 26     |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                               | 27     |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                       | 29     |
| 2.1. Procedência dos Frutos e Colheita.....                                                                      | 29     |
| 2.2. Avaliações Físicas.....                                                                                     | 29     |
| 2.3. Avaliações Físico-Químicas .....                                                                            | 29     |
| 2.4. Determinação de Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante .....                                          | 30     |
| 2.4.1. Obtenção dos Extratos.....                                                                                | 30     |
| 2.4.2. Determinação da Atividade Antioxidante .....                                                              | 30     |
| 2.4.2.1. Método ORAC.....                                                                                        | 30     |
| 2.4.2.2. Método ABTS .....                                                                                       | 31     |

|                                                                                                                             |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 2.4.3. Determinação dos Polifenóis Extraíveis Totais (PET).....                                                             | 31     |
| 2.4.4. Determinação dos Carotenoides.....                                                                                   | 31     |
| 2.5. Delineamento Experimental .....                                                                                        | 33     |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                             | 34     |
| 3.1. Características Físicas.....                                                                                           | 34     |
| 3.1.1. Comprimento e Diâmetro do Fruto .....                                                                                | 34     |
| 3.1.2. Massa do Fruto .....                                                                                                 | 34     |
| 3.1.3. Percentagem de Casca.....                                                                                            | 34     |
| 3.1.4. Percentagem de Semente.....                                                                                          | 35     |
| 3.1.5. Percentagem de Polpa e Rendimento .....                                                                              | 35     |
| 3.2. Características Físico-Químicas .....                                                                                  | 36     |
| 3.2.1. Sólidos Solúveis (SS).....                                                                                           | 36     |
| 3.2.2. Acidez Titulável (AT) .....                                                                                          | 36     |
| 3.2.3. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (SS/AT).....                                                               | 36     |
| 3.2.4. pH.....                                                                                                              | 37     |
| 3.2.5. Açúcares Redutores.....                                                                                              | 38     |
| 3.2.6. Amido.....                                                                                                           | 38     |
| 3.3. Análise de Componentes Principais para os parâmetros físicos e físico-químicos .....                                   | 39     |
| 3.4. Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante.....                                                                     | 41     |
| 3.4.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET).....                                                                              | 41     |
| 3.4.2. Carotenoides.....                                                                                                    | 42     |
| 3.4.3. Flavonoides Amarelos.....                                                                                            | 42     |
| 3.4.4. Vitamina C .....                                                                                                     | 43     |
| 3.4.5. Atividade Antioxidante Total (AAT).....                                                                              | 43     |
| 3.5. Correlação .....                                                                                                       | 44     |
| 4. CONCLUSÕES .....                                                                                                         | 46     |
| 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....                                                                                            | 47     |
| <br>CAPÍTULO III .....                                                                                                      | <br>55 |
| POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJARANA DO SERTÃO ( <i>Spondias</i> sp.) EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO ..... | 55     |
| RESUMO .....                                                                                                                | 56     |
| ABSTRACT .....                                                                                                              | 57     |

|                                                                                                                                       |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                                                    | 58     |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                            | 60     |
| 2.1. Material.....                                                                                                                    | 60     |
| 2.2. Métodos .....                                                                                                                    | 60     |
| 2.2.1. Obtenção dos extratos .....                                                                                                    | 60     |
| 2.3. Determinação da Atividade Antioxidante.....                                                                                      | 60     |
| 2.3.1. ORAC.....                                                                                                                      | 61     |
| 2.3.2. ABTS.....                                                                                                                      | 61     |
| 2.4. Determinação dos Compostos Bioativos .....                                                                                       | 61     |
| 2.4.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET).....                                                                                        | 61     |
| 2.4.2. Carotenoides.....                                                                                                              | 62     |
| 2.5. Delineamento Experimental .....                                                                                                  | 63     |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                       | 64     |
| 3.1. Compostos bioativos.....                                                                                                         | 64     |
| 3.1.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET), Flavonoides Amarelos e Vitamina C ..                                                       | 64     |
| 3.1.2. Carotenoides.....                                                                                                              | 65     |
| 3.2. Atividade Antioxidante Total .....                                                                                               | 66     |
| 3.2.1. Métodos ORAC e ABTS.....                                                                                                       | 66     |
| 3.3. Correlação .....                                                                                                                 | 67     |
| 4. CONCLUSÕES .....                                                                                                                   | 70     |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                   | 71     |
| <br>CAPÍTULO IV .....                                                                                                                 | <br>75 |
| QUALIDADE, POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE<br>UMBUEIRO ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) PARA AGREGAÇÃO DE VALOR... | 75     |
| RESUMO .....                                                                                                                          | 76     |
| ABSTRACT .....                                                                                                                        | 77     |
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                                                                                    | 78     |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                            | 79     |
| 2.1. Procedência dos Frutos e Colheita.....                                                                                           | 79     |
| 2.2. Avaliações Físicas.....                                                                                                          | 79     |
| 2.3. Avaliações Físico-Químicas .....                                                                                                 | 79     |
| 2.4. Determinação de Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante .....                                                               | 80     |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.1. Obtenção dos extratos .....                                                | 80 |
| 2.4.2. Determinação da Atividade Antioxidante .....                               | 80 |
| 2.4.2.1. Método ORAC.....                                                         | 80 |
| 2.4.2.2. Método ABTS .....                                                        | 81 |
| 2.5. Determinação dos Compostos Bioativos .....                                   | 81 |
| 2.5.2. Carotenoides.....                                                          | 82 |
| 2.5. Delineamento Experimental .....                                              | 83 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                   | 84 |
| 3.1. Características Físicas.....                                                 | 84 |
| 3.1.2. Massa do Fruto .....                                                       | 84 |
| 3.1.3. Percentagem de Casca.....                                                  | 84 |
| 3.1.4. Percentagem de Semente, Polpa e Rendimento .....                           | 85 |
| 3.2. Características Físico-Químicas .....                                        | 87 |
| 3.2.1. Teor de Sólidos Solúveis (SS).....                                         | 87 |
| 3.2.2. Acidez Titilável, SS/AT e pH .....                                         | 87 |
| 3.2.2. Açúcares Redutores e Amido .....                                           | 89 |
| 3.3. Correlação das Características Físicas e Físico-Químicas.....                | 89 |
| 3.4. Compostos bioativos.....                                                     | 91 |
| 3.4.2. Carotenoides Totais.....                                                   | 91 |
| 3.4.3. Flavonoides Amarelos e Clorofila .....                                     | 93 |
| 3.4.4. Vitamina C .....                                                           | 93 |
| 3.5. Atividade Antioxidante Total (AAT).....                                      | 94 |
| 3.5.1. ABTS e ORAC.....                                                           | 94 |
| 3.6. Análise Multivariada para os Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante .. | 95 |
| 4. CONCLUSÕES .....                                                               | 98 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                               | 99 |

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.).....  | 7  |
| <b>Figura 2:</b> Umbu-cajazeira ( <i>Spondias sp</i> ) - Areia-PB..... | 9  |
| <b>Figura 3:</b> Cajarana do Sertão ( <i>Spondias sp</i> ).....        | 10 |

### CAPÍTULO II

|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Classificação dos genótipos de umbu-cajazeira ( <i>Spondias sp.</i> ) baseada nos escores da primeira, segunda e terceira componentes principais (CP1, CP2 e CP3)..... | 40 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### CAPÍTULO IV

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Dispersão gráfica da análise das componentes principais dos compostos bioativos e atividade antioxidante, em frutos de genótipos de umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte..... | 97 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

|                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Caracterização de frutos de genótipos de umbu-cajazeira ( <i>Spondias</i> sp.) colhidos na maturidade comercial, com coloração da casca totalmente amarela, Areia – PB.....                                                        | 35 |
| <b>Tabela 2:</b> Características físico-químicas de frutos de genótipos de umbu-cajazeira ( <i>Spondias</i> sp.) colhidos na maturidade comercial, com coloração da casca totalmente amarela, Areia - PB.....                                       | 37 |
| <b>Tabela 3:</b> Autovetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), das características físicas e físico-químicas de frutos de genótipos de umbu-cajazeira ( <i>Spondias</i> sp.), colhidos na maturidade comercial, Areia – PB.....      | 40 |
| <b>Tabela 4:</b> Valores médios de polifenóis extraíveis totais (PET), carotenoides totais, flavonoides amarelo e ácido ascórbico de frutos de genótipos de umbu-cajazeira ( <i>Spondias</i> sp.) colhidos na maturidade comercial, Areia - PB..... | 41 |
| <b>Tabela 5:</b> Atividade antioxidante de frutos de genótipos da umbu-cajazeira ( <i>Spondias</i> sp.) colhidos na maturidade comercial, com coloração da casca totalmente amarela, através de ABTS e ORAC. Areia-PB.....                          | 44 |
| <b>Tabela 6:</b> Correlações entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total, e frutos de genótipos da umbu-cajazeira ( <i>Spondias</i> sp.) colhidos na maturidade comercial, Areia - PB.....                                        | 45 |

### CAPÍTULO III

|                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Valores médios de polifenóis extraíveis totais (PET), flavonoides amarelos, Vitamina C em genótipos de cajarana do Sertão ( <i>Spondias</i> sp.) em dois estádios de maturação.....                                                         | 65 |
| <b>Tabela 2:</b> Valores médios do teor de carotenoides totais, zeionoxantina, $\beta$ -criptoxantina e $\beta$ -caroteno de matéria fresca, em frutos de genótipos de cajarana do Sertão ( <i>Spondias</i> sp.) em dois estádios de maturação.....          | 68 |
| <b>Tabela 3:</b> Atividade antioxidante de frutos de genótipos da cajarana do Sertão ( <i>Spondias</i> sp.) em dois estádios de maturação através de ABTS ( $\text{mg.g}^{-1}$ VCEAC) e ORAC ( $\text{mM.TEAC}$ ).....                                       | 69 |
| <b>Tabela 4:</b> Correlações entre os componentes bioativos e atividade antioxidante em frutos de diferentes genótipos da cajarana do Sertão ( <i>Spondias</i> sp.), em dois estádios de maturação, provenientes do estado da Paraíba e Rio Grande do Norte. | 69 |

## CAPÍTULO IV

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Caracterização física de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.....                                                                                           | 86 |
| <b>Tabela 2:</b> Características físico-químicas frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.....                                                                                    | 88 |
| <b>Tabela 3:</b> Correlação das características físicas e físico-químicas de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câm.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.....                                                        | 90 |
| <b>Tabela 4:</b> Compostos bioativos de frutos de umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.....                                                                                                                     | 92 |
| <b>Tabela 5:</b> Atividade antioxidante total em genótipos de umbu ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) através dos métodos ABTS e ORAC.....                                                                                                                                                      | 94 |
| <b>Tabela 6:</b> Autovetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos de frutos de umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte..... | 96 |

# IDENTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES E QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DO GÊNERO *Spondias*

## RESUMO

O umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), umbu-cajá (*Spondias* sp.) e a cajarana do Sertão (*Spondias* sp.) são espécies frutíferas ainda em estágio de domesticação, pertencentes à família *Anacardeaceae*, cujos frutos são muito apreciados pela excelente qualidade sensorial, além de constituírem fonte de renda alternativa, em decorrência do extrativismo de seus frutos, em época de safra. O objetivo deste trabalho foi avaliar frutos de genótipos nativos de três espécies do gênero *Spondias*, umbu, umbu-cajá e cajarana do Sertão (*Spondias* sp.), em dois estádios de maturação, provenientes de diferentes áreas de ocorrência dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Após a colheita os frutos foram transportados ao Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita – CCA – UFPB, onde se realizou a caracterização física e físico-química dos frutos. O conteúdo de compostos bioativos, qualificação dos carotenoides e atividade antioxidante total (AAT) pelos métodos ABTS e ORAC foram realizados no Centro de Biotecnologia e Química Fina (CBQF) da Escola Superior de Biotecnologia (ESB) da Universidade Católica do Porto (UCP) – Porto Portugal. Dentre as características físicas dos frutos, se destacam pelo alto rendimento acima de 60% o umbu-cajá e de 80% o umbu. Para as características físico-químicas, no umbu-cajá foram observados valores médios de SS de 11.86%, AT de 1.05% e relação SS/AT que se destacou no genótipo G2, com a maior média 13.75. No umbu, para a relação SS/AT apenas o genótipo P11 obteve média inferior ao valor mínimo (10.00), exigido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ), destacando-se os frutos dos genótipos P1 e P7 (Soledade – PB) e P17 (Juazeirinho – PB), com valores superiores a 16.00. A maioria dos genótipos avaliados (70,83%) é propícia ao consumo fresco, por apresentarem acidez titulável abaixo de 1,0 g.100g<sup>-1</sup> de ácido cítrico, evidenciando ser uma alternativa para o mercado de frutas frescas, bem como para processamento. Os carotenoides foram identificados e quantificados por HPLC e nestas três espécies foram encontrados os seguintes carotenoides: zeaxantina,  $\beta$ -cryptoxantina e o  $\beta$ -caroteno, não sendo observada a ocorrência deste último no umbu-cajá. Os teores de carotenoides totais no umbu-cajá, umbu e cajarana do Sertão foram de: 12.07, 2.46 e 1130.34  $\mu$ g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. A zeaxantina foi o constituinte majoritário nas espécies avaliadas, sendo encontrados em maior conteúdo na cajarana do Sertão no estágio maduro (463.67  $\mu$ g.100g<sup>-1</sup>). Os compostos bioativos responsáveis diretamente pela atividade antioxidante, além dos carotenoides totais e seus constituintes foram os flavonoides amarelos, na cajarana do Sertão e os polifenóis, no umbu. Estes compostos constituem-se num aporte significativo de antioxidantes naturais para a dieta da população do Semiárido. O método ABTS se mostrou adequado para quantificação da atividade antioxidante em frutos do gênero *Spondias*.

**Palavras-chave:** *Spondias*, compostos bioativos, antioxidantes naturais.

# IDENTIFICATION OF CAROTENOIDS, QUANTIFICATION OF BIOACTIVE COMPOUNDS, AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN FRUITS OF THE GENUS *Spondias*

## ABSTRACT

Umbu (*Spondias tuberosa* Arr Cam), umbu-caja (*Spondias* sp.) and cajarana do Sertão (*Spondias* sp.) are fruit tree species still in stage of domestication, which belong to the *Anacardiaceae* family, whose fruits are appreciated by the excellent sensorial quality, as well as an alternative source of income, due to the extractive exploitation of their fruit in the harvest season. The objective of this study was to evaluate the fruits of native genotypes of three species of the genus *Spondias*, umbu, umbu-caja and cajarana do Sertão (*Spondias* sp.) harvested in two maturity stages, from different areas of occurrence in the Paraíba and Rio Grande do Norte states, Brazilian Northeastern. After harvest, fruits were transported to the Laboratory of Biology and Technology Postharvest - CCA - UFPB, where it was carried out the physical and physicochemical evaluations. The contents of bioactive compounds, qualification of carotenoids, and total antioxidant activity (TAA) by ABTS and ORAC methods were conducted at the Center of Biotechnology and Fine Chemistry (CBQF) of the School of Biotechnology (ESB) at the Catholic University of Porto (UCP) - Porto, Portugal. Among the physical characteristics of the fruits stand out for high yield above 60% the umbu-caja and 80% the umbu. For the physicochemical characteristics, in umbu-caja it was observed values of SS of 11.86%, 1.05% AT, and the SS / TA ratio that was highlighted for the genotype G2, with the highest average 13.75. For umbu, the SS / TA ratio, the only the P11 genotype had an average below the minimum value (10.00) required by the Brazilian Standard of Identity and Quality (PIQ), standing out fruits of the genotypes P1 and P7 (Soledad - PB) and P17 (Juazeirinho - PB) with values higher than 16.00. Fruits from most genotypes (70.83%) are proper for fresh consumption, due to the acidity content below 1.0 g.100g<sup>-1</sup> of citric acid, evidencing be an alternative to the fresh fruit market and for processing. The carotenoids were identified and quantified by HPLC and in these three species studied was found the following types: zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin, and  $\beta$ -carotene, but this latter was not found in umbu-caja. The levels of total carotenoids in umbu-caja, and *Spondias* sp umbu Sertão were: 7.12, 2.46, and 1130.34  $\mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$ , respectively. Zeaxanthin was the major constituent in these species evaluated, and the highest content was found in the full ripen cajarana do Sertão (*Spondias* sp) (463.67  $\mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$ ). The bioactive compounds directly responsible for antioxidant activity, in addition to the total carotenoids and their constituents were yellow flavonoids, in the cajarana do Sertão, and polyphenols, in umbu. These compounds provide a significant source of natural antioxidants to the diet of the population of the Semi-Arid. The ABTS method was adequate for quantification of the antioxidant activity in fruit of the genus *Spondias*.

**Keywords:** *Spondias*, bioactive compounds, natural antioxidants.

## **CAPÍTULO I**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O valor nutricional é um dos principais fatores que conduzem ao crescente interesse pelo consumo de frutas, no entanto, muitas frutas de menor expressão nacional, não foram ainda devidamente caracterizadas, quanto a suas propriedades e atividades benéficas à saúde. A estreita relação entre dieta e saúde vem aumentando a preocupação da população em ingerir alimentos nutritivos e de alta qualidade. Neste sentido, a quantificação de micronutrientes nos alimentos é de grande importância, tanto para o conhecimento do seu valor nutricional, quanto para valorizar seus aspectos comerciais.

Muitas pesquisas relacionam uma dieta rica no consumo destes alimentos com a redução de doenças degenerativas como doenças coronarianas, câncer e outras condições mediadas pela ação de radicais livres, pois estes alimentos contêm uma grande concentração de compostos, que possuem como função fisiológica a ação antioxidante na proteção de organismos vivos contra os danos oxidativos (BURNS et al., 2003).

O efeito protetor exercido por estes alimentos tem sido atribuído, à presença de fotoquímicos com ação antioxidante e dentre estes compostos que apresentam esta função estão os polifenóis, a vitamina C, vitamina E, carotenoides e minerais etc (WANG et al., 1996; KAUR e KAPOOR, 2002; SILVA et al., 2007).

O Brasil possui quantidade expressiva de espécies frutíferas, quer sejam nativas ou exóticas com potencial de interesse para a agroindústria, constituindo-se numa fonte de renda promissora para a população local, garantindo assim, acesso a mercados especiais, onde há consumidores interessados no consumo de produtos com propriedades funcionais e de sabor exótico (ALVES et al., 2008).

O Nordeste brasileiro apresenta condições climáticas favoráveis para o cultivo de uma grande diversidade de frutas cultivadas e uma expressiva diversidade de espécies nativas com sabores exóticos, bem peculiares a cada espécie, como as do gênero *Spondias*, dentre as quais se encontram o umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), a umbu-cajá (*Spondias* sp.) e a cajarana do Sertão (*Spondias* sp.), que produzem frutos, cuja polpa é muito apreciada e possui crescente demanda comercial, a qual é usada para a produção de sucos, sorvetes, doces, néctares, etc (USHIKUBO et al., 2007; NARAIN et al., 2007).

As *Spondias* devido à diversidade genética, ausência de áreas de cultivo foram pouco caracterizadas quanto as suas propriedades tecnológicas e funcionais, sendo um desafio importante para sua valorização, pois apresentam sua composição química quase inexplorada. Neste sentido, é necessária a geração de informações sistematizadas sobre as espécies desse gênero, que possam ampliar, diversificar e maximizar a eficiência da exploração dessas frutíferas, com conseqüente benefícios para a população, nas áreas de ocorrência.

## 2. OBJETIVOS

- Caracterizar frutos de genótipos nativos de três *Spondias* ((umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) umbu-cajá (*Spondias* sp.) e cajarana do Sertão (*Spondias* sp.)), através de análises físicas e físico-químicas, identificando os genótipos que apresentarem potencialidades desejáveis para a indústria e ou consumo fresco;
- Avaliar a capacidade do potencial antioxidante total de extratos fenólicos através dos métodos ORAC e ABTS;
- Quantificar e identificar os carotenoides presentes nessas três *Spondias*;
- Ampliar as informações sobre frutos dessas três *Spondias*, visando potencializar seu cultivo, bem como sua comercialização, além da preservação da variabilidade genética e seu uso em trabalhos de melhoramento;
- Gerar informações sobre componentes bioativos, e seu potencial como antioxidante, existentes nestas *Spondias*, como uma planta estratégica do Semiárido, ainda em estágio de domesticação, potencializando seu uso.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Aspectos gerais sobre o gênero *Spondias*

Um dos gêneros mais importantes da família das Anacardeaceae, o gênero *Spondias* que é constituído por, aproximadamente, 17 espécies, das quais sete distribuídas na América Tropical e, aproximadamente, dez na Ásia Tropical (MILLER e SCHAAL, 2005). Este gênero compreende várias espécies frutíferas, cujos representantes mais significativos tem como centro de diversidade, o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil (LEDERMAN et al., 2008).

Dentre as espécies que compõem este gênero destacam-se o cajá (*Spondias mombin* L.), também conhecido por cajá-mirim ou taperebá; a ciriguela (*Spondias purpurea*), a cajamanga ou cajarana (*Spondias cytherea*), o umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) e duas espécies ainda não definidas taxonomicamente, a umbuguela e o umbu-cajá também denominado de cajá-umbu ou cajarana do Sertão (*Spondias* sp.).

##### 3.1.1. Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)

Planta típica do sertão e do agreste, com altura de 4 a 7 metros, o tronco apresenta-se muito curto revestido por casca lisa de 40-60 cm de diâmetro, folhas compostas de 3 a 7 folíolos membranáceos. Vegeta em solos diversos, tendo preferência por regiões onde chove entre 400 a 800 milímetros por ano. Destaca-se por possuir diversos mecanismos contra a falta de água, denominados xilopódios ou túberas aquíferas (LORENZI, 2000; ARAÚJO e SANTOS, 2004).

O centro de alta diversidade e domesticação desta espécie encontra-se classificado no Centro 6: Centro Nordeste/Caatinga, 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 a 14°S e os meridianos 37° a 42° W (GIACOMETTI 1993).

Não existem relatos da ocorrência do umbuzeiro em outras regiões do planeta, que é uma árvore xerófita endêmica do Semiárido brasileiro (Prado e Gibbs, 1993). É uma espécie predominantemente de fecundação cruzada, com taxa de cruzamento aparente de 74% (SOUZA, 2000).

Para Santos et al. (2008) esta frutífera, pela sua adaptação ao Semiárido e aproveitamento secular, tem desempenhado importante papel agrossocioeconômico,

sendo o extrativismo de seu fruto bastante significativo na composição da renda familiar para as comunidades de sua ocorrência. Os frutos são consumidos restritamente na região Nordeste do Brasil, principalmente na forma fresca ou preparados como refresco, sorvete e umbuzada (POLICARPO et al., 2007).

No entanto, vale ressaltar que os frutos do umbuzeiro são climatérios (Neves e Carvalho, 2005), devendo ser colhidos quando estiverem bem formados e se apresentarem no estágio de vez ou próximo dele, ou seja, quando a casca começar a se transformar de verde-escura para verde brilhante a ligeiramente amarelada, pois neste ponto a textura da casca apresenta-se mais lisa em relação ao fruto ainda verde.

As perdas pós-colheita dos frutos de umbu são grandes, em decorrência das condições de colheita serem precárias. Aliada a esta condição, tem vida útil limitada, pois sua preservação em temperatura ambiente dura no máximo de dois a três dias (MAIA et al., 1998). Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas, no sentido de desenvolver métodos de processamento e conservação, bem como, agregação de valor a este produto. Dentre elas estão: avaliação de alterações das características sensoriais da polpa do umbu submetida a diferentes métodos de congelamento (FERREIRA et al., 2000); produção da polpa de umbu em pó e avaliação da sua estabilidade (GALDINO et al., 2003); aproveitamento industrial do umbu na forma de geleia e compota (FOLEGATTI et al., 2003); estabilidade da cor de doces em massa de polpa de umbu no estágio de maturação verde (POLICARPO et al., 2007) e estabilidade do néctar misto de cajá e umbu (MATTIETTO et al., 2007).

De acordo com dados do IBGE (2011), foram extraídas 9.804 toneladas de umbu no país em 2010. Essa atividade extrativista acontece nos Estados da Bahia, Pernambuco, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Paraíba, Piauí, Ceará e Alagoas, nesta ordem de importância. Os frutos colhidos são explorados comercialmente, para o consumo fresco ou industrialização, na elaboração de suco, polpa congelada, sorvete, geleia e/ou doces. Contudo, a produção brasileira, que era de 19.861 t em 1990, tem sido reduzida progressivamente.

De acordo com Araújo et al. (2000), o crescente interesse dos consumidores por frutos tropicais, aliado ao número cada vez maior, de pequenas indústrias de processamento de frutas para produção de polpa, poderá tornar os produtos derivados do umbuzeiro, um rentável negócio agrícola. No entanto, Santos et al. (2005) afirmam que o extrativismo tem apresentado declínio nos últimos 20 anos. A pressão antrópica vem contribuindo para a redução das populações de umbuzeiro e as causas que contribuem

para o desaparecimento da vegetação nativa são: formação de pastagens; implantação de projetos de irrigação; uso para a produção de energia para atividades diversas (padarias, olarias); e queimadas (Queiroz et al., 1993). Essas 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.

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

A Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e a Embrapa Semi-Árido são as que detêm em suas coleções os maiores números de acessos de umbu. Aposta-se na possibilidade de que, num futuro próximo, se eleve essa espécie ao cenário de uma fruticultura produtiva (NEVES e CARVALHO, 2005).

Santos et al. (2008) avaliando a variabilidade genética do umbuzeiro, no Semiárido brasileiro concluíram que a variabilidade genética do umbuzeiro não está uniformemente distribuída no Semiárido brasileiro, mas sim, em regiões ecogeográficas, e que a variabilidade genética entre populações é alta, devendo-se amostrar um maior número de populações para a conservação da espécie.

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.



**Figura 1:** Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.

### 3.1.2. Umbu-cajá (*Spondias* sp.)

A umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), considerada um híbrido natural entre o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) e a cajazeira (*Spondia mombin* L.) (Giacometti, 1993), em função da variação no formato, tamanho e coloração dos frutos e da consistência da polpa, também é denominado de cajá-umbu, dependendo da sua região de ocorrência. (SILVA JÚNIOR et al., 2004; LIRA JÚNIOR et al., 2005).

A planta apresenta copa globular, achatada, com altura entre 6 e 8 m e diâmetro que pode alcançar 20 m, sendo o formato da planta parecido com o do umbuzeiro, embora apresente diâmetro de copa visivelmente superior. Apesar de ocorrer comumente em áreas semiáridas, a umbu-cajazeira também é encontrada em regiões litorâneas, que são mais úmidas, provavelmente em decorrência de movimentos antrópicos, em vista das características organolépticas de seus frutos. Normalmente, essas introduções são realizadas por via assexual, mediante a utilização de estacas, visto que cerca de 90% de seus frutos não apresentam sementes. Mesmo nesses grupos litorâneos, observa-se considerável diversidade na forma, cor e características físico-químicas dos frutos.

Os frutos possuem excelente sabor e aroma, boa aparência e qualidade nutritiva, muito consumidos na forma “fresca”, apresentando rendimento médio de 55 a 65 % em polpa, com potencial para a sua utilização na forma processada como polpa congelada, sucos, néctares e sorvetes. Caracteriza-se como uma matéria-prima que apresenta um grande potencial para seu aproveitamento comercial, apresentando-se como naturalmente ácida, com pH ao redor de 2,08, de forma a tornar o meio impróprio ao desenvolvimento de microrganismos (LIMA et al., 2002).

Há apenas dois trabalhos publicados na identificação de compostos voláteis em umbu-cajá, Franco e Shibamoto (2000) identificaram apenas 26 voláteis compostos em frutos maduros. Eles relataram que o perfil volátil em sua grande maioria (87%) é representado por compostos terpênicos, juntamente com 5% ésteres.

Em frutos de umbu-cajás, no estágio de vez, Narain et al. (2007) reportaram 67 componentes voláteis  $\beta$ -cariofileno (22,2%), 2-metil butanal (19,3%), 2-hexanol (18,6%), butirato de etila (7,6%) e um cariofileno (3,9%). No entanto, na polpa de fruta madura, foram detectados 70 compostos entre os quais, encontram-se o 2-metil-butanal (28,4%), 2-hexanol (15,0%), b-cariofileno (14,1%), butirato de etila (6,1%) e um cariofileno (2,4%). Houve notáveis diferenças quantitativas entre os compostos, tais como b-cariofileno e 2-hexanol que foram quantitativamente maiores em frutos

maduros, enquanto o 2-metil butanal conhecido pelo aroma de frutas frescas aumentou com o amadurecimento.



Foto: P.J.S. Gondim, 2012

**Figura 2:** Umbu-cajazeira (*Spondias* sp) - Areia-PB.

### 3.1.3. Cajarana do Sertão (*Spondias* sp.)

A Cajarana do Sertão é conhecida como uma planta xerófila do Semiárido do Nordeste brasileiro, introduzida e adaptada e possui uma excelente facilidade de reprodução assexuada, facilitando dessa maneira a escolha de uma linhagem genética para desempenho de produção. O período mais propício para sua reprodução assexuada está entre setembro e dezembro, quando suas folhas estão caindo, apresentando reservas nutritivas.

Apresenta crescimento rápido, e oferece grandes vantagens para o polígono das secas do nordeste, pois não tem muita exigência com relação a suprimento hídrico para produzir, mesmo com o mínimo de pluviosidade, flora e frutifica normalmente. Predomina em todo tipo de solo, desde os mais rasos tabuleiros aos mais profundos solos aluviais, o que se constata sempre seu aspecto xerófilo e não há, também, exigência à topografia e altitude, ocorrendo em morros e planícies (LIMA, 2010).

Quanto ao aspecto botânico, a Cajarana do Sertão tem ramos grossos e quebradiços, com folhas compostas de 11 a 13 folíolos, flores dispostas em grandes panículas terminais. Seus frutos se apresentam em cachos em forma de drupas elipsóides ou ligeiramente obovoides, amarelos quando maduros, de pele fina do tamanho de uma ciriguela. Sua polpa é compacta, amarelo-pálida, sumarenta, acídula ou doce que cobre uma semente ou caroço, entranhada na massa da polpa (GOMES, 1987).

Os frutos da cajaraneira do Sertão, quanto às características físicas, físico-químicas e bromatológicas apresentam comprimento médio de 20,05 mm, peso médio: 9,76 g, umidade (%): 89,19; teor de cinzas (%): 0,42; proteínas totais (%): 0,85; gorduras totais (%): 0,61; carboidratos (%): 8,93; acidez titulável (%): 1,15; açúcares redutores (%): 6,34; açúcares não redutores (%): 5,99; açúcares totais: 12,33; sólidos solúveis (%): 11,00 e pH: 2,78 (LIMA, 2010).

Não há relatos na literatura sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante desta espécie frutífera.



**Figura 3:** Cajarana do Sertão (*Spondias* sp.)

### 3.2. Métodos de avaliação da atividade antioxidante

A capacidade antioxidante dos alimentos de origem vegetal é derivada da ação de uma grande variedade de antioxidantes, como as vitaminas C e E, polifenóis, carotenoides, terpenoides (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

Quantitativamente, os principais antioxidantes da dieta são os polifenóis, seguido por vitaminas e carotenoides, cuja dieta diária são cerca de 1 g de polifenóis, 110mg de vitaminas antioxidantes e 9,4 mg de carotenoides (SAURA-CALIXTO e GOÑI, 2006).

Para Olsson et al. (2004) e Prakash et al. (2007), o conteúdo de compostos antioxidantes dos alimentos de origem vegetal e sua capacidade antioxidante está relacionada, em primeiro lugar, a variedade e ao grau de amadurecimento.

Os métodos mais utilizados para quantificação da capacidade antioxidantes *in vitro* são: FRAP (Poder Antioxidante de Redução do Ferro), ORAC (Capacidade de absorção do radical oxigênio), ABTS (Ácido 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) e

DPPH (2,2-difenil-1-picril-didrazil). O FRAP, ABTS e ORAC são normalmente utilizados para medir a capacidade antioxidante de compostos hidrofílicos, apesar de algumas modificações terem sido sugeridas para o ORAC (Wu et al., 2004) e ABTS (Pulido et al., 2003), a fim de determinar a capacidade antioxidante associadas a compostos lipofílicos. No entanto, o DPPH é o único destes métodos que tem sido rotineiramente aplicado em ambos os extratos (hidrofílico e lipofílico) em vegetais (CHENG et al., 2007; LLORACH et al. , 2004) e óleos vegetais (TUBEROSO et al., 2007).

Pérez-Jiménez et al. (2008) recomendam pelo menos dois, e/ou de preferência todos esses métodos combinados, de modo a proporcionar informações mais abrangente sobre a capacidade antioxidante total de um vegetal, devendo-se levar em consideração os prós e contras de cada método, bem como sua aplicabilidade. A medição da capacidade antioxidante é um parâmetro chave importante para quantificação dos compostos bioativos em vegetais, sendo necessário o desenvolvimento de uma metodologia padrão. Na literatura são citadas diferentes metodologias e solventes para extração de compostos antioxidantes, bem como, a expressão dos resultados. De modo, que, a comparação entre os valores relatados por diferentes laboratórios torna-se difícil.

Os resultados para os métodos ABTS, FRAP e ORAC são interpolados em uma curva de calibração com o Trolox (análogo hidrossolúvel da vitamina E) e são expressos como equivalente ao Trolox, isto é, 1  $\mu$ mol de Trolox é necessário para fornecer a capacidade antioxidante em 1 grama de amostra (Ou et al., 2001). Então, quanto maior for o valor equivalente ao Trolox da amostra, maior será sua capacidade antioxidante. No entanto, o Trolox não tem qualquer significado fisiológico e sua escolha como padrão da capacidade antioxidante é arbitrária, uma vez que, seu uso tem sido bastante comum torna-se mais fácil a comparação entre os dados. A utilização de outros padrões, tais como a vitamina C ou vitamina E pode ser útil para estudos específicos de nutrição. Em qualquer um dos casos, a forma de expressar os resultados é muito importante, pois permite direta comparação entre os diferentes resultados publicados, desde que o método, o solvente e o tempo da reação sejam os mesmos (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

Grande parte das pesquisas sobre a capacidade antioxidante, tem se concentrado, principalmente, sobre as características de medição dessa capacidade, como sistema de geração de radicais livres, solubilidade lipofílica ou hidrofílica, interações redox. No entanto, pouca atenção tem sido dada, a um ponto crítico importante, que é o preparo da

amostra (Luthria, 2006) ou ao procedimento de extração dos antioxidantes. (PELLEGRINI et al, 2007; PÉREZ-JIMÉNEZ e SAURA-CALIXTO, 2005).

Com base na sua solubilidade, os antioxidantes podem ser classificados em dois grupos: antioxidantes hidrofílicos, compreendendo vitamina C e muitos dos compostos polifenólicos, e antioxidantes lipofílicos, predominantemente composto de vitamina E, carotenoides e clorofilas. Os compostos incluídos nas classes de polifenóis e carotenoides têm diferentes graus de solubilidade. A solubilidade de polifenóis varia de acordo com o peso molecular e o grau de glicosilação, acilação ou esterificação, na solubilidade em água particular, aumenta com o aumento de glicosilação. No que diz respeito a solubilidade de compostos lipofílicos, devido à suas características estruturais, as clorofilas são mais solúvel em água que os carotenoides (LUTHRIA, 2006). No entanto, devido ao potencial antioxidante dos compostos com diferentes polaridades, todos os métodos para avaliar a capacidade antioxidante total dos alimentos, são fortemente afetados pelos solventes utilizados durante a extração (MOURE et al., 2001; PELLEGRINI et a., 2006).

Capacidade antioxidante é geralmente medida, em extratos vegetais obtidos com solventes orgânicos (metanol, etanol, acetona, clorofórmio, etc.). No entanto, não há um solvente que seja inteiramente satisfatório para extração de todos os antioxidantes presentes em um alimento, especialmente aqueles associados com carboidratos complexos e proteínas (Bravo et al., 1994). Consequentemente, há uma quantidade considerável de antioxidantes remanescente nos resíduos da extração, que é ignorada na maioria dos estudos químicos e biológicos. No entanto, estes compostos antioxidantes não extraído, são liberados no intestino humano pela ação de enzimas digestivas e da microflora intestinal produzindo efeitos biológicos significativos (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

Pellegrini et al. (2006) avaliando a capacidade antioxidante de alguns frutas através da extração sequencial de solventes (água, acetona e clorofórmio), concluiu que os extratos de água e acetona foram os principais contribuintes para a capacidade antioxidante total nos vegetais utilizados, por serem ricos em antioxidantes solúveis em água.

### **3.3. Principais compostos bioativos**

#### **3.3.1. Compostos fenólicos**

Várias fontes de antioxidantes naturais são conhecidas e algumas são amplamente encontradas no reino vegetal. Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK et al., 2004).

Constituem uma grande classe de fitoquímicos alimentares e se encontram distribuídos entre as distintas partes das plantas, porém, sua maior concentração está nas frutas, hortaliças e em seus derivados. Sua estrutura química contém pelo menos um anel aromático, o qual está unido a uma (ou mais) hidroxila(s) e, dependendo do número e da posição dessas hidroxilas na cadeia, esses compostos apresentam distintas propriedades de se complexar com os radicais livres, neutralizando-os (KARAKAYA, 2004).

Segundo Kuskoski et al. (2005) e Santos et al. (2008), os compostos fenólicos presentes nos vegetais são os principais responsáveis pela atividade antioxidante. A proteção atribuída aos antioxidantes é decorrente da sua ação redutora frente a espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, que são moléculas formadas continuamente durante os processos metabólicos ou são provenientes de fontes exógenas. Quando em excesso, estas espécies reativas podem causar danos celulares e contribuir para o surgimento de doenças cardiovasculares, neurológicas e alguns tipos de câncer (NIKI et al., 2005; PRIOR et al., 1998).

Na classe dos fenólicos se incluem os ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides, taninos condensados, ligninas etc. Na planta, os compostos fenólicos podem atuar como fitoalexinas, contribuem para a pigmentação das plantas, proteção contra a luz UV, entre outros.

#### **3.3.2. Carotenoides**

Os carotenoides são compostos lipofílicos formados por oito unidades isoprenoides. Eles desempenham um papel muito importante na saúde humana e nutrição, e são reconhecidos como poderosos antioxidantes, devido à sua capacidade de capturar o oxigênio singlete e eliminar o radical peroxila (Al-Duais, 2009). Alguns carotenoides têm atividade pró-vitamina A ( $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina) e

estão associados com a redução da incidência de câncer e doenças coronarianas (Yahia e Ornelas-Paz, 2010). Vários estudos *in vitro* e *in vivo* têm mostrado, que os carotenoides previnem doenças cardiovasculares, além de fornecer proteção contra alguns tipos de câncer (YUAN et al., 2003).

Com base em sua estrutura, os carotenoides são divididos em dois grupos: carotenos que quimicamente são hidrocarbonetos e xantofilas com pelo menos uma molécula de oxigênio. A presença de duas ligações conjugadas dá aos carotenoides a capacidade de agir como fotoprotetores (Tanaka et al., 2008), protegendo a membrana da peroxidação lipídica extinguindo espécies reativas de oxigênio (RIVERA-PASTRANA et al., 2010). Dependendo dos grupos terminais, os carotenoides podem ser também classificados como acíclicos, monocíclicos ou bicíclicos (Rodrigues-Amaya, 1999; Fraser e Bramley, 2004). Muitas outras modificações estruturais ainda são possíveis permitindo a biossíntese de mais de 600 carotenoides na natureza. O número de carotenoides encontrados naturalmente continua aumentando e atualmente alcançou aproximadamente 750 (BRITTON, 1995; BRITTON et al., 2004).

O conteúdo de carotenoides dos vegetais pode ser afetado por uma série de fatores como: o grau de maturação, o tipo de solo e as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, o efeito dos agrotóxicos, a exposição à luz solar, as condições de processamento e armazenamento (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

### **3.3.3. Vitamina C**

O ácido L-ascórbico (AA) tem inúmeras funções biológicas, que incluem a síntese de colágeno, hormônios e neurotransmissores e na absorção do ferro (Block, 1993 e Mandl et al. 2009). Acredita-se que o papel do ácido AA na prevenção da doença é devido à sua capacidade de sequestrar os radicais livres nos sistemas biológicos (LEONG e SHUI, 2002).

A vitamina C é altamente biodisponível e, portanto, o mais importante antioxidante solúvel em água (hidrofílica). Ela desempenha um importante papel, atuando em vários processos metabólicos, como o desenvolvimento e manutenção dos tecidos e produção de hormônio (Puente et al., 2011). Além de co-fator enzimático, participa dos processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres, tais como radicais superóxidos, oxigênio singlete, peróxido de hidrogênio e radical peroxila (Aranha et al., 2000; Klimczak et al., 2007). A atividade antioxidante do ácido

ascórbico é causada pela facilidade da perda de elétrons, tornado-se muito eficaz em sistemas biológicos (KAUR e KAPOOR, 2001).

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-DUAIS, M. Contents of vitamin C, carotenoids, tocopherols, and tocotrienols in the subtropical plant species *Cyphostemma digitatum* as affected by processing. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v.57, p.5420–5427, 2009.

ALVES, R.E.; BRITO, E.A.; RUFINO, M.S.M.; SAMPAIO, C. G. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: A case study with acerola. **Acta Horticulturae**, v.773, p.299–305, 2008.

ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. C. R.; BARROS, J. C.; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista Nutrição**. v.13, p.89-97, 2000.

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.

BLOCK, G. **Vitamin-C, Cancer and aging**. Age, 16, 55–58, 1993.

BRAVO, L.; ABIA, R.; SAURA-CALIXTO, F. Polyphenols as dietary fiber associated compounds. Comparative study on in vivo and in vitro properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.42, n.7, p.1481–1487, 1994.

BRITTON, G. **Carotenoids Handbook**. G. Britton, G.; S. Liaaen-Jensen, S.; Pfander, H.(Eds.). Birkhauser, Basel. 2004.

BRITTON, G. UV/Visible Spectroscopy. **In:** BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. "Carotenoids". Birkhauser, Basel. p.13-62, 1995.

BURNS, J.; FRASER, P.D.; BRAMLEY, P.M. Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. **Phytochemistry**, v.62, p.939–947, 2003.

CHENG, H. Y., LING, Y. C., HSIEH, C. L. Evaluation of antioxidant activity of aqueous extract of some selected nutraceutical herbs. **Food Chemistry**, v.104, n.4, p. 1418–1424, 2007.

FERREIRA, J.C.; MATA, M.E.R.M.C.; 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.

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, 2003.

FRANCO, M. R. B., SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some Brazilian fruits: Umbu-cajá (*Spondias cytherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*), and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p.1263–1265, 2000.

FRASER, P.D.; BRAMLEY, P.M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**. v.43, p.228-265, 2004.

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 - 93-99. 1993.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. 11.ed. São Paulo: Nobel, 1987. 446p.

KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolics compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 44, n.6, p. 453-464, 2004.

KAUR, C., KAPOOR, H. Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's Health. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, n.7, p.703-725, 2001.

KLIMCZAK, I.; MAŁECKA, M.; SZLACHTA, M.; GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, p.313–322, 2007.

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

LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 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, E.D.P.; LIMA, C.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.24, n.2, p.338-343, 2002.

LIMA, F.S. **Caracterização físico-química e bromatológica de *Spondias sp* (Cajarana do Sertão)**.– Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais ), 64p.: il., Centro de Saúde e Tecnologia Rural, UFCG, 2010.

LIRA JÚNIOR, J. S. de; MUSSER, R. dos S.; MELO, E.de A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E. ; SANTOS, V. F.dos. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP. v.25, n.4, p.757-761, 2005.

LLORACH, R., TOMÁS-BARBERÁN, F., FERRERES, F. Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.16, p.5109–5116, 2004.

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

LUTHRIA, D. Significance of sample preparation in developing analytical methodologies for accurate estimation of bioactive compounds in functional foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.14, p.2266–2272, 2006.

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.

MANDL, J, SZARKA A, BANHEGYI G. Vitamin C: update on physiology and pharmacology. **British Journal of Pharmacology**, v.157, n.7, p.1097–1110, 2009.

MATTIETTO, R.de A.; LOPES, A.S.; MENEZES, H.C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p. 456-463, 2007.

MILLER, A.: SCHAAL, B.A. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree. *Spondias purpurea*. **PNAS**. Washington. v.102. p.12801-12806, 2005.

MOURE, A.; CRUZ, J.M.; FRANCO, D.; DOMINGUEZ, J.M.; SINEIRO, J. DOMINGUEZ H, et al, Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v.72, p.145–171,2001.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**. v.1054, n.1-2, p.95-111, 2004;

NARAIN, NARENDRA.; GALVÃO, M. S. M.; MADRUGA, M.S. Volatile compounds captured through purge and trap technique in caja-umbu (*Spondias* sp.) fruits during maturation. **Food Chemistry**, v.102, n.3, p.726-731, 2007.

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.

NIKI, E.; YOSHIDA, Y.; SAITO, Y.; NOGUCHI, N. Lipid peroxidation: Mechanisms, inhibition, and biological effects. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Califórnia, v. 338, n. 1, p. 668-676, 2005.

OLSSON, M. E., EKVALL, J., GUSTAVSSON, K. E., NILSSON, J., PILLALD, D., SJOHÖLM, I. Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria ananassa*): Effects of cultivar, ripening, and storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.9, p. 2490–2498, 2004.

OU, B., HAMPSCH-WOODILL, M., PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.10, 4619–4626, 2001.

PELLEGRINI, N., COLOMBI, B., SALVATORE, S., BRENNNA, O. V., GALAVERNA, G., DEL RIO, D.,BIACHI, M.; BENNETT, R.N.; BRIGHENTI, F. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: Efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, n.1, p.103–111, 2007.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J. e SAURA-CALIXTO, F. Literature data may underestimate the actual antioxidant capacity of cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.5036–5040, 2005.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J., ARRANZ, S., TABERNERO, M., DÍAZ-RUBIO, M. E., SERRANO, J., GOÑI, I. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v.41, n.3, p.274–285, 2008.

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.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.80, p.902 - 927. 1993.

PRAKASH, D., UPADHYAY, G., SINGH, B. N., SINGH, H. B. Antioxidant and free radical-scavenging activities of seeds and agriwastes of some varieties of soybean (*Glycine max*). **Food Chemistry**, v.104, n.2, p.783–790, 2007.

PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolics and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.46, n.7, p.2686-2693, 1998.

PUENTE, L. A., PINTO-MUÑOZ, C. A., CASTRO, E. S., CORTÉS, M. The multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v.44, n.7, p.1733-1740, 2011.

PULIDO, R., HERNÁNDEZ-GARCÍA, M., SAURA-CALIXTO, F. Contribution of beverages to the intake of lipophilic and hydrophilic antioxidants in the Spanish diet. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.57, n.10, p.1275–1282, 2003.

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-CNPMF**, 1993, p.87-92.

RIVERA-PASTRANA, D. M., YAHIA, E. M., GONZALEZ-AGUILAR, G. Phenolic and carotenoid profiles of papaya fruit (*Carica papaya* L.) and their contents under low temperature storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, p.2358–2365, 2010.

RODRIGUES-AMAYA, D. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**, OMNI Research: ILSI Press: Washington D. C. 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. International Life Sciences Institute, Washington, D.C. 64p., 2001.

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, C.A.F.; CAVALCANTI, N. de B.; NASCIMENTO, C.E.; ARAÚJO, F.P. de; LIMA FILHO, J.M.P.; ANJOS, J.B. dos; OLIVEIRA, V.R. de. Umbuzeiro: pesquisas, potenciais e desafios. In: ROMÃO, R.R.; RAMOS, S.R.R. (Org.). **Recursos genéticos vegetais no Estado da Bahia**. Feira de Santana: UEFS, 2005. p.69-81.

SANTOS, C.A.F.; RODRIGUES, M.A.; ZUCCHI, M.I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1037-1043, 2008.

SANTOS, G. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M; COSTA, J. M.C.FIGUEIREDO, R. W. PRADO, G. M. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açai (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SAURA-CALIXTO, F.; GOÑI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, v.94, n.3, p.442–447, 2006.

SILVA JÚNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; ALVES, M.A.; MELO NETO, M.L. Collecting, *ex situ* conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombim* x *Spondias tuberosa*) germ-plasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Pernambuco, v.51, n.4, p.343-349, 2004.

SILVA, E.M.; SOUZA, J.N.S.; ROGEZ, H.; REES, J.F.; LARONDELLE, Y. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. **Food Chemistry**. v.101, p.1012–1018, 2007.

SINGLETON, V.L.; ROSSI Jr.; J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

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

TANAKA, Y., SASAKI, N., OHMIYA, A. Biosynthesis of plant pigments: Anthocyanins, betalains and carotenoides. **The Plant Journal**, v.54, n.4, p.733–749, 2008.

TUBEROSO, C.I.G., KOWALCZYK, A., SARRITZU, E., CABRAS, P. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, v.103, n.4, p.1494–1501, 2007.

USHIKUBO, F. Y.; WATANABE, A. P.; VIOTTO, L. A. Microfiltration of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) juice. **Journal of Membrane Science**, v. 288, n.1-2, p.61-66, 2007.

WU, X.; BEECHER, G. R.; HOLDEN, J. M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHARDT, S. E., PRIOR, R. L. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.12, p.4026–4037, 2004.

YAHIA, M. E., ORNELAS-PAZ, J. J. Chemistry, stability and biological actions of carotenoids. **In:** L. A. de la Rosa, E. Alvarez-Parrilla, & G. A. Gonzalez-Aguilar (Eds.), *Fruit and vegetable phytochemicals*, USA: Wiley-Blackwell, p. 177–222, 2010.

**CAPÍTULO II**

**QUALIDADE, COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**  
**DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DA UMBU-CAJAZEIRA (*Spondias* sp.)**

## RESUMO

Os frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) são amplamente consumidos frescos ou processados, em decorrência de suas características sensoriais. No entanto, pouco se conhece sobre suas propriedades funcionais. Neste trabalho foram avaliados oito genótipos, provenientes do Brejo paraibano, quanto às características físicas, físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e ORAC. Dentre as características físicas, todos os genótipos apresentaram bom rendimento, acima de 60%. Para as características físico-químicas foram observados valores médios de SS de 11.86%, AT de 1.05%, adequada relação SS/AT, destacando-se o genótipo G2, com a maior média 13.75, pH: 3.40, açúcares redutores e amido, com valores médios de 7.67 e 0.52 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente, evidenciando ser uma alternativa para o mercado de frutas frescas, bem como para o processamento. Quanto aos carotenoides identificados e quantificados por HPLC, dois principais tipos foram encontrados: a zeaxantina e β-cryptoxantina, sendo a zeaxantina o constituinte majoritário. Os teores médios de PET foram de 44.68 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, carotenoides totais, zeaxantina e β-cryptoxantina (12.07, 8.02 e 1.37 μg.g<sup>-1</sup>), respectivamente, flavonoides amarelos, 1.98 mg.100g<sup>-1</sup> e vitamina C, 9.95 mg.100g<sup>-1</sup>. Os compostos bioativos responsáveis diretamente pela atividade antioxidante foram os carotenoides totais, a zeaxantina e a β-cryptoxantina. O método ABTS, se constitui em um método eficiente para quantificação da atividade antioxidante, em frutos de umbu-cajazeira, não sendo observada correlação com o método ORAC.

**Palavras-chave:** *Spondias* sp., atividade antioxidante, compostos bioativos.

## QUALITY, BIOACTIVE COMPOUNDS, AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FRUITS OF UMBU-CAJÁ TREE GENOTYPES (*Spondias* sp.)

### ABSTRACT

The fruits of umbu-cajá tree (*Spondias* sp.) are widely fresh consumed or processed due to their sensorial characteristics. However, little is still known about its functional properties. In this study it was evaluated fruits of eight genotype of umbu cajá tree, from the Brejo of Paraíba State, Brazil, the physical, physicochemical, bioactive compounds, and antioxidant activity by ABTS and ORAC. Among the physical characteristics, all genotypes evaluated showed yield higher than 60%. For the physicochemical characteristics, in umbu-cajá it was observed values of SS of 11.86%, 1.05% AT, and the SS / TA ratio that was highlighted for the genotype G2, with the highest average 13.75, 3.40 for pH, reducing sugars and starch, with values of 7.67 and 0.52 g.100g<sup>-1</sup>, respectively, evidencing being these fruits proper for fresh market and processing. The carotenoids were identified and quantified by HPLC and two main types found were: zeaxanthin and  $\beta$ -cryptoxantina, and the zeaxanthin was present in higher amounts. The mean values for PET were 44.68 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, total carotenoids, zeaxanthin and  $\beta$ -cryptoxantina (7.12, 8.02 and 1.37  $\mu$ g.g<sup>-1</sup>), respectively, yellow flavonoids of 1.98 mg 100g<sup>-1</sup>, and vitamin C of 9.95 mg 100g<sup>-1</sup>. The bioactive compounds directly responsible for antioxidant activity were the total carotenoids, zeaxanthin, and  $\beta$ -cryptoxanthin. The ABTS method was adequate for quantification of the antioxidant activity in umbu-cajá fruit, with no observed correlation with the ORAC method.

**Keywords:** *Spondias* sp., Antioxidant activity, bioactive compounds.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma das maiores diversidade de espécies frutíferas do mundo, algumas das quais, ainda são desconhecidas e outras pouco exploradas. Portanto, estudos integrados são necessários no sentido de introduzir essas espécies nativas e não tradicionais na matriz produtiva. Nesse sentido, embora o país se destaque como terceiro maior produtor mundial de frutas, entre as dez frutíferas mais produzidas, nenhuma é nativa (KINUPP, 2005; FERNANDES, 2006).

Portanto, as frutas nativas brasileiras, entre elas a umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) apresenta potencial praticamente inexplorado, no entanto, com grandes perspectivas de inserção no mercado interno e externo, em função de serem bastante apreciadas, em decorrência de suas características sensoriais para o consumo fresco ou processado como polpa congelada, sucos, néctares e sorvetes (SOARES et al., 2006; CARVALHO et al., 2008).

Atualmente, a expectativa de vida tem aumentado no mundo, sendo observada uma maior demanda pela inclusão, na dieta básica, de frutos que apresentem valor nutricional diferenciado com riqueza de cores, sabores e aromas exóticos, além de propriedades nutraceuticas, colaborando para uma melhor qualidade de vida, em virtude da prevenção de doenças degenerativas e promoção da saúde (WANG et al., 2011).

Diferentes métodos, novos ou adaptados, têm sido empregados na avaliação da atividade antioxidante de frutas, das quais FRAP, ABTS, DPPH e ORAC são largamente utilizadas. Pérez-Jiménez et al. (2008) recomendam a utilização de pelo menos dois métodos analíticos para obtenção de dados confiáveis da atividade antioxidante total de um alimento, uma vez que esta é determinada por uma continuação de substâncias antioxidantes, através de diferentes mecanismos de ação e/ou interações sinérgicas.

Os compostos antioxidantes, incluindo ácido ascórbico, ácidos fenólicos, carotenoides, estão naturalmente presentes em frutas, ervas e hortaliças (Ali et al., 2008; Lu et al., 2011), cujo conteúdo é afetado por fatores diversos, tais como: a variedade, parte do vegetal, estágio de maturação, clima, tipo de solo, condições de cultivo, área geográfica de produção, condições de colheita, processamento e armazenamento (NACZK e SHAHIDI, 2006 ).

Baseado no exposto, o objetivo desse trabalho foi determinar a qualidade, os compostos bioativos, a atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeira provenientes do Brejo paraibano.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Procedência dos Frutos e Colheita**

O trabalho foi realizado com frutos colhidos manualmente nas primeiras horas do dia, na maturidade comercial, caracterizada pela coloração da casca totalmente amarela, antes da abscisão da planta, em toda extensão da copa, de oito genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) de ocorrência espontânea, localizados no município de Areia – PB, denominados de: (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7 e G8). Após a colheita os frutos foram transportados ao Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

### **2.2. Avaliações Físicas**

No laboratório foram utilizados 25 frutos, de cada genótipo, para a caracterização física, sendo avaliada massa do fruto (g), peso da casca, peso da semente, pesando-se os frutos individualmente em balança semi-analítica (MARK 3100) sendo em seguida, descascados manualmente, usando faca de aço inoxidável, pequena e lisa.

Para a massa da polpa, foi considerada a diferença entre a massa do fruto e a da casca + semente. No caso do rendimento, foi considerado o peso da casca + peso da polpa. O comprimento (mm) e o diâmetro (mm) foram obtidos com auxílio de paquímetro digital (Within 300mm).

### **2.3. Avaliações Físico-Químicas**

Para as avaliações físico-químicas, foram preparadas 3 repetições de cerca de 250 g de polpa, homogeneizada de cada genótipo para as determinações de: Sólidos Solúveis (% SS): determinados com refratômetro digital (KRÜSS-OPTRONIC, HAMBURGO, ALEMANHA), segundo AOAC (2000); Acidez Titulável (% AT): por titulometria com NaOH 0,1M, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008) e expressa em percentagem de ácido cítrico; Relação SS/AT: relação entre os SS e AT; pH: determinado com potenciômetro digital (HANNA, SINGAPURA), conforme técnica da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000); ácido ascórbico ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ): determinado através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), até obtenção de coloração rósea claro permanente, utilizando-se 1g da polpa diluída em 30 mL de ácido oxálico 0,5 % - AOAC (2000); açúcares redutores ( $\text{g} \cdot 100^{-1}\text{g}$  polpa): realizada segundo Miller (1959) utilizando o ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS); amido ( $\text{g} \cdot 100^{-1}\text{g}$  polpa): a extração feita

por hidrólise ácida, conforme método descrito pela AOAC (2000), com algumas adaptações; flavonoides amarelos da polpa ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) conforme metodologia de Francis (1982). Leitura realizada a 374nm, calculado através da fórmula: fator de diluição x absorbância/76,6.

## **2.4. Determinação de Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante**

As análises de compostos bioativos, em amostras previamente liofilizadas, foram realizadas no Centro de Biotecnologia e Química Fina (CBQF), Escola Superior de Biotecnologia (ESB) da Universidade Católica do Porto (UCP) – Porto – Portugal.

### **2.4.1. Obtenção dos Extratos**

Os extratos hidrometanólicos (MeOH 80%) e hidroacetônicos (80%) foram obtidos sequencialmente, utilizando 0,5g das polpas de umbu-cajazeira previamente liofilizadas e adicionadas de 30 mL de MeOH a 80%, mantidas sob agitação constante durante 30 minutos à temperatura ambiente. Em seguida foram transferidos para tubos tipo Falcon de 50 mL e centrifugados (centrífuga universal 320R – Hettich – Zentrifugen – Alemanha) por 5 minutos a 5000 rpm e filtrados através de papel de filtro. Os extratos foram armazenados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posterior avaliação. Aos resíduos foram adicionados acetona a 80%, utilizando a metodologia similar a acima descrita, sendo a extração realizada em triplicata, para cada genótipo.

### **2.4.2. Determinação da Atividade Antioxidante**

A atividade antioxidante dos extratos dos oito genótipos foi avaliada através de dois métodos analíticos: ORAC (Oxygen radical absorbance capacity) e  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  (Ácido 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico).

#### **2.4.2.1. Método ORAC**

O método ORAC foi realizado conforme Ou et al. (2001) e adaptação do Huang et al. (2002) para uso em microplacas, usando fluoresceína. A quantificação da atividade antioxidante foi baseada no cálculo da área sob a curva de declínio da fluorescência, como proposto por Prior et al. (2003). Os resultados foram expressos em  $\text{mmol Eq Trolox} \cdot \text{g}^{-1}$  de amostra fresca.

#### **2.4.2.2. Método ABTS**

A quantificação da atividade antioxidante pelo método ABTS<sup>•+</sup> foi de acordo com Gião et al. (2007), onde o cátion ABTS<sup>•+</sup> foi diluído em água ultra-pura. O Trolox usado, como padrão no método original, foi substituído por ácido ascórbico (99,0% puro, Sigma-Aldrich<sup>®</sup>, Steinheim, Alemanha), pelos seguintes fatores: (1) ser amplamente utilizado pela indústria de alimentos; (2) os resultados são pelo menos tão reprodutíveis quanto aqueles obtidos com trolox; (3) a preparação das soluções correspondentes é mais fácil, e (4) a solução final apresenta uma maior estabilidade.

Os extratos foram obtidos com metanol (80%) e acetona (80%) e a atividade antioxidante foi quantificada em espectrofotômetro UV mini-1240 (Shimadzu, Tokyo, Japão) em comprimento de onda de 734nm. O ácido ascórbico foi utilizado como padrão para preparar a curva de calibração, na faixa de 0,021-0,5 gL<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de vitamina C por grama de massa fresca. Alíquotas de 80 µL de extrato obtido, dos diferentes genótipos, foram adicionadas a 1,0 mL de ABTS<sup>•+</sup> diluído ((A734 nm = 0.700 (±0.02)) e a absorbância foi lida depois de 6 minutos da mistura inicial. Todas as determinações foram efetuadas em triplicata.

#### **2.4.3. Determinação dos Polifenóis Extraíveis Totais (PET)**

O conteúdo de polifenóis extraíveis totais (PET) foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu, conforme Singleton e Rossi Jr. (1995), utilizando ácido gálico como padrão, e os resultados, expressos em mg EAG.g<sup>-1</sup> de massa fresca. Foi utilizado 50 µL de cada amostra e o branco (água deionizada), onde foram combinados com 50 µL do reagente Folin-Ciocalteu's (0.25 N) (Merck<sup>®</sup>), 1 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1N) (Sigma-Aldrich<sup>®</sup>) e 1,4 mL água destilada. A mistura foi incubada durante 1 hora a temperatura ambiente e as medições de absorbância foram efetuadas a 750 nm em espectrofotômetro UV mini-1240 (Shimadzu, Tokyo, Japão), sendo o branco estabelecido como o zero. Todas as determinações foram efetuadas em duplicata de cada repetição. A curva padrão foi preparada usando diferentes concentrações de ácido gálico na faixa de linearidade (Abs - 0,0163)/1,6745 e o R<sup>2</sup> = 0,9976.

#### **2.4.4. Determinação dos Carotenoides**

a) A extração e avaliação dos carotenoides foram baseadas no método descrito por Wright e Kader (1997), com as seguintes adaptações: foi utilizado 0,5 g da amostra seca

adicionado de 1,0 mL de etanol (gelado), a qual foi homogeneizada com Ultra-Turrax (modelo T25 JK GmbH, Staufen Germany) a 6000 rpm por 1 min., a esta mistura foi adicionado 4,0 mL de hexano, a qual foi homogeneizada novamente por 1 min., centrifugou-se (centrífuga universal 320R – Hettich Zentrifugen – Germany) por 5 minutos a 5000 rpm, o sobrenadante foi recolhido e ao resíduo adicionou-se 2,5 mL de NaCl saturado adicionado de 4 mL de hexano, que foi homogeneizado e centrifugado, como descrito anteriormente. O segundo extrato foi adicionado ao primeiro e homogeneizados. As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro (Specord S-600 – Analytikjena) a 454 nm.

b) O Perfil qualitativo e quantitativo dos carotenoides foram determinados por HPLC-DAD (Waters Series 600, Mildford MA, EUA). A detecção foi conseguida por um detector de arranjo de diodos (Waters, Massachusetts, EUA) em intervalos de comprimento de onda de 200-600 nm em intervalos de 2 nm. A separação foi realizada em fase reversa Symmetry<sup>®</sup> coluna C18 (250 x 4,6 mm id, tamanho de partícula 5 mm e 125 Å tamanho dos poros) com uma coluna de guarda contendo a mesma fase estacionária (Symmetry<sup>®</sup> C18).

Os carotenoides foram analisados usando acetonitrila (55%), metanol (22%), diclorometano (11,5%), hexano (11,5%) e acetato de amônio (0,02%), como eluente em condições isocrática a 1,0 vazão mL/min durante 20 min, a 25 ° C. O volume de injeção foi de 40 µL e o detector foi fixado em 454 nm. β-caroteno (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA), zeinoxantina, β-criptoxantina e β-caroteno, foram quantificados através de uma curva de calibração construída com padrões puros (Extrasynthese, Lyon, França) e expressa em microgramas por grama de massa fresca.

## **2.5. Delineamento Experimental**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software SAS (9.2) sem transformação. Para comparação das médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais, sendo estudada a resposta aos fatores estudados para o autovalor da matriz de correlação ( $\lambda$ )

Para a determinação da contribuição dos componentes bioativos com a atividade antioxidante das amostras estudadas, foi realizada a correlação de Pearson.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Características Físicas**

##### **3.1.1. Comprimento e Diâmetro do Fruto**

A amplitude para o comprimento e diâmetro de frutos de diferentes genótipos do umbu-cajá variou de 36.99 a 44.29 mm e 31.82 a 35.97 mm com média geral de 41.89 e 34.35 mm, respectivamente (Tabela 1). Os frutos dos genótipos G5, G6 e G7 destacaram-se por terem os maiores comprimentos, enquanto que os dos G3 e G8 foram os de menores comprimentos e diâmetros, que se encontram próximo aos reportados por Santos et al. (2010), com 43.8 mm (comprimento) e 31.6 mm (diâmetro), mas superiores aos reportados por Carvalho et al. (2008), 38.0 e 31.0 mm, Noronha et al. (2000) 29.60 mm e 29.57 mm, em frutos maduros e por Lima et al. (2002), em umbu-cajás do Brejo paraibano.

##### **3.1.2. Massa do Fruto**

A massa dos frutos apresentou média de 28.82 g, com mínimo de 20.27g (G3) e máximo de 30.93 g (G8), de modo que o genótipo G3 diferiu significativamente ( $p \leq 0.05$ ) dos demais genótipos. A massa do G3 foi próxima a encontrada por Carvalho et al. (2008), 19.8 g e Lira Júnior et al. (2005), 20.69 g. Por outro lado, a média geral, bem como, a massa dos demais genótipos foi bem superior aos citados por Santos et al. (2010), 23.18 g em frutos do Recôncavo Sul da Bahia.

De acordo com a classificação de Bosco et al. (2000) para o cajá (*Spondias mombin* L.), que agrupam como frutos grandes os com massa superior a 15 g; médios entre 12 g e 15 g; pequenos, inferior a 12 g. Portanto, com base nestes autores, os umbu-cajás avaliados podem ser classificados de tamanho grande.

No entanto, vale salientar que a massa média de frutos é uma característica varietal flexível dentro dos limites típicos de cada cultivar, quando estes atingem o pleno desenvolvimento fisiológico, além de fatores edafoclimáticos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

##### **3.1.3. Percentagem de Casca**

Para a percentagem da casca, os valores oscilaram entre 20.04 a 24.81 %, com média de 22.08 %. A percentagem da casca diferiu entre genótipos, destacando-se G3 com menor valor, provavelmente em decorrência da menor massa do fruto e tamanho.

Deve-se ressaltar, entretanto, que na etapa de descascamento, qualquer excesso de pressão exercida pelo descascador poderá retirar também parte da polpa dos frutos, o qual irá alterar a percentagem da casca (Dantas Júnior, 2008).

**Tabela 1:** Caracterização de frutos de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) colhidos na maturidade comercial, com coloração da casca totalmente amarela, Areia - PB.

| Genótipos     | Comp.<br>(mm) | Diâm.<br>mm | Massa<br>Fruto (g) | Casca<br>(%) | Semente<br>(%) | Polpa<br>(%) | Rend.<br>(%) |
|---------------|---------------|-------------|--------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| <b>G1</b>     | 41.68±1.33b   | 35.85±0.90a | 29.13±1.93a        | 22.08±0.53b  | 35.57±2.18a    | 47.55±2.42b  | 66.91±2.18b  |
| <b>G2</b>     | 41.28±0.05b   | 36.15±0.33a | 28.77±0.87a        | 23.37±0.86b  | 33.37±1.32a    | 47.23±2.01b  | 68.27±1.32b  |
| <b>G3</b>     | 36.99±0.26c   | 31.82±0.25b | 20.27±0.59b        | 20.06±0.23d  | 28.50±0.17b    | 42.22±0.34c  | 61.47±0.17c  |
| <b>G4</b>     | 41.51±0.64b   | 33.67±2.08a | 29.69±0.52a        | 20.04±0.39c  | 30.22±0.65a    | 51.80±1.03a  | 70.37±0.65a  |
| <b>G5</b>     | 43.24±0.78a   | 35.97±0.69a | 30.59±0.60a        | 23.37±0.80a  | 30.97±1.18a    | 48.45±1.44a  | 69.92±1.18a  |
| <b>G6</b>     | 44.29±0.96a   | 35.55±0.79a | 30.79±0.72a        | 24.81±0.87a  | 30.81±0.56a    | 47.19±1.11a  | 69.81±0.56a  |
| <b>G7</b>     | 44.09±1.31a   | 35.42±1.89a | 30.40±0.76a        | 24.25±0.74a  | 29.97±0.64a    | 48.53±1.20a  | 70.66±0.64a  |
| <b>G8</b>     | 42.10±0.61b   | 30.45±1.55b | 30.93±1.17a        | 23.38±0.60a  | 30.35±1.10a    | 49.58±1.69a  | 70.86±1.10a  |
| <b>Mínimo</b> | 36.73         | 29.08       | 19.59              | 19.27        | 28.21          | 41.60        | 61.50        |
| <b>Máximo</b> | 45.12         | 37.29       | 32.05              | 24.81        | 38.50          | 51.80        | 71.79        |
| <b>CV %</b>   | 2.04          | 3.62        | 3.45               | 4.14         | 3.56           | 4.51         | 1.63         |
| <b>Média</b>  | 41.89         | 34.35       | 28.82              | 22.08        | 31.46          | 46.46        | 68.53        |

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott. Comprimento e Diâmetro (milímetro); rendimento (%); n=25 (frutos p/genótipo); N=200 (média geral)

### 3.1.4. Percentagem de Semente

Quanto à percentagem de semente de umbu-cajá, obteve-se média de 31,46%, com o genótipo G3, diferindo dos demais genótipos com a menor média 28,50%. De acordo com Pinto et al. (2003) e Santos et al. (2010), a percentagem de semente está relacionada com a massa do fruto, uma vez que, os mais pesados, também apresentam maior peso da semente. Isso pode ser confirmado para o G3, que apresentou a menor massa do fruto. A menor percentagem das sementes, por fruto, é um dos principais atributos de qualidade no processamento dos frutos, pois influencia diretamente no rendimento (OLIVEIRA et al., 1999).

### 3.1.5. Percentagem de Polpa e Rendimento

A percentagem da polpa está relacionada com o rendimento do fruto, sendo diretamente proporcionais. O rendimento médio de polpa foi igual a 68.53% destacando-se os G5, G6, G7 e G8 por apresentarem valores superiores, que variaram

entre 69.81% a 70.86%. Estes valores foram próximos aos citados por Santos et al. (2010) com 69.70% e ligeiramente inferiores aos reportados por Noronha et al. (2000) com 72.87% e por Soares et al. (2006) 72.6% em frutos da cajazeira. No entanto, todos os genótipos avaliados apresentaram características satisfatórias para industrialização, com percentual médio de rendimento acima de 40%, valor mínimo estipulado pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do Ministério da Agricultura, Pecuária de Abastecimento (MAPA) (BRASIL,1999).

### **3.2. Características Físico-Químicas**

#### **3.2.1. Sólidos Solúveis (SS)**

O teor de sólidos solúveis (SS) dos frutos de genótipos de umbu-cajazeira avaliados diferiram significativamente entre si ( $p \leq 0.05$ ) (Tabela 2), com variação de 10.97% (G3) a 12.90% (G2), e média de 11.86%, sendo ligeiramente superiores aos de Santos et al. (2010) e Lira Júnior et al. (2005) com 10% e 10.14%, respectivamente. Valores próximos foram citados por Lima et al. (2002) com 11.25% em frutos provenientes da mesma região desse estudo e por Hansen et al. (2002), 11.3% em frutos da cajazeira. Estes autores afirmam que os frutos destinados para a produção de suco devem apresentar sólidos solúveis superiores a 8%, sendo, portanto, os umbu-cajás dos genótipos em estudo, propícios a este fim.

#### **3.2.2. Acidez Titulável (AT)**

A acidez titulável (AT), diferiu significativamente ( $p \leq 0.05$ ) entre os genótipos, tendo os G1, G3 e G4 os maiores valores com 1.15%, 1.26% e 1.17%, respectivamente (Tabela 2). Valores próximos de AT, foram citados por Santos et al. (2010) e Carvalho et al. (2008) com 1.32% e 0.9 a 2.6%, respectivamente. Os genótipos com frutos que apresentaram AT superior a 1.00% são de maior interesse para a agroindústria, tendo em vista, minimizar a adição de ácido cítrico para padronização da polpa e inibir o desenvolvimento de microrganismos (LIMA et al., 2002).

#### **3.2.3. Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (SS/AT)**

A relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) variou entre 9.97 a 13.75%, com média de 11.43, sendo o maior valor obtido para o genótipo G2 (Tabela 2). Em umbu-cajá maduro foi reportada variação entre 7.14 a 10.94 (Lira Júnior et al. 2005), 4.56 a 15.30 (Silva Júnior et al. 2004) e 3.80 a 7.51 (Lima et al. 2002) para frutos colhidos em

diferentes estádios de maturação. Soares et al. (2006) encontraram variação de 4.9 a 16.7, com média de 10.5, em cajá. Esta relação é um importante parâmetro para avaliar a qualidade dos frutos, constituindo-se numa das formas mais usuais de se avaliar o sabor por representar de modo mais significativo o equilíbrio entre esses dois componentes, devendo-se especificar o teor mínimo de sólidos solúveis e o máximo de acidez (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

**Tabela 2:** Características físico-químicas de frutos de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) colhidos na maturidade comercial, com coloração da casca totalmente amarela, Areia - PB.

| Genótipos     | SS (%)      | AT (%)     | SS/AT       | pH         | AR (g.100g <sup>-1</sup> ) | Amido (g.100g <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-------------|------------|-------------|------------|----------------------------|-------------------------------|
| <b>G1</b>     | 11.60±0.36b | 1.15±0.11a | 10.13±1.14c | 3.39±1.15a | 7.88±0.20c                 | 0.50±0.02a                    |
| <b>G2</b>     | 12.90±0.17a | 0.94±0.04b | 13.75±0.74a | 3.38±0.74a | 10.01±0.41a                | 0.53±0.05a                    |
| <b>G3</b>     | 10.97±0.06c | 1.26±0.04a | 8.71±0.28b  | 3.43±0.29a | 6.50±0.12d                 | 0.51±0.01a                    |
| <b>G4</b>     | 11.63±0.42b | 1.17±0.06a | 9.97±0.88c  | 3.38±0.89a | 9.66±0.39a                 | 0.54±0.05a                    |
| <b>G5</b>     | 12.13±0.38a | 0.96±0.01b | 12.68±0.32b | 3.47±0.33a | 6.37±0.12d                 | 0.55±0.05a                    |
| <b>G6</b>     | 11.70±0.17b | 0.97±0.06b | 12.13±0.56b | 3.36±0.56a | 6.51±0.19d                 | 0.53±0.02a                    |
| <b>G7</b>     | 12.00±0.10a | 0.98±0.02b | 12.25±0.21b | 3.43±0.22a | 7.37±0.29c                 | 0.54±0.05a                    |
| <b>G8</b>     | 12.00±0.26a | 1.02±0.08b | 11.83±0.62b | 3.44±0.62a | 7.11±0.10c                 | 0.53±0.01a                    |
| <b>Mínimo</b> | 10.90       | 0.90       | 8.51        | 3.31       | 6.23                       | 0.48                          |
| <b>Máximo</b> | 13.10       | 1.28       | 14.61       | 3.52       | 10.46                      | 0.60                          |
| <b>Média</b>  | 11.86       | 1.05       | 11.43       | 3.40       | 7.67                       | 0.52                          |
| <b>CV %</b>   | 2.29        | 5.72       | 5.87        | 2.09       | 3.34                       | 6.86                          |

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot. a 5% de probabilidade. n= 3 (genótipo); N=24 (média geral).

### 3.2.4. pH

O pH não diferiu entre frutos, dos diferentes genótipos, cuja média foi de 3.40 (Tabela 2). Os resultados encontrados são, entretanto, superiores aos de Santos et al. (2010) (2.8), aos de Carvalho et al. (2008) (2.40 a 3.0) e aos de Lima et al. (2002) (2.01 a 2.09). No entanto, o pH de umbu-cajá deste trabalho está próximo ao reportado por Noronha et al. (2000) 3.27, em frutos procedentes do Pólo Baixo-Jaguaribe, Ceará e do Pólo Assú-Mossoró, Rio Grande do Norte. No processamento de frutos, o pH baixo favorece a conservação dos alimentos, por dificultar o desenvolvimento de microrganismos, enquanto que, para o consumo fresco, valores de pH mais elevados tem maior preferência do consumidor.

Os valores de SS, pH e AT são superiores aos mínimos estabelecido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução Normativa nº. 122, de 13 de setembro de 1999, para a polpa de cajá, cujo valor mínimo é de SS 9%, pH 2.2 e AT de 0.9 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente (BRASIL,1999). O cajá foi utilizado como parâmetro de comparação por se tratar do mesmo gênero botânico, e ser de mais ampla ocorrência (Soares et al., 2006), além de possuir características similares ao umbu-cajá e por este não ter legislação específica.

### **3.2.5. Açúcares Redutores**

Os açúcares redutores do umbu-cajá diferiram significativamente ( $p \leq 0.05$ ) entre os genótipos avaliados, variando de 7.11 a 10.01 g.100g<sup>-1</sup>, cuja média foi de 7.67 g.100g<sup>-1</sup>. Os genótipos G2 e G4 apresentaram valores superiores com 10.01 e 9.66 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. Silva (2008), reportou valor próximo (7.84 g.100g<sup>-1</sup>) em frutos oriundos da microrregião de Iguatu-CE. Valores entre 6.77 e 7.70 g.100g<sup>-1</sup>, também foram encontrados por Noronha et al. (2000), em umbu-cajás colhidos em dois estágios de maturação.

Em contrapartida, Santos et al. (2010) reportaram valores inferiores de açúcares redutores, com média de 4.12 g.100g<sup>-1</sup>, Silva (2010) encontrou 6.47 g.100g<sup>-1</sup> em de cajá maduro. Leon e Shaw (1990) reportam teores de 6.74 a 9.41% de açúcares solúveis totais para esta mesma frutífera. O conteúdo de açúcares redutores se constitui, principalmente, de glicose e frutose. A quantificação do teor de açúcares individuais é importante, quando se objetiva avaliar o grau de doçura do produto, pois o poder adoçante desses açúcares é variado e aumenta na sequência glicose: sacarose: frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

### **3.2.6. Amido**

O conteúdo de amido em frutos de umbu-cajá, colhidos maduros, verificou-se que não houve diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre os genótipos avaliados, com variação de 0.50 a 0.55 g.100g<sup>-1</sup>. Estes resultados corroboraram com Santos et al. (2010), que reportaram valores de 0.56 g.100g<sup>-1</sup> de amido, em umbu-cajás maduros, provenientes do Recôncavo Sul da Bahia – BA.

Resultados próximos, também foram reportados por Alves e Filgueiras (2000), com média de 0.52 g.100g<sup>-1</sup> e por Silva (2010) em cajás maduros. Valores inferiores ao

deste trabalho foram encontrados por Silva (2008) em diferentes genótipos de umbu-cajá, com uma variação de 0.07 a 0.42 g.100g<sup>-1</sup>. O amido é o principal material de reserva energética nos vegetais, que com a evolução da maturação dos frutos é hidrolisado em açúcares solúveis, tendo efeito perceptível no sabor e na textura (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

### **3.3. Análise de Componentes Principais para os parâmetros físicos e físico-químicos**

A análise de componentes principais foi utilizada para resumir as características físicas e físico-químicas permitindo identificar três componentes principais, que representaram 84.20% da variância total das características originais (Tabela 3).

O primeiro componente foi responsável por 60.41% da variação, o segundo por 14.4% (Figura 1) e o terceiro por 9.39% (Tabela 3). O CP1 permitiu separar as variáveis em dois grupos. Houve correlações positivas entre massa do fruto, com o comprimento e diâmetro, indicando que estas variáveis estão diretamente relacionadas com a massa do fruto. Todavia, verifica-se que o comprimento tem influência maior, na determinação da massa dos frutos de umbu-cajazeira avaliados. Correlações positivas, também foram verificadas entre percentagem de polpa e de casca e rendimento, uma vez que, o rendimento é a soma destas duas variáveis.

Os SS se correlacionaram positivamente com a relação SS/AT e amido, e inversamente com a AT. A correlação entre os SS e o amido é decorrente da hidrólise do amido, que se acumula durante o desenvolvimento do fruto na planta, e inversamente com a AT, indicando que o decréscimo da acidez titulável favorece o aumento da relação SS/AT, o que foi também verificado no CP3.

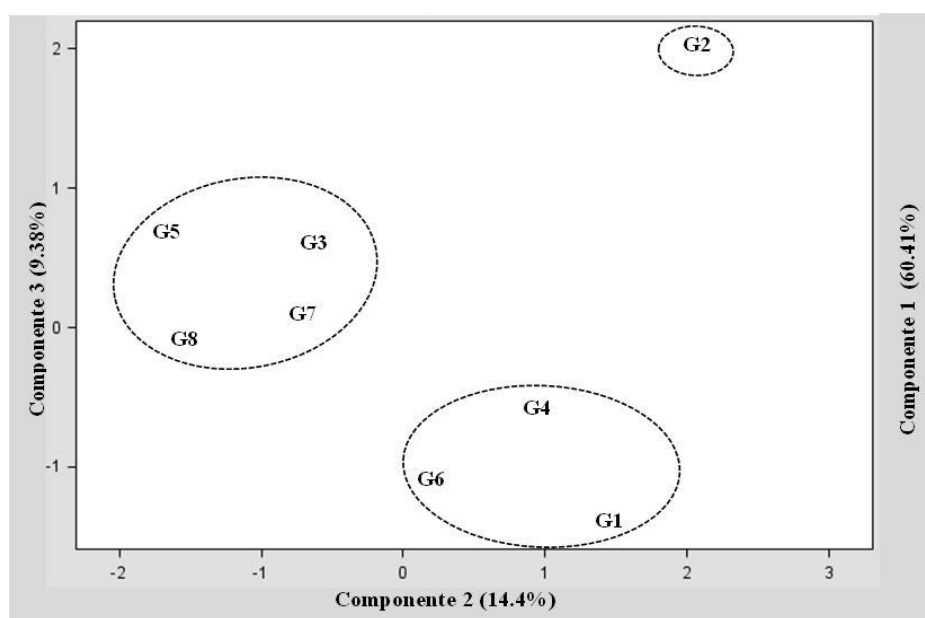
O CP2 está relacionado com o pH e os açúcares redutores, sendo esta relação inversa, em decorrência dos ácidos orgânicos e outros compostos presentes no vacúolo contribuírem para o aumento dos açúcares durante o amadurecimento do fruto.

A dispersão gráfica da análise de componentes principais (Figura 1), envolvendo os três componentes principais, permitiu a formação de três grupos. O genótipo 2 formou um grupo isolado, destacando por apresentar maior relação SS/AT.

**Tabela 3:** Autovetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), das características físicas e físico-químicas de frutos de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.), colhidos na maturidade comercial, Areia – PB.

| Variáveis          | CP1       | CP2       | CP3       |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Comprimento        | 0,330204  | -0,092373 | -0,262860 |
| Diâmetro           | 0,186665  | 0,327397  | 0,037599  |
| Massa fruto        | 0,337615  | -0,019869 | -0,234454 |
| % casca            | 0,342531  | -0,088932 | -0,139512 |
| % semente          | 0,284569  | 0,206173  | -0,284404 |
| % polpa            | 0,335521  | -0,059278 | -0,217608 |
| Rendimento         | 0,323634  | -0,100217 | -0,150705 |
| SS                 | 0,270099  | 0,172646  | 0,522507  |
| pH                 | -0,035001 | -0,605224 | 0,276910  |
| AT                 | -0,317839 | 0,096564  | -0,285837 |
| SS/AT              | 0,304549  | -0,003195 | 0,419083  |
| Açúcares redutores | 0,058682  | 0,571729  | 0,245214  |
| Amido              | 0,234786  | -0,295972 | 0,192227  |
| $\lambda$          | 7,85      | 1,87      | 1,22      |
| VA(%)              | 60,41     | 74,81     | 84,20     |

$\lambda$  = Autovalor da matriz de correlação; VA = Variância acumulada.



**Figura 1:** Classificação dos genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) baseada nos escores da primeira, segunda e terceira componentes principais (CP1, CP2 e CP3).

### 3.4. Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante

#### 3.4.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET)

Os conteúdos médios de polifenóis extraíveis totais (PET), diferiram entre genótipos com média de 44.68 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de massa fresca, com destaque para os G4, G5 e G6 que apresentaram os maiores conteúdos (62.04, 83,37 e 69.13 mg EAG.100g<sup>-1</sup>), respectivamente (Tabela 4). A média de PET foi superior a reportada por Silva (2008), que obteve média de 29.63 mg.100g<sup>-1</sup> em frutos de umbu-cajá provenientes de Iguatu-CE. No entanto, foi inferior aos resultados obtidos por Moreira (2011), que reportou teores variando de 110.61 a 184.11 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, em 4 genótipos do Banco de Germoplasma do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA.

Comparando o conteúdo de PET de umbu-cajá com os de cajá, fruto do mesmo gênero botânico, o teor de polifenóis foi inferior aos citados por Filgueiras et al. (2001), 150 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, Caetano et al. (2008), 184.16 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, Vasco et al. (2008), 249.00 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, Rufino et al. (2010), 72.00 mg EAG.100g<sup>-1</sup> e por Tiburski et al. (2011), 260,21 mg EAG.100g<sup>-1</sup>.

**Tabela 4:** Valores médios de polifenóis extraíveis totais (PET), carotenoides totais, flavonoides amarelos e ácido ascórbico de frutos de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) colhidos na maturidade comercial, Areia - PB.

| Gen.   | PET.<br>(mg EAG.100g <sup>-1</sup> ) | Car. Totais<br>(µg. g <sup>-1</sup> ) | Zea.<br>(µg. g <sup>-1</sup> ) | Crip.<br>(µg. g <sup>-1</sup> ) | Flav.<br>Amarelo<br>(mg. 100 <sup>-1</sup> ) | AA<br>(mg. 100 <sup>-1</sup> ) |
|--------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|
| G1     | 27.81±3.56d                          | 11.95±1.66a                           | 9.76±0.74a                     | 1.88±0.17b                      | 2.01±0.06a                                   | 12.10±0.79a                    |
| G2     | 26.37±4.66d                          | 7.22±1.24b                            | 4.66±0.22c                     | 0.86±0.06d                      | 2.02±0.10a                                   | 11.90±0.93a                    |
| G3     | 32.91±1.36c                          | 10.94±0.49a                           | 7.05±0.30b                     | 2.48±0.12a                      | 1.99±0.08a                                   | 13.08±0.48a                    |
| G4     | 62.04±8.94b                          | 6.85±0.87b                            | 5.44±0.62c                     | 1.14±0.10c                      | 2.00±0.01a                                   | 12.85±1.32a                    |
| G5     | 83.37±7.31a                          | 7.71±0.23b                            | 5.15±0.16c                     | 1.97±0.19b                      | 1.96±0.09a                                   | 11.64±0.69a                    |
| G6     | 69.13±5.28b                          | 2.77±0.05d                            | 1.83±0.19e                     | 0.65±0.02d                      | 1.93±0.10a                                   | 12.09±2.63a                    |
| G7     | 40.26±6.62c                          | 5.30±0.35c                            | 3.53±0.29d                     | 1.30±0.11c                      | 1.98±0.07a                                   | 11.55±0.63a                    |
| G8     | 15.58±1.56e                          | 2.93±0.41d                            | 1.79±0.13e                     | 0.71±0.09d                      | 1.97±0.10a                                   | 12.37±0.53a                    |
| Mínimo | 14.29                                | 2.58                                  | 1.61                           | 0.62                            | 1.85                                         | 10.19                          |
| Máximo | 91.72                                | 13.57                                 | 10.62                          | 2.61                            | 2.13                                         | 15.09                          |
| Média  | 44.68                                | 12.07                                 | 8.02                           | 1.37                            | 1.98                                         | 12.20                          |
| CV %   | 12.35                                | 6.95                                  | 4.89                           | 8.63                            | 4.11                                         | 9.95                           |

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot, ao nível de 5% de probabilidade de erro. n= 3 (genótipo); N=24 (média geral)

A capacidade antioxidante dos polifenóis é devido, principalmente, as suas propriedades redutoras, cuja intensidade da ação antioxidante depende, fundamentalmente, do número e posição de hidroxilas presentes na molécula (Rice-Evans et al. 1997; Ou et al. 2002) e a eficácia da sua ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração destes fitoquímicos no vegetal. Diversos estudos têm reportado que os compostos bioativos com potencial antioxidante, presente nos alimentos, contribuem para diminuição da incidência de doenças cardiovasculares (WANG et al., 2011).

### **3.4.2. Carotenoides**

O conteúdo de carotenoides total nos diferentes genótipos variou de 2.77 a 11.75  $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno.g}^{-1}$  (Tabela 4). As maiores médias encontradas foram para os genótipos G1 e G3 (11.75 e 10.94  $\mu\text{g } \beta\text{-caroteno.g}^{-1}$ ), respectivamente, sendo iguais entre si e diferindo significativamente dos demais genótipos. Moreira (2011), avaliando frutos de genótipos de umbu-cajá citou valores variando de 6.67 a 11.44  $\mu\text{g/g}$ . Hamano e Mercadante (2001) encontraram valor médio de 20.6  $\mu\text{g.g}^{-1}$  na polpa congelada e no suco 16.7  $\mu\text{g.g}^{-1}$  do cajá.

Rufino et al. (2010) reportaram valores de 7.0  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de carotenoides total em cajá proveniente de Limoeiro do Norte – CE e de 10.0  $\mu\text{g.g}^{-1}$  em umbu, enquanto que Tiburski et al. (2011) encontraram valores médios, bem acima aos reportados por estes autores, 48.69  $\mu\text{g.g}^{-1}$ .

A variação no conteúdo de carotenoides, nos frutos, pode ser atribuída ao estágio de maturação, o tipo de solo, as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, a exposição à luz solar, as condições de processamento e armazenamento (RODRIGUEZ-AMAYA, 2000; 2008).

Os carotenoides desempenham um papel importante na saúde humana e nutrição e podem reduzir o risco de câncer e doenças coronárias, devido à atividade pró-vitamina A de alguns deles ( $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina) (YAHIA e ORNELAS-PAZ, 2010).

### **3.4.3. Flavonoides Amarelos**

Para os teores de flavonoides amarelos não houve diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre os genótipos avaliados, com média de 1.98  $\text{mg.100g}^{-1}$  de massa fresca (Tabela 4). Rufino et al. (2010) citaram valores de 7.1  $\text{mg.100g}^{-1}$  em cajá e de 6.9  $\text{mg.100g}^{-1}$  em

umbu, ambas pertencentes ao gênero *Spondias*. Silva (2008) relata valores para umbu-cajá variando entre 8.10 mg.100g<sup>-1</sup> e 49.92 mg.100g<sup>-1</sup>, com média geral de 27.76 mg.100g<sup>-1</sup>, muito superiores aos do presente trabalho. Moreira (2011) encontrou valores de flavonoides totais, em umbu-cajá, oscilando entre 1.95 a 2.37 mg em equivalente de quercetina.100g<sup>-1</sup> de polpa fresca, afirmando ser este conteúdo baixo, quando comparado a outras frutas.

Os flavonoides têm mostrado uma grande capacidade de capturar os radicais livres que causam o estresse oxidativo, atribuindo-se efeito benéfico na prevenção de doenças, tais como: cardiovascular, circulatório, câncer e doenças neurológicas. Além de propriedades anti-inflamatória, antialérgica e antimicrobiana (KATSUBE et al. (2003), ISHIGE et al., (2001) e ROSS e KASUM, 2002).

#### **3.4.4. Vitamina C**

Os valores médios de ácido ascórbico oscilaram entre 11.55 a 13.08 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa fresca, não diferindo significativamente ( $p \leq 0.05$ ) entre os genótipos. Estes valores, entretanto, encontram-se próximos aos citados por Lima et al. (2002), 12.90 mg.100g<sup>-1</sup> em frutos amarelo alaranjado, e na faixa citada por Carvalho et al. (2008), 3.8 a 16.4, mg.100g<sup>-1</sup>. Santos et al. (2010) reportaram média de 8.0 mg.100g<sup>-1</sup> e Moreira (2011) valores variando de 6.1 a 7.3 mg.100g<sup>-1</sup>, enquanto Silva (2008) reportou valor médio, bem superior (26.55 mg.100g<sup>-1</sup>) para o ácido ascórbico, em frutos de umbu-cajazeira.

O conteúdo de ácido ascórbico em umbu-cajá apresenta alta variabilidade na literatura. No entanto, sua quantificação é necessária, devido ao seu elevado poder antioxidante, na prevenção e combate a diversas doenças (Santos et al. 2010) e como componente da capacidade antioxidante do alimento (RICE-EVANS et al. 1997).

#### **3.4.5. Atividade Antioxidante Total (AAT)**

A atividade antioxidante total (AAT) em frutos de umbu-cajazeira foi avaliada pelos métodos ABTS e ORAC. Para a AAT medida através do ABTS verificou-se que os genótipos G4, G6 e G8 obtiveram os menores valores, diferindo significativamente entre si ( $p \leq 0.05$ ) e entre os demais genótipos (Tabela 5). A média da atividade antioxidante, 0.28 mg.g<sup>-1</sup> VCEAC foi mais elevada, quando comparada a do umbu, citada por Almeida et al. (2011), com 0.18 mg.g<sup>-1</sup> VCEAC (Capacidade antioxidante equivalente a vitamina C), de matéria fresca.

Os resultados da atividade antioxidante através do ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity), variaram entre o mínimo de 0.23 e o máximo de 0.30 mM Trolox.g<sup>-1</sup> de massa fresca, diferindo entre os genótipos, sendo as maiores médias para o G3, G6 e G7, não sendo observada diferenças entre si ( $p \leq 0.05$ ), com 0.28 e 0.30 mM Trolox.g<sup>-1</sup> de massa fresca, respectivamente.

As frutas possuem em sua constituição, vários compostos com ação antioxidante, entre eles, compostos bioativos: polifenóis e os carotenoides, que podem ter contribuído para maior atividade antioxidante destes genótipos. O conteúdo, assim como, o perfil destes constituintes variam em função da variedade, grau de maturação da fruta, bem como, das condições edafoclimáticas do cultivo (LEONG e SHUI, 2002).

**Tabela 5:** Atividade antioxidante de frutos de genótipos da umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) colhidos na maturidade comercial, com coloração da casca totalmente amarela, através de ABTS e ORAC. Areia-PB.

| Genótipos     | ABTS<br>(mg. g <sup>-1</sup> VCEAC) | ORAC<br>(mM Trolox.g <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| G1            | 0.31±0.00a                          | 0.24±0.02b                           |
| G2            | 0.30±0.02a                          | 0.25±0.01b                           |
| G3            | 0.31±0.02a                          | 0.28±0.02a                           |
| G4            | 0.21±0.01d                          | 0.26±0.02b                           |
| G5            | 0.31±0.01a                          | 0.26±0.02b                           |
| G6            | 0.28±0.01b                          | 0.30±0.01a                           |
| G7            | 0.31±0.02a                          | 0.28±0.00a                           |
| G8            | 0.25±0.01c                          | 0.23±0.01b                           |
| <b>Mínimo</b> | 0.20                                | 0.21                                 |
| <b>Máximo</b> | 0.33                                | 0.33                                 |
| <b>Média</b>  | 0.28                                | 0.25                                 |
| <b>CV %</b>   | 5.04                                | 6.05                                 |

\*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott.

### 3.5. Correlação

Houve correlação positiva, em nível de 5%, entre a atividade antioxidante total, pelo método ABTS, com os teores de carotenoides totais e a cryptoxantina (Tabela 6). Para os compostos bioativos verificaram-se correlações positivas, em nível de 1%, entre os

carotenoides zeaxantina (0.96\*\*) e a cryptoxantina (0.81\*\*), com os carotenoides totais, o que já era esperado, em decorrência destes fazerem parte da constituição dos carotenoides totais.

Neste trabalho, foram observadas correlações negativas significativas, em nível de 5 %, entre a atividade antioxidante total pelo método ORAC com os teores de zeaxantina. Não foram observadas correlações entre a atividade antioxidante pelo método ABTS e ORAC.

**Tabela 6:** Correlações entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total, e frutos de genótipos da umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) colhidos na maturidade comercial, Areia - PB.

| Variáveis     | PET  | Carot | Zea    | Cryp   | Flav  | Vit. C | ABTS  | ORAC   |
|---------------|------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| <b>PET</b>    | 1.00 | -0.14 | -0.14  | 0.07   | -0.23 | -0.12  | -0.11 | 0.33   |
| <b>Carot</b>  | -    | 1.00  | 0.96** | 0.81** | 0.16  | 0.11   | 0.41* | -0.34  |
| <b>Zea</b>    | -    |       | 1.00   | 0.74** | 0.24  | 0.09   | 0.30  | -0.43* |
| <b>Cryp</b>   | -    | -     | -      | 1.00   | 0.06  | 0.10   | 0.48* | -0.14  |
| <b>Flav</b>   | -    | -     | -      | -      | 1.00  | -0.05  | 0.02  | -0.29  |
| <b>Vit. C</b> | -    | -     | -      | -      | -     | 1.00   | -0.12 | -0.05  |
| <b>ABTS</b>   | -    | -     | -      | -      | -     | -      | 1.00  | 0.06   |

(\*\*) e (\*) significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Scott-Knott.

#### 4. CONCLUSÕES

Com exceção do genótipo G3, os demais genótipos de umbu-cajá, apresentaram bom rendimento, acima de 65% e teor de sólidos solúveis acima de 9.0, valor mínimo exigido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ);

Os frutos de genótipos da umbu-cajazeira avaliados, apresentam relação SS/AT, adequada, evidenciando aptidão para consumo fresco, bem como para industrialização, destacando-se frutos do genótipo G2.

Pode-se considerar que os compostos bioativos responsáveis diretamente pela atividade antioxidante, nos frutos dos genótipos de umbu-cajá, estudados foram os carotenoides totais, a zeaxantina e a  $\beta$ -cryptoxantina.

O método ABTS, se constitui em um método eficiente para quantificação da atividade antioxidante, em frutos de umbu-cajazeira.

Nos frutos de genótipos de umbu-cajá, não foram observadas correlações entre a atividade antioxidante pelo método ABTS e ORAC.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALI, S. S.; KASOJU, N.; LUTHRA, A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H., SAHU, A.; BORA, U. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v.41, n.1, p.1–15, 2008.

ALVES, R.E., FILGUEIRAS, H.A.C., MOURA, C.F.H. **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: Funep, 2000. 66p. (Série Frutas Nativas,9).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17.ed. Washisgton, v. II., 2000.

BOSCO, J.; SOARES, K.T.; AGUIAR FILHO, S.P. de.; BARROS, R.V. **A cultura da cajazeira**. João Pessoa: EMEPA, 2000. 29p. (Documentos, 28).

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 122, de 10 de setembro de 1999. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 de setembro de 1999. Seção 1, p. 72-76.

CAETANO, A. C. S; MELO, E. A; LIMA, V. L. A. G; MACIEL, M. I. S; ARAÚJO, C. R. Avaliação Antioxidante de Extratos de Polpa e Resíduo de Cajá e Ciriguela. **Simpósio Brasileiro sobre Umbu, Cajá e Espécies Afins**, v.1, n.1, CD Rom, 2008.

CAETANO, A.C. da S. ARAÚJO, de C.R.; LIMA, V.L.A.G.; MACIEL, M.I.S.; MELO, E. de A. Evaluation of antioxidant activity of agro-industrial waste of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruit extracts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.31, n.3, p.769-775. 2011.

CARVALHO, P.C.L.; RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W.S.; LEDO, C.A.S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 1, p. 140-147. 2008.

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

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAÍMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C

in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v.44, n.7, 2011.

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

FERNANDES, M. S. Perspectivas de mercado da fruta brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Cabo Frio, 2006. **Anais...**, Cabo Frio, p.4-12, 2006.

FILGUEIRAS, H. A. C., ALVES, R. E., OLIVEIRA, A. C., FARLEY, C., MOURA, H., ARAÚJO, N. C. C. Calidad de Frutas Nativas de Latinoamerica para Industria: Jobo (*Spondias mombin* L.). **Proceedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.43, p.72–76, 2001.

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

GENOVESE, M.I.; PINTO, M.da S.; GONÇALVES, A.E.de S.S.; LAJOLO, F.M. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Exotic Fruits and Commercial Frozen Pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**. v.14, n.3, p.207-214. 2008.

GIACOMETTI, D.C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1993. p.13-27.

GIÃO, M.S.; SANJOSÉ, M.L.; RIVERO-PÉREZ, M.D.; PEREIRA, C.I.; PINTADO; MALCATA, F.X. Infusions of Portuguese medicinal plants: dependence of final antioxidant capacity and phenol content on extraction features. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.87, p.2638-2647, 2007.

HAMANO, P.S.; MERCADANTE, A.Z. Composition of carotenoids from commercial products of Caja (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, n.4, p.335–343, 2001.

HANSEN, D.S.; FONSECA, A.A.O.; SILVA, J.A.; CARVALHO, M.O.; CARVALHO, C.A.L. **Caracterização física e físico-química de frutos de seis genótipos de cajazeira (*Spondias mombin* L.) no Recôncavo Baiano**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. CD-ROM.

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

HOFFMANN, F. L. **Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos**. **Brasil Alimentos**, São Paulo, v. 9, n. 1, p.23-30, 2001.

HUANG, H.-C., LEE, C.R.; WENG, Y.I.; LEE, M.; LEE, Y.T.,; Vasodilator effect of Scoparone (6,7-dimethoxycoumarin) from a Chinese herb. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam v.218, 123–128.1992.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ-IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 919p, 2008.

ISHIGE, K.; SCHUBERT, D.; SAGARA, Y. Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. **Free Rad. Biol. Med.**, v.30, p.433-446, 2001.

JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Correlations of antioxidant activity versus phenolic content revisited: A new approach in data analysis for food and medicinal plants. **Journal of Food Science**, New York, v.74 n.9, p. R107 - R113, 2009.

KATSUBE,N.; KEIKO, I.; TSUSHIDA, T.; YAMAKI, K.; KOBOR I, M. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. **Journal Agricultural and Food Chemistry**., v.51, n.68-75, 2003.

KINUPP, V.F. Frutas e hortaliças silvestres, um grande potencial inexplorado. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Genéticos de Frutas e Hortaliças, 1, 2005, Pelotas. **Resumos e Palestras...** Pelotas, 2005. Editores: Barbieri, R. L.; Castro, C.M.;

Mittelman; Heiden, G.: Embrapa de Clima Temperado, 2005. p.139-143 (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 135).

KUSKOSKI, E. M., ASUERO, A. G., MORALES, M. T., FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1283–1287, 2006.

LEON, J., SHAW, P. E. Spondias: the red mombin and related fruits **In:** NAGY, S. SHAW, P.E., WARDOWSKI, W.F. Fruits of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. Lake Alfred: FSS, 1990. p. 116-126.

LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chemistry**, Washington, v.76, n.1, p.69-75, 2002.

LIMA, E.D.P. de A.; LIMA, C.A. de A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. **Umbu-cajá (*Spondias spp*) aspectos de pós-colheita e processamento**. João Pessoa: Ed Universitária/Idéia, 2002. 57p.

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

LIRA JÚNIOR, J. S. de; MUSSER, R. dos S.; MELO, E.de A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E. ; SANTOS, V. F.dos. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP. v.25, n.4, p.757-761, 2005.

LU, M., YUAN, B., ZENG, M., CHEN, J. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. **Food Research International**. v.44, n.2, p.530–536. 2011.

MARTINSEN, P.; SCHAARE, P. Measuring soluble solids distribution in kiwifruit using near-infrared imaging spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.14, p.271-281, 1998.

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

MOREIRA, A.C.C.G. Caracterização de frutos de genótipos de cajá-umbuzeiras: teor de fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante. 2011. 122f.: il. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – UFPE- Recife.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**. v. 41, n.5, p.1523–1542. 2006.

NASCIMENTO, J.D.M.; ANDRADE, R.M. de S.; CURVÊLO, A.C.; LIMA, V.L.A.G.; MACIEL, C.G.M. da S.; MELO, E. de A. **Quantificação dos principais fitoquímicos bioativos em frutos de genótipos de cajá-umbuzeiras**. X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX

NASCIMENTO, T. B. DO; RAMOS, J. D.; MENEZES, J. B. Características físico-químicas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.20, n.1, p.33-38, 1998.

NORONHA, M.A.S.; CARDOSO, E.A.; DIAS, N.S. Características físico-químicas de umbu-cajá *Spondias* sp. Provenientes dos pólos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.91-96. 2000.

OLIVEIRA, M.E.B.; BASTOS, M.S.R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M.A.A.C.; SILVA, M.G.G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.3, p.326-332, 1999.

OU, B., HUANG, D., HAMPSCH-WOODILL, M., FLANAGAN, J.A., DEEMER, E.K. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.11, p.3122–3128. 2002.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J., ARRANZ, S., TABERNERO, M., DÍAZ-RUBIO, M. E., SERRANO, J., GOÑI, I., SAURA-CALIXTO, F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, n.41, p.272–285. 2008.

PINTO, W.S.; DANTAS, A.C.V.L.; FONSECA, A.A.O.; LEDO, C.A.S.; JESUS, S.C.; CALAFANGE, P.L.P.; ANDRADE, E.M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, p.1059-1066, 2003.

PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolics and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.46, n.7, p.2686-2693, 1998.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**, Oxford, v.4, p.304-309, 1997.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v. 13, p.641-647, 2000.

ROSS, J.A.; KASUM, C.M. Dietary Flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 22, p.19-34, 2002.

RUFINO, M. do S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, n.4, p.996-1002, 2010.

SANTOS, G. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M; COSTA, J. M.C.FIGUEIREDO, R. W. PRADO, G. M. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SANTOS, M.B.; CARDOSO, R.L.; FONSECA, A.A.O.; CONCEIÇÃO, M.N. Caracterização e qualidade de frutos de Umbu-cajá (*Spondias tuberosa* x *S. mombin*)

provenientes do Recôncavo Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1089-1097. 2010.

SHILS, M. E.; OLSON, J.A.; SHIKE, M.; ROSS, A. C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9.ed. São Paulo: Manole, 2003. v.1. 1026p.

SILVA JÚNIOR, J.F.; BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; ALVES, M.A.; MELO NETO, M.L. Collecting, *ex situ* conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombim* x *Spondias tuberosa*) germ-plasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Pernambuco, v.51, n.4, p.343-349, 2004.

SILVA, F.V.G.da. **Maturação, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB**. 191p. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, 2010.

SILVA, L. R. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE**. UFPB/CCA. 135f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008.

SOARES, E.B.; GOMES, R.L.F.; CARNEIRO, J.G.de M.; NASCIMENTO, F.N.do; SILVA, I.C.V.; COSTA, J.C.L.da. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 3, p. 518-519, 2006.

SOUSA, P. H. M., ALMEIDA, M. M. B., FERNANDES, A. G., MAIA, G. A., MAGALHAES, A. C. Correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais em frutas tropicais do nordeste brasileiro. **XLVII Congresso Brasileiro de Química**, vol. 1, Natal, Brazil. 2007.

TIBURSKI, J.H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; GODOY, R.L.de O.; PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. *Food Research International*. v.44, n.7, p. 2326-2331, 2011.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v.111, n.4, 816–823, 2008.

WANG, S.; MELNYK, J. P.; TSAO, R.; MARCONE, M. F. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. **Food Research International**, v.44, n.1, p.14–22, 2011.

WRIGHT, K. P; E KADER, A. A. Effect of controlled-atmosphere storage on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v.10, n.1, p. 89-97, 1997.

YAHIA, E. M., ORNELAS-PAZ, J. DE. J. **Chemistry, stability and biological actions of carotenoids**. In L. A. De la Rosa, E. Alvarez-Parrilla, G. A. González-Aguilar (Eds.), *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry, Nutritional Value and Stability* (pp. 177–222, 2010).

ZULUETA, A.; ESTEVE, M.J.; FRÍGOLA, A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. **Food Chemistry**, v.114, p.310–316, 2009.

### **CAPÍTULO III**

#### **POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE CAJARANA DO SERTÃO (*Spondias* sp.) COLHIDAS EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

## RESUMO

Alguns estudos têm demonstrado que frutas tropicais possuem quantidades significativas de compostos bioativos com propriedades antioxidantes, embora estas propriedades e características ainda não foram totalmente elucidadas, inserindo-se neste contexto a cajarana do Sertão (*Spondias* sp.) planta xerófila do Semiárido brasileiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a presença e o potencial funcional dos compostos bioativos, na cajarana do Sertão. Foram avaliadas polpas liofilizadas de sete genótipos, em dois estádios de maturação, provenientes de Sertão paraibano e do Rio Grande do Norte, quanto aos teores de polifenóis extraíveis totais (PET), carotenoides totais, flavonoides amarelos, ácido ascórbico, bem como a atividade antioxidante total pelos métodos ABTS e ORAC. Quanto aos compostos bioativos, os frutos dos genótipos avaliados, no estágio de maturação maduro, apresentaram as maiores médias de polifenóis extraíveis totais (26.87 mg.100g<sup>-1</sup>), especialmente o genótipo G5 (57.99 mg.100g<sup>-1</sup>); flavonoides amarelos (3.17 mg.100g<sup>-1</sup>), tendo os genótipos G1 e G5 as maiores médias (3.50 e 3.52 mg.100g<sup>-1</sup>), respectivamente e elevado conteúdo de carotenoides totais, com média geral de 1130.34 µg.100g<sup>-1</sup>, destacando-se o G2 com 1412 µg.100g<sup>-1</sup>, que diferiu significativamente dos demais genótipos. Por HPLC, foram quantificados e identificados três carotenoides, sendo a zeaxantina o componente majoritário, com média geral de 463.67 µg.100g<sup>-1</sup>, seguido pelo β-caroteno (278.79 µg.100g<sup>-1</sup>) e a β- cryptoxantina (189.66 µg.100g<sup>-1</sup>), tendo estes dois últimos, atividade provitamínica. Também foram registrados valores relevantes para vitamina C, no estágio “de vez”, G3 e G4 (46.91 e 50.00 mg.100<sup>-1</sup>), respectivamente. Os compostos bioativos responsáveis diretamente pela atividade antioxidante nos frutos dos genótipos de cajarana do Sertão estudados foram: os carotenoides totais, a zeaxantina, a β- cryptoxantina, o β-caroteno e os flavonoides amarelos. Quanto à atividade antioxidante total, os frutos dos genótipos da cajarana do Sertão, apresentaram elevada atividade antioxidante pelos métodos ABTS e ORAC, havendo alta correlação entre si, indicando que a capacidade antioxidante deste fruto pode ser medida, tanto pelo ORAC quanto pelo ABTS.

**Palavras-chave:** *Spondias* sp., compostos bioativos, potencial funcional.

## FUNCTIONAL POTENCIAL OF FRUITS OF CAJARANA DO SERTÃO (*Spondias* sp.) GENOTYPES HARVESTED IN TWO MATURITY STAGES

### ABSTRACT

Some studies have shown that tropical fruit have significant amounts of bioactive compounds with antioxidant properties, although those properties and characteristics have not been fully elucidated, is inserted in this context the cajarana do Sertão (*Spondias* sp.), xerophilous plant of Brazilian's semiarid. The objective of this study was to evaluate the presence and functional potential of bioactive compounds in the cajarana do Sertão. It was evaluated lyophilized pulps of seven genotypes from fruits harvested in two maturity stages, from the Sertão of Paraíba and Rio Grande do Norte states, for the contents of total extractable polyphenols (TEP), total carotenoids, yellow flavonoids, ascorbic acid, and antioxidant activity by ABTS and ORAC methods. As for bioactive compounds, fully ripen fruits of the genotypes evaluated, presented the high mean values for total extractable polyphenols ( $26.87 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ), especially a genotype G5 ( $57.99 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ), yellow flavonoids ( $3.17 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ), with genotypes G1 and G5 presenting higher mean values ( $3.50$  and  $3.52 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ), respectively, and high content of total carotenoids, with overall mean value of  $1130.34 \text{ } \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , especially G2 with  $1412 \text{ } \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , which differed from the other genotypes. By HPLC, were quantified and identified three carotenoids, being zeaxanthin the major component, with mean value of  $463.67 \text{ } \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , followed by  $\beta$ -carotene ( $278.79 \text{ } \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), and  $\beta$ -cryptoxantina ( $189.66 \text{ } \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), having these last two pro-vitaminic activity. It was also found relevant values for vitamin C in the half ripen maturity stage, for the genotypes G3 and G4 ( $46.91$  and  $50.00 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), respectively. The bioactive compounds directly responsible for antioxidant activity in fruits of studied genotypes of cajarana do Sertão were: total carotenoid, zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -carotene, and yellow flavonoids. Regarding to the antioxidant activity, fruits the genotypes of cajarana of Sertão, showed high antioxidant activity by both ABTS and ORAC method, with high correlation between them, indicating that the antioxidant activity of this fruit can be measured both by the ORAC and ABTS.

**Keywords:** *Spondias* sp., bioactive compounds, functional potential.

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Spondias* pertencente à família *Anacardeacea* agrupa diversas espécies frutíferas importantes, tais como: umbu (*Spondias mombin* Arr. Cam.), ciriguela (*Spondias purpurea* L.) e as *Spondias* sp., dentre as quais, a cajarana do Sertão, que diferem fenotipicamente, em termos de frutos, de plantas nas regiões de ocorrência e, portanto, ainda não estão claramente especificados. Para Lederman et al. (2008), essas espécies são as mais significativas dentro do gênero *Spondias*, cujo centro de origem de diversidade é o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil.

O Brasil é detentor de uma enorme biodiversidade de frutas tropicais e tem-se observado que o consumo de frutas tropicais está aumentando em decorrência do maior poder aquisitivo e poder de compra por parte da população, além do crescente reconhecimento de seu valor para saúde. Alguns estudos têm demonstrado, que frutas tropicais possuem quantidades significativas de compostos bioativos com propriedades antioxidantes (Vasco et al, 2008; Rufino et al, 2010), os quais estão relacionados com a prevenção de várias doenças crônicas. A diversidade de frutas no mercado é cada vez maior e, a cada dia, se introduz uma nova fruta tropical, cujas propriedades e características ainda não foram totalmente elucidadas (KUSKOSKI et al., 2005).

Neste contexto insere-se a cajarana do Sertão (*Spondias* sp), que é encontrada no Semiárido do Nordeste brasileiro, sendo conhecida como uma planta xerófila introduzida e adaptada, apresentando excelente facilidade de reprodução assexuada. Seus frutos se apresentam em cachos em forma de drupas elipsoides ou ligeiramente obovoides, amarelos quando maduro; a polpa é compacta, amarelo-pálida, sumarenta, acídula ou doce que cobre uma semente ou caroço. Apresenta crescimento rápido, florescendo e frutificando, mesmo quando a precipitação pluviométrica é baixa, constituindo-se numa alternativa para o polígono das secas (LIMA, 2010).

O potencial de comercialização de frutos do gênero *Spondias* é crescente, em função de suas características sensoriais peculiares, visto que são muito apreciados pela população, sendo também de elevada importância econômica e social, para geração de emprego e renda no período da safra, nas áreas de ocorrência. Para Fernandes et al. (2005), o consumo de frutos deste gênero deve-se, principalmente, às boas características adequadas para industrialização e para o consumo fresco.

O interesse por sabores exóticos, bem como a busca por produtos vegetais portadores de substâncias bioativas para manutenção da saúde, tem sido crescente pelos

pesquisadores e consumidores. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a presença e o potencial funcional de compostos bioativos, de frutos de cajarana do Sertão, colhidos em diferentes estádios de maturação.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Material**

Os frutos da cajarana do Sertão (*Spondias* sp), provenientes do Sertão da Paraíba e do Rio Grande do Norte foram colhidos de sete genótipos (G1, G2, G3, G4, G5, G6, e G7), em dois estádios de maturação, “de vez” (DV), quando se iniciou a transformação coloração da casca, de verde-escura para verde brilhante a ligeiramente amarelada, e madura (M), casca amarelo-alaranjada. Logo após a colheita foram transportados ao Laboratório de Biologia e Tecnologia em Pós-Colheita (LBTPC), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde foram processados. As polpas foram liofilizadas, embaladas a vácuo e transportadas para o Centro de Biotecnologia e Química Fina, Escola Superior de Biotecnologia (ESB), Universidade Católica Portuguesa (UCP) – Porto – Portugal para obtenção dos extratos e realização das análises dos compostos bioativos e atividade antioxidante.

### **2.2. Métodos**

#### **2.2.1. Obtenção dos extratos**

Os extratos hidrometanólicos (MeOH 80%) e hidroacetônicos (80%) foram obtidos sequencialmente, utilizando 0,5g das polpas de cajarana do Sertão, previamente liofilizadas e adicionadas de 30 mL de MeOH a 80%, mantidas sob agitação constante durante 30 minutos à temperatura ambiente. Em seguida foram transferidos para tubos tipo Falcon de 50 mL e centrifugados (centrífuga universal 320R – Hettich – Zentrifugen – Alemanha) por 5 minutos a 5000 rpm e filtrados através de papel de filtro. Os extratos foram armazenados a -20°C para posterior avaliação. Aos resíduos foram adicionados acetona a 80%, utilizando a metodologia similar, a descrita acima. A extração foi realizada em triplicata, para cada genótipo.

#### **2.3. Determinação da Atividade Antioxidante**

A atividade antioxidante dos extratos dos oito genótipos foi avaliada através de dois métodos analíticos: ORAC (Oxygen radical absorbance capacity) e ABTS<sup>+</sup>• (Ácido 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico).

### 2.3.1. ORAC

O método ORAC foi realizado conforme Ou et al. (2001) e adaptação do Huang et al. (2002) para uso em microplacas, usando fluoresceína. A quantificação da atividade antioxidante foi baseada no cálculo da área sob a curva de declínio da fluorescência, como proposto por Prior et al. (2003). Os resultados foram expressos em mmol Eq Trolox.g<sup>-1</sup> de massa fresca.

### 2.3.2. ABTS

A quantificação da atividade antioxidante pelo método ABTS<sup>•+</sup> foi de acordo com Gião et al. (2007), onde o cátion ABTS<sup>•+</sup> foi diluído em água ultra-pura. O Trolox usado, como padrão no método original, foi substituído por ácido ascórbico (99,0% puro, Sigma-Aldrich<sup>®</sup>, Steinheim, Alemanha), pelos seguintes fatores: (1) ser amplamente utilizado pela indústria de alimentos; (2) os resultados são pelo menos tão reprodutíveis quanto aqueles obtidos com trolox; (3) a preparação das soluções correspondentes é mais fácil, e (4) a solução final apresenta uma maior estabilidade.

Os extratos foram obtidos com metanol (80%) e acetona (80%) e a atividade antioxidante foi quantificada em espectrofotômetro UV mini-1240 (Shimadzu, Tokyo, Japão) em comprimento de onda de 734nm. O ácido ascórbico foi utilizado como padrão para preparar a curva de calibração, na faixa de 0,021-0,5 gL<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de vitamina C por grama de massa fresca. Alíquotas de 60 µL de extrato obtido, dos diferentes genótipos, foram adicionadas a 1,0 mL de ABTS<sup>•+</sup> diluído ((A734 nm = 0.700 (±0.02)) e a absorbância foi lida depois de 6 minutos da mistura inicial. Todas as determinações foram efetuadas em triplicata.

## 2.4. Determinação dos Compostos Bioativos

### 2.4.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET)

O conteúdo de polifenóis extraíveis totais (PET) foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu, conforme Singleton e Rossi Jr. (1995), utilizando ácido gálico como padrão, e os resultados, expressos em mg EAG.g<sup>-1</sup> de massa fresca. Foi utilizado 50 µL de cada amostra e o branco (água deionizada), onde foram combinados com 50 µL do reagente Folin-Ciocalteu's (0.25 N) (Merck<sup>®</sup>), 1 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1N) (Sigma-Aldrich<sup>®</sup>) e 1,4 mL água destilada. A mistura foi incubada durante 1 hora a temperatura ambiente e

as medições de absorbância foram efetuadas a 750 nm em espectrofotômetro UV mini-1240 (Shimadzu, Tokyo, Japão), sendo o branco estabelecido como o zero. Todas as determinações foram efetuadas em duplicata de cada repetição. A curva padrão foi preparada usando diferentes concentrações de ácido gálico na faixa de linearidade ( $Abs - 0,0163$ )/ $1,6745$  e o  $R^2 = 0,9976$ .

#### 2.4.2. Carotenoides

a) A extração e avaliação dos carotenoides foram baseadas no método descrito por Wright e Kader (1997), com as seguintes adaptações: foi utilizado 0,5 g da amostra seca adicionado de 1,0 mL de etanol (gelado), a qual foi homogeneizada com Ultra-Turrax (modelo T25 JK GmbH, Staufen Germany) a 6000 rpm por 1 min., a esta mistura foi adicionado 4,0 mL de hexano, a qual foi homogeneizada novamente por 1 min., centrifugou-se (centrífuga universal 320R – Hettich Zentrifugen – Germany) por 5 minutos a 5000 rpm, o sobrenadante foi recolhido e ao resíduo adicionou-se 2,5 mL de NaCl saturado adicionado de 4 mL de hexano, que foi homogeneizado e centrifugado, como descrito anteriormente. O segundo extrato foi adicionado ao primeiro e homogeneizados. As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro (Specord S-600 – Analytikjena) a 454 nm.

b) O Perfil qualitativo e quantitativo dos carotenoides foi determinado por HPLC-DAD (Waters Series 600, Mildford MA, EUA). A detecção foi conseguida por um detector de arranjo de diodos (Waters, Massachusetts, EUA) em intervalos de comprimento de onda de 200-600 nm em intervalos de 2 nm. A separação foi realizada em fase reversa Symmetry<sup>®</sup> coluna C18 (250 x 4,6 mm id, tamanho de partícula 5 mm e 125 Å tamanho dos poros) com uma coluna de guarda contendo a mesma fase estacionária (Symmetry<sup>®</sup> C18).

Os carotenoides foram analisados usando acetonitrila (55%), metanol (22%), diclorometano (11,5%), hexano (11,5%) e acetato de amônio (0,02%), como eluente em condições isocrática a 1,0 vazão mL/min durante 20 min, a 25 ° C. O volume de injeção foi de 40 µL e o detector foi fixado em 454 nm. β-caroteno (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA), zeinoxantina, β-criptoxantina e β-caroteno, foram quantificados através de uma curva de calibração construída com padrões puros (Extrasynthese, Lyon, França) e expressa em microgramas por grama de massa fresca.

## **2.5. Delineamento Experimental**

Para os componentes bioativos e atividade antioxidante total foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 7 com três repetições, sendo dois estádios de maturação e sete genótipos de cajarana do Sertão. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e as médias dos valores encontrados foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS (9.2).

Para a determinação da contribuição dos componentes bioativos com a atividade antioxidante das amostras estudadas, foi realizada a correlação de Pearson.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Compostos bioativos

##### 3.1.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET), Flavonoides Amarelos e Vitamina C

Os teores médios de polifenóis extraíveis totais (PET), flavonoides amarelos e de vitamina C, de frutos de genótipos de cajarana do Sertão avaliados em dois estádios de maturação, estão apresentados na Tabela 1.

Em geral, os teores médios de polifenóis extraíveis totais (PET) foram maiores nos frutos de cajarana do Sertão, no estádio de maturação considerado maduro (cor da casca alaranjada), em contraste do reportado por Silva (2010), que verificou decréscimo de PET, em frutos de genótipos progênes de clones de cajá, em sete estádios de maturação. Os genótipos G5 e G7 destacaram-se com os maiores valores, diferindo entre si e entre os demais genótipos ( $p \leq 0.05$ ). Valores próximos ao desta pesquisa foram reportados por Silva (2008),  $36.00 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$  de matéria fresca, em frutos de umbu-cajá, provenientes de Iguatu-CE.

Para o cajá, espécie do mesmo gênero botânico, são citados valores médios de 126.0, 249.0 e  $260.0 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$  (MELO et al., 2008; FILGUEIRAS et al., 2001; VASCO et al., 2008 e TIBURSKI et al., 2011).

O teor de flavonoides amarelos, dos genótipos G1 e G5, no estádio maduro, diferiram significativamente ( $p \leq 0.05$ ), dos demais genótipos por exibirem conteúdos mais elevados ( $3.50$  e  $3.52 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ ), respectivamente.

No caso do umbu-cajá, os conteúdos de flavonoides são reportados em ampla faixa, variando de  $1.95 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$  (Moreira, 2011) a  $49.92 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$  (Silva, 2008). Para o cajá, Silva (2010) e Rufino et al. (2010) citaram valores de 1.37 a  $7.1 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$ , respectivamente.

De acordo com Kalt (2005) e Wang et al. (2009), os níveis de metabólitos das plantas são notadamente afetados por fatores genéticos e ambientais, comprimento do dia, temperatura, umidade, tipo de solo, danos causados por microorganismos e insetos e a radiação UV, o que pode, em parte, explicar essa diferença nos conteúdos.

Para Bravo (1998), os ácidos fenólicos e flavonoides, embora não sendo essenciais para sobrevivência, podem fornecer proteção contra uma série de doenças crônicas, sobretudo se o consumo for feito em longo prazo. Os ácidos fenólicos potencialmente envolvidos nesses efeitos benéficos são o ácido gálico, o ácido cumárico, ácido caféico, e derivados, tais como o ácido clorogênico (CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011).

Os teores médios de vitamina C variaram entre 18.32 (G5), a 50.00 mg.100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico (G4), ambos no estágio de vez. Valores próximos ao deste estudo foram reportados por Filgueiras et al. (2001) e Vasco et al. (2008), com 36.86, 27.00 a 36.00; mg.100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, em polpa de cajá. Dantas Júnior (2008) reportou média de 53.78 mg.100g<sup>-1</sup>, em frutos de genótipos de umbuzeiro, afirmando ser esta fruta relativamente rica neste composto.

**Tabela 1:** Valores médios de polifenóis extraíveis totais (PET), flavonoides amarelos, Vitamina C em genótipos de cajarana do Sertão (*Spondias* sp.) em dois estádios de maturação.

| Genótipos     | PET(mg.100g <sup>-1</sup> ) |              | Flav. amarelos(mg.100g <sup>-1</sup> ) |             | Vit. C(mg.100g <sup>-1</sup> ) |              |
|---------------|-----------------------------|--------------|----------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
|               | DV                          | M            | DV                                     | M           | DV                             | M            |
| <b>G1</b>     | 13.63±2.95aA                | 7.38±1.38dB  | 2.69±0.08cB                            | 3.50±0.08aA | 36.54±0.07bA                   | 35.05±0.05aB |
| <b>G2</b>     | 12.36±0.82aB                | 22.81±2.75cA | 2.57±0.15cA                            | 2.74±0.18cA | 38.73±0.25bA                   | 32.04±0.03aB |
| <b>G3</b>     | 13.48±1.41aA                | 9.33±0.94dB  | 2.54±0.05cB                            | 3.06±0.23bA | 46.91±0.03aA                   | 31.09±0.08aB |
| <b>G4</b>     | 14.68±0.72aB                | 22.59±0.06cA | 3.08±0.07aA                            | 3.14±0.12bA | 50.00±0.50aA                   | 39.22±0.17aB |
| <b>G5</b>     | 12.18±0.85aB                | 57.99±4.96aA | 2.69±0.25cB                            | 3.52±0.02aA | 18.32±0.31dB                   | 22.05±0.02bB |
| <b>G6</b>     | 11.93±1.04aB                | 21.85±2.16cA | 2.84±0.14bB                            | 3.09±0.10bA | 22.43±0.16cB                   | 21.98±1.24bB |
| <b>G7</b>     | 10.88±1.69aB                | 46.12±1.53bA | 2.76±0.15cB                            | 3.16±0.06bA | 18.57±0.16dB                   | 21.36±0.31bB |
| <b>Mínimo</b> | 9.17                        | 6.47         | 2.28                                   | 2.57        | 18.02                          | 20.74        |
| <b>Máximo</b> | 17.03                       | 61.95        | 3.22                                   | 3.81        | 50.50                          | 39.4         |
| <b>Média</b>  | 12.73                       | 26.87        | 2.74                                   | 3.17        | 33.07                          | 28.97        |
| <b>CV (%)</b> | 9.11                        | 12.07        | 4.80                                   | 4.48        | 38.19                          | 23.57        |

\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha (estádio de maturação) e maiúscula na coluna (genótipo), não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott

De modo geral, verificou-se que frutos no estágio de vez, apresentaram maiores conteúdos de vitamina C, corroborando com Silva (2010), avaliando frutos provenientes de genótipos clones e pés-franco da cajazeira, em sete estádios de maturação.

### 3.1.2. Carotenoides

Os teores de carotenoides totais foram bem superiores em frutos maduros, sobretudo para o genótipo G2, com 1412.08 µg.100g<sup>-1</sup> de matéria fresca (Tabela 2). O maior conteúdo de carotenoides totais foi observado nos frutos dos genótipos maduros, indicando que sua síntese é aumentada durante o amadurecimento, corroborando com Meléndez-Martínez et al. (2004). Os valores médios para carotenoides em cajarana do Sertão foram superiores aos reportados por Moreira (2011), em umbu-cajá, que

encontrou valores variando de 66.7 a 114.4  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  avaliando diferentes genótipos. Em cajá, Rodriguez-Amaya e Kimura (1989) citam valores de 259.0  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  na polpa com casca e de 173.0  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  na polpa. Silva et al. (2010) reportaram valor máximo de 51.47  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  em cajás oriundos de clones, indicando que a cajarana do Sertão é uma fonte muito representativa de carotenoides.

Dentre os carotenoides totais três carotenoides foram identificados e quantificados na polpa da cajarana do Sertão (Tabela 2). A zeaxantina foi o carotenoide predominante na polpa de todos os genótipos, tendo o G3 e G4 apresentado as maiores médias, 536.06 e 532.89  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , respectivamente, seguido pelo  $\beta$ -caroteno, 247.64 e 250.81  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  e pela  $\beta$ -criptoxantina, 342.33 e 359.92  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , dos mesmos genótipos, havendo diferença significativa dos demais genótipos avaliados ( $p \leq 0.05$ ).

Em polpa de cajá, Hamano e Mercadante (2001) encontraram variação entre 364 – 385.0  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  para a zeaxantina, 579.0 – 819.0  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  para a  $\beta$ -criptoxantina e 164 – 212.0  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  para o  $\beta$ -caroteno. Tiburski et al. (2011) reportam os seguintes valores em polpas de cajá: zeaxantina (547.5  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ),  $\beta$ -criptoxantina (1708.5  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) e  $\beta$ -caroteno (314.0  $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ).

De acordo com Gayosso-García et al. (2011), entre os carotenoides, somente o  $\alpha$ -caroteno, o  $\beta$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina tem atividade provitamínica, tendo os frutos da cajarana do Sertão elevado potencial pró-vitamínico.

## **3.2. Atividade Antioxidante**

### **3.2.1. Métodos ORAC e ABTS**

A atividade antioxidante total em extratos de polpa de frutos de cajarana do Sertão foi medida através de dois métodos: o ABTS e o ORAC. Os resultados obtidos na determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS são expressos em equivalente a vitamina C (VCEAC), enquanto que o ORAC em equivalente ao Trolox (TEAC), para os distintos genótipos avaliados, em dois estádios de maturação.

O valor médio de AAT por ABTS foi 0.36  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de vitamina C de matéria fresca, tendo o genótipo G3, no estágio maduro, apresentado maior média 0.58  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de vitamina C, diferindo significativamente dos demais genótipos ( $p \leq 0.05$ ), ou seja, exibiu a maior capacidade antioxidante frente ao radical  $\text{ABTS}^{\cdot+}$ .

Para a atividade antioxidante determinada pelo método ORAC, verificou-se que os frutos dos genótipos de cajarana do Sertão, em dois estádios de maturação analisados,

os genótipos no estágio maduro apresentaram maior atividade antioxidante, com valor médio 0.84 mM Trolox.g<sup>-1</sup> de matéria fresca, exceto os genótipos G2 e G6, não sendo observada diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ), entre os dois estágios de maturação.

Verificou-se que os extratos de frutos da cajarana do Sertão, quando maduros apresentaram maior atividade antioxidante pelas duas metodologias utilizadas (ABTS e ORAC), em decorrência da maior biossíntese de compostos bioativos ocorrer em paralelo com o avanço da maturação do fruto estando, portanto, maior conteúdo destes compostos se acumulado no fruto maduro, conforme mostrado nas Tabelas 1, 2 e 4.

Estes resultados corroboram com Wang et al. (2009), que ao avaliarem a influência da luz e da maturidade na qualidade de framboesas vermelhas, concluíram que estas quando totalmente maduras, apresentavam mais forte atividade antioxidante através do ORAC e DPPH, com alta correlação entre os métodos.

### 3.3. Correlação

Neste trabalho foi verificada correlação significativa positiva, em nível de 1%, entre a atividade antioxidante total, pelo método ORAC com os compostos bioativos flavonoides amarelos (0.61\*\*), carotenoides totais (0.58\*\*), zeaxantina (0.65\*\*), cryptoxantina (0.67\*\*) e o  $\beta$ -caroteno.

Para a atividade antioxidante, medida através do método ABTS observou correlação significativa positiva, em nível de 1%, entre carotenoides totais (0.68\*\*), zeaxantina (0.79\*\*),  $\beta$ -cryptoxantina (0.85\*\*) e o  $\beta$ -caroteno (0.77\*\*) e em nível de 5% com os flavonoides amarelos.

Houve correlação positiva, em nível de 1%, entre a atividade antioxidante total, pelos métodos ORAC e ABTS (0.78\*\*).

Os resultados da atividade antioxidante total, obtidos através dos métodos ORAC e ABTS, e os compostos bioativos flavonoides amarelos, carotenoides totais, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina e  $\beta$ -caroteno, indicaram que estes compostos bioativos tiveram maior contribuição para a atividade antioxidante da cajarana do Sertão. Adicionalmente, pôde ser verificado que a maior contribuição dos carotenoides para a atividade antioxidante foi devido aos seus constituintes majoritários: zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina e ao  $\beta$ -caroteno (Tabela 4).

**Tabela 2:** Valores médios do teor de carotenoides totais, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina e  $\beta$ -caroteno de matéria fresca, em frutos de genótipos de cajarana do Sertão (*Spondias* sp.) em dois estádios de maturação.

| Genótipo      | Carot. Totais ( $\mu\text{g.100g}^{-1}$ ) |                       | Zeaxantina( $\mu\text{g.100g}^{-1}$ ) |                      | Criptoxantina( $\mu\text{g.100g}^{-1}$ ) |                      | $\beta$ -caroteno( $\mu\text{g.100g}^{-1}$ ) |                      |
|---------------|-------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------|----------------------|
|               | DV                                        | M                     | DV                                    | M                    | DV                                       | M                    | DV                                           | M                    |
| <b>G1</b>     | 539.77 $\pm$ 0.31aB                       | 1310.34 $\pm$ 92.54bA | 275.99 $\pm$ 4.22bB                   | 378.44 $\pm$ 7.50dA  | 82.21 $\pm$ 0.73aB                       | 146.09 $\pm$ 8.87dA  | 164.77 $\pm$ 3.52bB                          | 221.07 $\pm$ 1.86dA  |
| <b>G2</b>     | 551.42 $\pm$ 5.71aB                       | 1412.08 $\pm$ 68.07aA | 294.30 $\pm$ 20.29aB                  | 516.66 $\pm$ 7.61bA  | 83.06 $\pm$ 2.35aB                       | 167.79 $\pm$ 7.62cA  | 158.11 $\pm$ 0.98bB                          | 206.45 $\pm$ 13.63dA |
| <b>G3</b>     | 601.81 $\pm$ 24.82aB                      | 1316.33 $\pm$ 34.36bA | 278.47 $\pm$ 10.78bB                  | 536.06 $\pm$ 8.18aA  | 81.50 $\pm$ 4.01aB                       | 247.64 $\pm$ 10.91aA | 225.31 $\pm$ 9.17aB                          | 342.33 $\pm$ 8.00bA  |
| <b>G4</b>     | 486.95 $\pm$ 2.09 bB                      | 1201.21 $\pm$ 74.81cA | 228.13 $\pm$ 1.98cB                   | 532.89 $\pm$ 4.96aA  | 88.11 $\pm$ 3.49aB                       | 250.81 $\pm$ 7.00aA  | 166.24 $\pm$ 7.26bB                          | 359.92 $\pm$ 20.25aA |
| <b>G5</b>     | 339.33 $\pm$ 1.60cB                       | 950.99 $\pm$ 7.32dA   | 186.15 $\pm$ 6.40dB                   | 462.40 $\pm$ 12.30cA | 57.26 $\pm$ 0.28bB                       | 184.49 $\pm$ 4.55bA  | 83.87 $\pm$ 3.17dB                           | 281.59 $\pm$ 7.96cA  |
| <b>G6</b>     | 345.88 $\pm$ 9.38cB                       | 801.16 $\pm$ 1.89eA   | 184.33 $\pm$ 8.66dB                   | 366.04 $\pm$ 1.41dA  | 25.82 $\pm$ 10.43cB                      | 153.88 $\pm$ 6.89dA  | 112.57 $\pm$ 13.77cB                         | 272.78 $\pm$ 0.50cA  |
| <b>G7</b>     | 335.63 $\pm$ 10.32cB                      | 920.30 $\pm$ 1.80dA   | 182.79 $\pm$ 5.16dB                   | 453.22 $\pm$ 2.64cA  | 28.73 $\pm$ 1.10cB                       | 176.94 $\pm$ 0.73bA  | 106.23 $\pm$ 3.82cB                          | 267.39 $\pm$ 3.43cA  |
| <b>Mínimo</b> | 323.73                                    | 799.46                | 175.88                                | 364.42               | 15.52                                    | 137.23               | 80.22                                        | 198.02               |
| <b>Máximo</b> | 626.56                                    | 1466.23               | 312.14                                | 541.91               | 92.13                                    | 258.87               | 235.83                                       | 380.17               |
| <b>Média</b>  | 457.25                                    | 1130.34               | 232.88                                | 463.67               | 63.81                                    | 189.66               | 145.30                                       | 278.79               |
| <b>CV (%)</b> | 2.41                                      | 4.73                  | 4.27                                  | 1.56                 | 7.12                                     | 3.85                 | 4.97                                         | 3.69                 |

\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha (estádio de maturação) e maiúscula na coluna (genótipo), não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Tabela 3:** Atividade antioxidante de frutos de genótipos da cajarana do Sertão (*Spondias* sp.) em dois estádios de maturação através de ABTS (mg.g<sup>-1</sup> VCEAC) e ORAC (mM.TEAC).

| Genótipos     | ABTS<br>(mg.g de VCEAC) |             | ORAC<br>(mM.TEAC) |             |
|---------------|-------------------------|-------------|-------------------|-------------|
|               | DV                      | M           | DV                | M           |
| <b>G1</b>     | 0.35±0.02bB             | 0.43±0.03cA | 0.63±0.03aB       | 0.90±0.08aA |
| <b>G2</b>     | 0.37±0.01bA             | 0.40±0.01cA | 0.70±0.05aA       | 0.67±0.05bA |
| <b>G3</b>     | 0.37±0.04bB             | 0.58±0.02aA | 0.56±0.03bB       | 0.90±0.03aA |
| <b>G4</b>     | 0.41±0.02aB             | 0.51±0.03bA | 0.68±0.05aB       | 0.97±0.09aA |
| <b>G5</b>     | 0.38±0.02bB             | 0.50±0.01bA | 0.60±0.03bB       | 0.93±0.04aA |
| <b>G6</b>     | 0.27±0.00cB             | 0.37±0.01dA | 0.64±0.02aA       | 0.53±0.03cA |
| <b>G7</b>     | 0.35±0.01bB             | 0.50±0.01bA | 0.71±0.01bB       | 0.99±0.06aA |
| <b>Mínimo</b> | 0.27                    | 0.36        | 0.54              | 0.51        |
| <b>Máximo</b> | 0.42                    | 0.60        | 0.75              | 1.07        |
| <b>Média</b>  | 0.36                    | 0.47        | 0.64              | 0.84        |
| <b>CV (%)</b> | 5.38                    | 6.87        | 5.70              | 4.32        |

\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha (estádio de maturação) e maiúscula na coluna (genótipo), não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

**Tabela 4:** Correlações entre os componentes bioativos e atividade antioxidante em frutos de diferentes genótipos da cajarana do Sertão (*Spondias* sp.), em dois estádios de maturação, provenientes do estado da Paraíba e Rio Grande do Norte.

| Variáveis   | PET  | FLAV | VITC  | CAR  | ZEA    | CRYP   | βCAR   | ABTS   | ORAC   |
|-------------|------|------|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>PET</b>  | 1.00 | 0.47 | -0.32 | 0.23 | 0.45   | 0.41   | 0.40   | 0.43   | 0.47   |
| <b>FLAV</b> | -    | 1.00 | -0.14 | 0.49 | 0.46   | 0.53*  | 0.51*  | 0.53*  | 0.61** |
| <b>VITC</b> | -    |      | 1.00  | 0.12 | 0.05   | 0.08   | 0.17   | 0.03   | -0.07  |
| <b>CAR</b>  | -    | -    | -     | 1.00 | 0.92** | 0.87** | 0.76** | 0.68** | 0.58** |
| <b>ZEA</b>  | -    | -    | -     | -    | 1.00   | 0.95** | 0.87** | 0.79** | 0.65** |
| <b>CRYP</b> | -    | -    | -     | -    | -      | 1.00   | 0.93** | 0.85** | 0.67** |
| <b>βCAR</b> | -    | -    | -     | -    | -      | -      | 1.00   | 0.77** | 0.60** |
| <b>ABTS</b> | -    | -    | -     | -    | -      | -      | -      | 1.00   | 0.78** |

(\*)Indica probabilidade de erro ≤5%, (\*\*)Indica probabilidade de erro ≤1%, pelo teste de Scott-Knott.

#### 4. CONCLUSÕES

Nos genótipos de cajarana do Sertão avaliados, a presença de substâncias biologicamente ativas, principalmente, relacionadas aos pigmentos, tais como os flavonoides amarelos e os carotenoides estão mais presentes em frutos em estágio de maturação maduro.

Dos carotenoides identificados nos frutos, o  $\beta$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina têm atividade provitamínica, destacando a importância desta frutífera no fornecimento de um componente natural, para a dieta da população do Nordeste do Brasil.

Os compostos bioativos responsáveis diretamente pela atividade antioxidante nos frutos dos genótipos de cajarana do Sertão estudados foram: os carotenoides totais, a zeaxantina, a  $\beta$ -criptoxantina, o  $\beta$ -caroteno e os flavonoides amarelos.

Em relação à atividade antioxidante total, os frutos dos genótipos da cajarana do Sertão, apresentaram elevada atividade antioxidante pelos métodos ABTS e ORAC, havendo alta correlação entre si, indicando que a capacidade antioxidante destes frutos podem ser medidas, tanto pelo ORAC quanto pelo ABTS.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAVO, L. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, v.56, n.11, p.317–333, 1998.

CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v.44, n.7, 2011.

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

FERNANDES, L. F.; MOURA FILHO, E. R.; ANDRADE, J. C.; MOREIRA, J. N.; VIEIRA, M. R. S.; MEDEIROS, D. C.; TOMAZ, H. V. Q.; LOPES, W. A. R. Influência de métodos combinados na preservação de polpa de cajarana em algumas características químicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., 2005. Anais... João Pessoa, 2005.

FERREIRA, J.C.; MATA, M.E.R.M.C.; 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.

FILGUEIRAS, H. A. C., ALVES, R. E., OLIVEIRA, A. C., FARLEY, C., MOURA, H., ARAÚJO, N. C. C. Calidad de Frutas Nativas de Latinoamer ica para Industria: Jobo (*Spondias mombin* L.). **Procedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.43, p.72–76, 2001.

GAYOSSO-GARCÍA SANCHO, L. E.; YAHIA, E. M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. **Food Research International**, (2011).

GIÃO, M.S.; SANJOSÉ, M.L.; RIVERO-PÉREZ, M.D.; PEREIRA, C.I.; PINTADO; MALCATA, F.X. Infusions of Portuguese medicinal plants: dependence of final

antioxidant capacity and phenol content on extraction features. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.87, n.?, p.2638-2647, 2007.

HAMANO, P.S.; MERCADANTE, A.Z. Composition of carotenoids from commercial products of Caja (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, n.4, p.335–343, 2001.

HUANG, H.-C., LEE, C.R.; WENG, Y.I.; LEE, M.; LEE, Y.T.,; Vasodilator effect of Scoparone (6,7–dimethoxycoumarin) from a Chinese herb. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam v.218, 123–128.1992.

KALT W. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. **Journal of Food Science**. v.70, n.1, p.R11–R19, 2005.

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

LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

LIMA, F.S. **Caracterização físico-química e bromatológica de *Spondias* sp (Cajarana do Sertão)**. – Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais ), 64p.: il. Centro de Saúde e Tecnologia Rural, UFCG, 2010.

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

MELO, E. DE. A., MACIEL, M. I. S., LIMA, V. L. A. G., NASCIMENTO, R. J. DE. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n.2, p.193–201 2008.

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

MOREIRA, A.C.C.G. Caracterização de frutos de genótipos de cajá-umbuzeiras: teor de fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante. 2011. 122f.: il. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – UFPE- Recife.

OU, B.; HUANG, D.; HAMPSCH-WOODILL, M.; FLANAGAN, J. A.; DEEMER, E. K. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 50, p.2914-2919, 2002.

PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolics and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.46, n.7, p.2686-2693, 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. Carotenoidese valor nutritivo de Vitamina A em cajá (*Spondias lutea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.9, n.2, p.148-162, 1989.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, n.4, p.996-1002, 2010.

SILVA, F.V.G. **Maturação, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de genótipos de cajazeiras do BAG EMEPA-PB**. 191p. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, 2010.

SILVA, L. R. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, CE**. UFPB/CCA. 135f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008.

SINGLETON, V.L.; ROSSI JR.; J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

TIBURSKI, J.H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; GODOY, R.L.de O.; PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**. v.44, n.7, p. 2326-2331, 2011.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v.111, n.4, 816–823, 2008.

WANG, S.Y.; CHEN, C.; WANG, C.Y. The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. **Food Chemistry**, v.112, n.3 p.676–684, 2009.

WRIGHT, K. P.; KADER, A. A. Effect of controlled-atmosphere storage on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v.10, n.1, p.89-97, 1997.

#### **CAPÍTULO IV**

#### **QUALIDADE, POTENCIAL FUNCIONAL DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) PARA AGREGAÇÃO DE VALOR**

## RESUMO

Atualmente, a busca por produtos saudáveis tem crescido e frutas nativas com características exóticas apresentam demanda crescente visando o fator inovação. Neste contexto, se destaca o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) que é uma planta xerófila, endêmica do Semiárido brasileiro, cujos frutos são amplamente comercializados e consumidos no Norte e Nordeste do Brasil, tendo expressiva importância agrossocioeconômica. Este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial funcional e a qualidade dos frutos de umbuzeiro, visando selecionar os genótipos mais promissores, bem como, fomentar a pesquisa para agregação de valor a este importante fruto do Semiárido. Foram avaliados vinte e quatro genótipos oriundos de três municípios paraibanos de Soledade (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8), Juazeirinho (P9, P10, P11, P12, P13, P16 e P17) e Campina Grande: (P202, P203, P205, P206 e P208) e o município de Currais Novos, no Estado do Rio Grande do Norte: (P50, P51, P52 e P53). As características físicas avaliadas foram: comprimento longitudinal e transversal, massa do fruto, porcentagem de casca e semente e rendimento e as físico-químicas: sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH, relação SS/AT, açúcares redutores e amido. Também foram avaliados os compostos bioativos e atividade antioxidante total pelos métodos ABTS e ORAC. Dentre as características físicas, todos os genótipos apresentaram alto rendimento da porção comestível, acima de 80%, tendo os genótipos P5, P9, P13 e P51 obtido rendimento acima de 88%, diferindo dos demais genótipos. Quanto à relação SS/AT, apenas o genótipo P11 obteve média inferior ao valor mínimo (10.00) exigido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ), evidenciando aptidão para consumo fresco, bem como para industrialização, destacando-se os frutos dos genótipos P1 e P7 (Soledade – PB) e P17 (Juazeirinho – PB) com valores superiores a 16.00. A maioria dos genótipos avaliados (70,83%) é propícia ao consumo fresco, por apresentar acidez titulável abaixo de 1,0 g.100g<sup>-1</sup> de ácido cítrico. Os compostos bioativos responsáveis pela atividade antioxidante nos frutos dos genótipos de umbu avaliados foram os polifenóis extraíveis totais (PET), os carotenoides totais e seus componentes (zeaxantina, β-cryptoxantina e o β-caroteno), constituindo-se num aporte significativo de antioxidantes naturais para a dieta da população do Semiárido.

**Palavras-chave:** *Spondias tuberosa* Arr. Cam., qualidade dos frutos e potencial funcional

## QUALITY AND FUNCTIONAL POTENCIAL OF FRUITS OF GENOTYPES OF UMBU TREE (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)

### ABSTRACT

Currently, the search for healthy products has grown and native fruits with exotic features have increasing demand aiming at the innovation. In this context stands out the umbu tree (*Spondias tuberosa* Arr Cam.), which is a xerophilous plant, endemic in the Brazilian semiarid, whose fruits are highly commercialized and consumed in the North and Northeast regions of Brazil, with significant agro-social-economic importance. This study aimed to evaluate the functional potential and quality of fruits of *S. tuberosa*, in order to select the most promising genotypes, as well as promote research to add value to this important fruit of the Semi-Arid. It was evaluated twenty-four genotypes from three municipalities of Paraíba state: Soledade (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 and P8), Juazeirinho (P9, P10, P11, P12, P13, P16 and P17), and Campina Grande (P202, P203, P205, P206 and P208), and the municipality of Currais Novos, in the state of Rio Grande do Norte (P50, P51, P52 and P53). The physical characteristics evaluated were: longitudinal and transverse lengths; mass of the fruit; percent of peel, seed, and yield. The physicochemical characteristics evaluated were: soluble solids (SS), titratable acidity (TA), pH, SS / TA, reducing sugars, and starch. It was also evaluated the bioactive compounds and antioxidant activity by ABTS and ORAC methods. Among the physical characteristics, all genotypes showed high yield of the edible portion, above 80%, and the genotypes P5, P9, P13 and P51 obtained yields above 88%, differing from other genotypes. As for the SS / TA ratio, the genotype P11 was the only one with a mean value below the minimum value (10.00) required by the Brazilian Standard of Identity and Quality (PIQ), being proper for fresh consumption as well as for processing, especially fruits from the genotypes P1 and P7 (Soledade - PB) and P17 (Juazeirinho - PB) with values greater than 16.00. Most genotypes (70.83%) is proper for fresh consumption, since their titratable acidity is below 1.0 g.100g<sup>-1</sup> of citric acid. The bioactive compounds responsible for the antioxidant activity in umbus of the evaluated genotypes were the total extratable polyphenols (PET), total carotenoids, and their components (zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin, and  $\beta$ -carotene), which contribute as a significant source of natural antioxidants to the diet of the Semi-Arid population.

**Keywords:** *Spondias tuberosa* Arr Cam, fruit quality and functional potential

## 1. INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) é uma *Anacardiaceae*, do gênero *Spondias*, que é formado por, aproximadamente, 17 espécies, das quais sete estão distribuídas na América Tropical e, aproximadamente, dez na Ásia Tropical (MILLER e SCHAAL, 2005). No entanto, não existem relatos da ocorrência do umbuzeiro, que é uma árvore xerófita endêmica do Semiárido brasileiro, em outras regiões do planeta (PRADO e GIBBS, 1993). O umbuzeiro é uma espécie predominantemente de fecundação cruzada, com taxa de cruzamento aparente de 74% (SOUZA, 2000).

Esta *Anacardiaceae*, pela sua adaptação ao Semiárido, em decorrência do seu sistema radicular ser dotado de um órgão de reserva, os xilopódios ou túberas aquíferas que armazenam água e amido, tem aproveitamento e utilização secular desempenhando importante papel agrossocioeconômico, de modo que o extrativismo de seu fruto é estratégico na geração de emprego e renda familiar da região de ocorrência durante a safra (LORENZI, 2000; SANTOS et al., 2008).

Atualmente, a busca por produtos saudáveis tem crescido e frutas nativas com características exóticas apresentam demanda crescente visando o fator inovação. O umbu é um fruto bastante comercializado e consumido no Norte e Nordeste do Brasil e o desenvolvimento de produtos à base deste fruto se apresenta como uma opção importante, pelo sabor e pelas características de funcionalidade, se apresenta como elementos importantes na agregação de valor (CAMPOS, 2007).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o potencial funcional e a qualidade dos frutos de umbuzeiro, visando selecionar os genótipos mais promissores, bem como, fomentar a pesquisa para agregação de valor a este importante fruto do Semiárido.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Procedência dos Frutos e Colheita**

Os frutos utilizados neste experimento foram provenientes de 24 genótipos de umbuzeiros (*Spondias mombin* Arr. Cam.) oriundos de três municípios paraibanos: Soledade (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8); Juazeirinho (P9, P10, P11, P12, P13, P16 e P17); Campina Grande: (P202, P203, P205, P206 e P208) e o município de Currais Novos, no Estado do Rio Grande do Norte: (P50, P51, P52 e P53).

Os frutos foram colhidos manualmente, nas primeiras horas do dia, na maturidade comercial, com coloração da casca amarelo esverdeada (fruto maduro) em toda a extensão da copa. Após a colheita os frutos foram transportados ao Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para as avaliações físicas e físico-químicas.

### **2.2. Avaliações Físicas**

No laboratório foram utilizados 30 frutos, de cada genótipo, para a caracterização física, sendo avaliada massa do fruto (g), peso da casca, peso da semente, pesando-se os frutos individualmente em balança semi-analítica (MARK 3100) sendo em seguida, descascados manualmente, usando faca de aço inoxidável, pequena e lisa.

Para a massa da polpa, foi considerada a diferença entre a massa do fruto e a da casca + semente. No caso do rendimento, foi considerado o peso da casca + peso da polpa. O comprimento longitudinal (mm) e o diâmetro (mm) foram obtidos com auxílio de paquímetro digital (Within 300mm).

### **2.3. Avaliações Físico-Químicas**

Para as avaliações físico-químicas, foram preparadas 3 repetições de cerca de 500 g de polpa, homogeneizada de cada genótipo para as determinações de: Sólidos Solúveis (% SS): determinados com refratômetro digital (KRÜSS-OPTRONIC, HAMBURGO, ALEMANHA), segundo AOAC (2000); Acidez Titulável (% AT): por titulometria com NaOH 0,1M, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008) e expressa em percentagem de ácido cítrico; Relação SS/AT: relação entre os SS e AT; pH: determinado com potenciômetro digital (HANNA, SINGAPURA), conforme técnica da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000); ácido ascórbico ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ): determinado através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), até obtenção de coloração rósea claro

permanente, utilizando-se 1g da polpa diluída em 30 mL de ácido oxálico 0,5 % - AOAC (2000); açúcares redutores ( $\text{g} \cdot 100^{-1} \text{g polpa}$ ): realizada segundo Miller (1959) utilizando o ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS); amido ( $\text{g} \cdot 100^{-1} \text{g polpa}$ ): a extração feita por hidrólise ácida, conforme método descrito pela AOAC (2000), com algumas adaptações; flavonoides amarelos da polpa ( $\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ ) conforme metodologia de Francis (1982). Leitura realizada a 374nm, calculado através da fórmula: fator de diluição x absorbância/76,6.

## **2.4. Determinação de Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante**

As análises de compostos bioativos, em amostras previamente liofilizadas, foram realizadas no Centro de Biotecnologia e Química Fina (CBQF), Escola Superior de Biotecnologia (ESB) da Universidade Católica do Porto (UCP) – Porto – Portugal.

### **2.4.1. Obtenção dos extratos**

Os extratos hidrometanólicos (MeOH 80%) e hidroacetônicos (80%) foram obtidos sequencialmente, utilizando 0,5g das polpas de cajarana do Sertão, previamente liofilizadas e adicionadas de 30 mL de MeOH a 80%, mantidas sob agitação constante durante 30 minutos à temperatura ambiente. Em seguida foram transferidos para tubos tipo Falcon de 50 mL e centrifugados (centrífuga universal 320R – Hettich – Zentrifugen – Alemanha) por 5 minutos a 5000 rpm e filtrados através de papel de filtro. Os extratos foram armazenados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posterior avaliação. Aos resíduos foram adicionados acetona a 80%, utilizando a metodologia similar, a descrita acima. A extração foi realizada em triplicata, para cada genótipo.

### **2.4.2. Determinação da Atividade Antioxidante**

A atividade antioxidante dos extratos dos oito genótipos foi avaliada através de dois métodos analíticos: ORAC (Oxygen radical absorbance capacity) e ABTS<sup>+</sup>• (Ácido 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico).

#### **2.4.2.1. Método ORAC**

O método ORAC foi realizado conforme Ou et al. (2001) e adaptação do Huang et al. (2002) para uso em microplacas, usando fluoresceína. A quantificação da atividade antioxidante foi baseada no cálculo da área sob a curva de declínio da fluorescência,

como proposto por Prior et al. (2003). Os resultados foram expressos em mmol Eq Trolox.g<sup>-1</sup> de massa fresca.

#### **2.4.2.2. Método ABTS**

A quantificação da atividade antioxidante pelo método ABTS<sup>•+</sup> foi de acordo com Gião et al. (2007), onde o cátion ABTS<sup>•+</sup> foi diluído em água ultra-pura. O Trolox usado, como padrão no método original, foi substituído por ácido ascórbico (99,0% puro, Sigma-Aldrich®, Steinheim, Alemanha), pelos seguintes fatores: (1) ser amplamente utilizado pela indústria de alimentos; (2) os resultados são pelo menos tão reprodutíveis quanto aqueles obtidos com trolox; (3) a preparação das soluções correspondentes é mais fácil, e (4) a solução final apresenta uma maior estabilidade.

Os extratos foram obtidos com metanol (80%) e acetona (80%) e a atividade antioxidante foi quantificada em espectrofotômetro UV mini-1240 (Shimadzu, Tokyo, Japão) em comprimento de onda de 734nm. O ácido ascórbico foi utilizado como padrão para preparar a curva de calibração, na faixa de 0,021-0,5 gL<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de vitamina C por grama de massa fresca. Alíquotas de 60 µL de extrato obtido, dos diferentes genótipos, foram adicionadas a 1,0 mL de ABTS<sup>•+</sup> diluído ((A734 nm = 0.700 (±0.02)) e a absorbância foi lida depois de 6 minutos da mistura inicial. Todas as determinações foram efetuadas em triplicata.

### **2.5. Determinação dos Compostos Bioativos**

#### **2.5.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET)**

O conteúdo de polifenólicos extraíveis totais (PET) foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu, conforme Singleton e Rossi Jr. (1995), utilizando ácido gálico como padrão, e os resultados, expressos em mg EAG.g<sup>-1</sup> de massa fresca. Foi utilizado 50 µL de cada amostra e o branco (água deionizada), onde foram combinados com 50 µL do reagente Folin-Ciocalteu's (0.25 N) (Merck®), 1 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1N) (Sigma-Aldrich®) e 1,4 mL água destilada. A mistura foi incubada durante 1 hora a temperatura ambiente e as medições de absorbância foram efetuadas a 750 nm em espectrofotômetro UV mini-1240 (Shimadzu, Tokyo, Japão), sendo o branco estabelecido como o zero. Todas as determinações foram efetuadas em duplicata de cada repetição. A curva padrão foi preparada usando diferentes concentrações de ácido gálico na faixa de linearidade (Abs – 0.0163)/1.6745 e o R<sup>2</sup>= 0.9976.

### 2.5.2. Carotenoides

a) A extração e avaliação dos carotenoides foram baseadas no método descrito por Wright e Kader (1997), com as seguintes adaptações: foi utilizado 0,5 g da amostra seca adicionado de 1,0 mL de etanol (gelado), a qual foi homogeneizada com Ultra-Turrax (modelo T25 JK GmbH, Staufen Germany) a 6000 rpm por 1 min., a esta mistura foi adicionado 4,0 mL de hexano, a qual foi homogeneizada novamente por 1 min., centrifugou-se (centrífuga universal 320R – Hettich Zentrifugen – Germany) por 5 minutos a 5000 rpm, o sobrenadante foi recolhido e ao resíduo adicionou-se 2,5 mL de NaCl saturado adicionado de 4 mL de hexano, que foi homogeneizado e centrifugado, como descrito anteriormente. O segundo extrato foi adicionado ao primeiro e homogeneizados. As leituras foram efetuadas em espectrofotômetro (Specord S-600 – Analytikjena) a 454 nm.

b) O Perfil qualitativo e quantitativo dos carotenoides foi determinado por HPLC-DAD (Waters Series 600, Mildford MA, EUA). A detecção foi conseguida por um detector de arranjo de diodos (Waters, Massachusetts, EUA) em intervalos de comprimento de onda de 200-600 nm em intervalos de 2 nm. A separação foi realizada em fase reversa Symmetry<sup>®</sup> coluna C18 (250 x 4,6 mm id, tamanho de partícula 5 mm e 125 Å tamanho dos poros) com uma coluna de guarda contendo a mesma fase estacionária (Symmetry<sup>®</sup> C18).

Os carotenoides foram analisados usando acetonitrila (55%), metanol (22%), diclorometano (11,5%), hexano (11,5%) e acetato de amônio (0,02%), como eluente em condições isocrática a 1,0 vazão mL/min durante 20 min, a 25 ° C. O volume de injeção foi de 40 µL e o detector foi fixado em 454 nm. β-caroteno (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA), zeinoxantina, β-criptoxantina e β-caroteno, foram quantificados através de uma curva de calibração construída com padrões puros (Extrasynthese, Lyon, França) e expressa em microgramas por grama de massa fresca.

## **2.5. Delineamento Experimental**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o software SAS (9.2) sem transformação. Para comparação das médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade. Na análise multivariada, fez-se uso da análise de componentes principais, sendo estudada a resposta aos fatores estudados para o autovalor da matriz de correlação ( $\lambda$ )

Para a determinação da contribuição dos componentes bioativos com a atividade antioxidante das amostras estudadas, foi realizada a correlação de Pearson.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Características Físicas**

##### **3.1.1. Comprimento longitudinal (CL) e Transversal (CT)**

O comprimento longitudinal e transversal são medidas que definem o formato do fruto. A amplitude de variação para o comprimento longitudinal foi de 27.60 mm (P50) a 38.85 mm (P1), com média de 33.60mm (Tabela 1). Para o comprimento transversal essa amplitude foi de 27.82mm (P53) a 39.46 mm (P52) e média de 31.77 mm. Quando o quociente entre essas duas medidas se aproximar de 1.0, o fruto terá formato mais arredondado (Chitarra e Chitarra, 2005), tendo os genótipos P4 e P5 tais características, e, portanto, os menores índices de formato observados para os P206 (0.95) e P52 (0.97), sendo os frutos desses genótipos mais achatados. Entretanto, frutos da maioria dos genótipos apresentaram formato ovalado, concordando com LIMA et al. (1999), DANTAS JÚNIOR (2008) e AMARAL et al. (2007).

##### **3.1.2. Massa do Fruto**

Os resultados da massa dos frutos das diferentes genótipos de umbu são mostrados na Tabela1. A massa dos frutos de umbus variou de 13.56 g (P53) a 29.55 (P5) tendo média de 20.18g (Tabela 1). A massa fresca média, dos frutos do umbuzeiro foram apresentadas por Narain et al. (1992) 16.19g, Costa et al. (2004) 16.31g, Amaral et al. (2007) 10.14 g e 50.7 g, Dias et al. (2007) 16.56 a 25.95 g, Dantas Júnior (2008) 9.37 a 62.98 g, Almeida (2009) 10.14 g e 50.7 g, demonstrando ampla heterogeneidade fenotípica, que para Chitarra e Chitarra (2005) é uma característica varietal bastante flexível. Neste sentido, Santos et al. (1999) descreveram frutos com massa bem superiores, variando de 75.3g a 96.7g, que os denominou de umbu-gigante, pertencentes ao Banco de Germoplasma de Umbuzeiro (BGU), da Embrapa Semiárido (Petrolina-PE).

##### **3.1.3. Percentagem de Casca**

A percentagem de casca variou de 14.84 (P203) a 30.71% (P50) com média geral de 21.92%. A percentagem média, entretanto, encontra-se acima das reportadas por Costa et al. (2004) (16.69 %) em frutos maduros e por Dantas Júnior (2008) com 17.22%. Este autor ressalta o cuidado no descascamento, pois qualquer excesso de pressão exercida

pelo descascador poderá retirar também, parte da polpa dos frutos, o que irá alterar o percentual da casca.

#### **3.1.4. Percentagem de Semente, Polpa e Rendimento**

O menor valor para a percentagem de semente foi do genótipo P5, enquanto o maior do P6, com 11.46% e 19.61%, respectivamente, sendo estes superiores aos de Dantas Júnior (2008), cuja variação foi de 7.23% e 13.69%, refletindo diretamente o rendimento do fruto.

Para percentagem da polpa foram observadas médias variando de 54.51% (G12) e 70.89% (P203), com média geral de 63.26%, estando próxima a média (64.73%) reportada por Saturnino et al. (2000), e inferior a reportada por DANTAS JÚNIOR (2008), 73.16%.

O elevado teor de polpa é uma das características mais desejáveis, tanto para consumo fresco, quanto para processamento, por ser de interesse econômico, além de ser um parâmetro de qualidade para as indústrias de concentrados, como doces em massa, néctares, etc. (Chitarra e Chitarra, 2005), além de estar diretamente ligada ao rendimento.

Para o rendimento, verificou-se que o genótipo P6 obteve o menor percentual com 80.39%, inferior aos demais genótipos. Os genótipos P5, P9, P13 e P51 apresentaram rendimentos superiores aos demais, com valores acima de 88%, estando estes valores próximos à média de 90.38%, obtida por Dantas Júnior (2008). No entanto, o rendimento médio (85.18%) dos genótipos avaliados encontram-se acima de 64.75% e 69.00% reportados por SATURNINO et al. (2000) e COSTA et al. (2004).

As informações, relacionadas às características físicas, são importantes não apenas para satisfazer as exigências do consumidor e indústria, mas também, por possibilitar a seleção genética de novas variedades e de práticas adequadas ao manuseio pós-colheita.

**Tabela 1:** Caracterização física de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

| Genótipos     | CL<br>(mm)  | CT<br>(mm)  | CL/CT      | Massa do<br>Fruto (g) | Casca<br>%  | Semente<br>% | Polpa<br>%  | Rend.<br>(%) |
|---------------|-------------|-------------|------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| P1            | 38.85±0.30a | 32.95±0.24c | 1.18±0.02a | 24.23± 0.74b          | 18.81±3.16d | 14.69±0.13c  | 66.49±3.04b | 85.30±0.13c  |
| P2            | 31.44±0.72e | 28.63±1.19e | 1.10±0.02b | 14.83± 1.28e          | 19.90±5.41d | 15.49±2.52c  | 64.61±7.92b | 84.51±2.52c  |
| P3            | 33.40±0.27d | 31.25±0.50d | 1.07±0.01b | 18.66±0.51d           | 21.11±0.65c | 17.36±1.19b  | 61.52±1.63c | 82.63±1.19d  |
| P4            | 30.36±0.40e | 30.07±0.39d | 1.04±0.02c | 15.96±0.42e           | 21.92±2.44c | 15.50±0.14c  | 62.57±2.36c | 84.49±0.14c  |
| P5            | 35.29±0.44b | 35.28±0.50b | 1.03±0.01c | 26.13±1.14b           | 19.37±2.49d | 11.46±0.82e  | 69.16±2.37a | 88.53±0.82a  |
| P6            | 35.13±1.38c | 31.33±0.91c | 1.10±0.02b | 21.21±1.40d           | 23.59±2.05c | 19.61±1.08a  | 56.79±2.00d | 80.39±1.08e  |
| P7            | 33.61±0.83d | 31.74±0.51d | 1.09±0.01b | 18.74±0.70d           | 21.56±1.73c | 14.79±0.28c  | 63.64±1.91b | 85.20±0.28c  |
| P8            | 30.68±0.45e | 28.27±0.15e | 1.08±0.01b | 14.49±0.33e           | 20.12±0.17d | 16.22±0.11b  | 63.65±0.27b | 83.77±0.11d  |
| P9            | 33.04±0.06d | 30.77±0.17d | 1.07±0.01b | 18.67±0.82d           | 21.92±0.64c | 11.51±0.45e  | 66.55±1.09b | 88.48±0.45a  |
| P10           | 33.66±0.47c | 30.91±0.21d | 1.10±0.02b | 18.96±0.41d           | 22.24±0.49c | 16.46±1.60b  | 61.29±2.09c | 83.54±1.60d  |
| P11           | 34.02±0.94c | 31.62±1.47c | 1.09±0.04b | 20.05±1.39d           | 23.12±0.89c | 16.61±0.21b  | 60.27±0.82c | 83.39±0.21d  |
| P12           | 32.10±0.57e | 30.56±0.73d | 1.05±0.03c | 18.52±1.51d           | 28.91±4.17a | 16.17±1.63b  | 54.91±5.27d | 83.82±1.63d  |
| P13           | 34.05±0.90c | 32.72±0.84c | 1.04±0.01c | 23.35±1.19c           | 23.16±2.43c | 11.54±0.45e  | 65.29±2.17b | 88.45±0.45a  |
| P16           | 36.69±0.95b | 32.68±0.40c | 1.12±0.02b | 22.71±2.35c           | 19.76±1.54d | 16.28±0.87b  | 63.96±2.40b | 83.71±0.87d  |
| P17           | 31.75±0.51e | 30.47±0.83d | 1.04±0.02c | 22.71±2.35c           | 19.76±1.54d | 16.28±0.87b  | 63.95±2.40b | 83.71±0.87d  |
| P50           | 27.60±0.76f | 26.50±0.65e | 1.04±0.01c | 12.11±0.84f           | 30.71±1.93a | 13.58±0.44d  | 55.80±1.71d | 86.51±0.44b  |
| P51           | 30.72±2.21e | 30.24±1.60d | 1.01±0.02c | 16.84±2.64e           | 18.53±2.56d | 11.71±0.83e  | 69.76±2.34a | 88.29±0.83a  |
| P52           | 38.67±0.86a | 39.46±4.20a | 0.99±0.12d | 29.55±1.80a           | 20.87±1.29c | 13.08±1.10d  | 66.04±0.58b | 86.92±1.10b  |
| P53           | 28.70±0.49f | 27.82±0.32e | 1.03±0.01c | 13.56±0.50f           | 24.73±1.50b | 12.10±0.49e  | 63.16±1.05b | 87.89±0.49a  |
| P202          | 36.48±0.71b | 34.41±1.02b | 1.05±0.04c | 24.61±1.40b           | 26.12±1.58b | 13.27±0.57d  | 60.60±2.14c | 86.73±0.57b  |
| P203          | 37.72±0.49a | 36.64±0.71b | 1.03±0.01c | 28.73±1.02a           | 14.84±0.81d | 14.26±0.67d  | 70.89±0.73a | 85.74±0.67b  |
| P205          | 34.25±0.66c | 32.16±0.35c | 1.06±0.01c | 19.87±0.87d           | 22.81±0.48c | 17.08±0.58b  | 60.09±0.70c | 82.91±0.58d  |
| P206          | 33.33±0.22d | 35.05±0.37b | 0.95±0.01d | 20.88±0.38d           | 23.20±1.07c | 15.21±0.79c  | 61.57±1.28c | 84.78±0.79c  |
| P208          | 32.08±1.35e | 31.71±0.51c | 1.01±0.03c | 19.11±0.64d           | 19.12±4.43d | 15.23±0.38b  | 65.65±4.25b | 84.77±0.38c  |
| <b>Mínimo</b> | 26.73       | 25.79       | 0.85       | 11.14                 | 13.96       | 10.70        | 49.86       | 79.36        |
| <b>Máximo</b> | 39.26       | 44.26       | 1.20       | 30.60                 | 33.45       | 20.63        | 72.35       | 89.29        |
| <b>Média</b>  | 33.60       | 31.77       | 1.05       | 20.18                 | 21.92       | 14.81        | 63.26       | 85.18        |
| <b>CV(%)</b>  | 2.48        | 3.54        | 3.01       | 6.35                  | 10.49       | 6.34         | 4.32        | 1.10         |

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott. CL= comprimento longitudinal, CT= comprimento transversal (mm); CL/CT= relação comprimento longitudinal e transversal. n=30.

### **3.2. Características Físico-Químicas**

#### **3.2.1. Teor de Sólidos Solúveis (SS)**

Dentre os genótipos de frutos de umbu avaliados o P2, P11 e P51 apresentaram os menores teores (9,46, 9,36 e 9,43%), respectivamente, diferindo dos demais (Tabela 2). No entanto, os maiores valores foram observados para o P50 e P208, que se destacaram dos demais genótipos, sendo também superiores aos citados por Dantas Júnior (2008) e Almeida (2009), 9.60% e 9.87%, respectivamente.

Por outro lado, a maioria dos genótipos (83.33%), avaliados neste trabalho, apresentaram SS próximos aos de Santos (1997), Santos et al. (1999) e Campos (2007), cujos, valores encontram-se numa amplitude de 10.0 a 14%.

#### **3.2.2. Acidez Titulável, SS/AT e pH**

Os frutos dos genótipos de umbuzeiros avaliados apresentaram acidez titulável (AT) variando de 0.65% a 1.10% de ácido cítrico, com média de 0.86% (Tabela 2), próximos aos reportados por Campos (2007), 0.87%. Estes valores, no entanto, estão bem abaixo de 1.45% (Lima et al., 2003), 2.01% (Almeida, 2009), 1.96 % (Dias et al., 2007). Costa et al. (2004), 1.49% de AT no umbu doce, no estágio maduro.

Assim, genótipos que apresentaram valor de AT inferior a 1.0% são adequados ao consumo fresco, enquanto os com AT acima desse valor, são de maior interesse para a industrialização, tendo em vista, minimizar a adição de ácido cítrico para padronização da polpa.

A relação SS/AT variou de 9.84 (P11) a 17.99 (P7), com média geral de 13.16, sendo superior as citadas por Costa et al. (2004), Dantas Júnior (2008) e Almeida (2009), com variação de 4.97 a 11.89. Tem-se verificado na literatura grande variação para a SS/AT, que para Dantas Júnior (2008) tem correlação direta com seus componentes que, por sua vez, são bastante influenciados por fatores genéticos e ambientais, o que justifica essa oposição nos valores encontrados neste trabalho.

O pH apresentou pouca variação entre os genótipos avaliados, oscilando entre 3.14 a 3.75. Valores inferiores foram reportados por Bueno et al. (2002), Lima et al. (2003), Costa et al. (2004) e Almeida (2009), 2.6, 2.16, 2.22 e 2.66, respectivamente.

**Tabela 2:** Características físico-químicas frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

| Genótipos     | SS (%)      | AT (% ác. cítrico) | SS/AT        | pH         | AR (g.100g <sup>-1</sup> ) | Amido (g.100g <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-------------|--------------------|--------------|------------|----------------------------|-------------------------------|
| P1            | 10.76±0.21e | 0.65±0.12d         | 17.04±51.13a | 3.19±0.02b | 5.85±0.27f                 | 0.94±0.05f                    |
| P2            | 9.46±0.06h  | 0.86±0.10c         | 11.07±33.22c | 3.17±0.03b | 4.80±0.17h                 | 1.04±0.07f                    |
| P3            | 11.46±0.15d | 1.02±0.03a         | 11.21±33.64c | 3.34±0.40b | 4.98±0.33h                 | 1.04±0.07f                    |
| P4            | 9.93±0.21g  | 0.85±0.06c         | 11.62±34.88c | 3.26±0.02b | 5.32±0.17g                 | 1.01±0.09f                    |
| P5            | 11.16±0.15d | 0.96±0.01b         | 11.62±34.88c | 3.26±0.02b | 5.17±0.29g                 | 1.00±0.09f                    |
| P6            | 10.66±0.06e | 0.83±0.22c         | 13.27±39.83c | 3.27±0.02b | 5.50±0.12f                 | 1.16±0.13e                    |
| P7            | 11.73±0.21c | 0.65±0.02d         | 17.99±53.99a | 3.42±0.03a | 5.06±0.03h                 | 1.14±0.06e                    |
| P8            | 10.70±0.10e | 1.01±0.05a         | 10.56±31.70c | 3.28±0.05b | 3.81±0.03i                 | 1.00±0.02f                    |
| P9            | 10.63±0.12e | 0.77±0.08c         | 13.77±41.32b | 3.62±0.10a | 6.36±0.15e                 | 1.08±0.03                     |
| P10           | 10.33±0.06a | 0.68±0.03d         | 15.15±45.47b | 3.64±0.05a | 5.51±0.07f                 | 0.70±0.05h                    |
| P11           | 9.36±0.06h  | 0.95±0.02b         | 9.84±29.52c  | 3.49±0.05a | 6.97±0.18d                 | 0.45±0.05i                    |
| P12           | 11.00±0.00e | 1.08±0.05a         | 10.20±30.60c | 3.46±0.10a | 7.87±0.68b                 | 0.97±0.06f                    |
| P13           | 11.43±0.06d | 0.89±0.02b         | 12.86±38.58c | 3.55±0.03a | 8.26±0.27b                 | 1.32±0.09d                    |
| P16           | 11.76±0.06c | 1.10±0.04a         | 10.72±32.18c | 3.57±0.04a | 7.33±0.39c                 | 2.58±0.03a                    |
| P17           | 10.93±0.06e | 0.67±0.02d         | 16.24±48.74a | 3.75±0.02a | 4.60±0.25h                 | 0.78±0.05g                    |
| P50           | 12.53±0.06a | 1.02±0.03a         | 12.28±36.87c | 3.14±0.07b | 6.44±0.25e                 | 1.59±0.09b                    |
| P51           | 9.43±1.01h  | 0.66±0.01d         | 14.18±42.57b | 3.30±0.10b | 5.66±0.13f                 | 1.51±0.02b                    |
| P52           | 10.93±0.06e | 0.71±0.01d         | 15.41±46.22b | 3.16±0.06b | 4.94±0.04h                 | 1.54±0.09b                    |
| P53           | 12.16±0.06b | 0.79±0.05c         | 15.35±46.06b | 3.63±0.72a | 7.54±0.20c                 | 1.41±0.11c                    |
| P202          | 11.63±0.06c | 1.00±0.03a         | 11.68±35.04c | 3.25±0.10b | 6.64±0.11e                 | 1.29±0.02d                    |
| P203          | 10.36±0.15a | 0.70±0.00d         | 14.71±44.15b | 3.28±0.12b | 4.67±0.15h                 | 0.81±0.02g                    |
| P205          | 10.73±0.06e | 0.94±0.13b         | 11.48±34.45c | 3.14±0.02b | 6.53±0.15e                 | 0.64±0.02h                    |
| P206          | 11.70±0.26c | 0.74±0.04d         | 15.82±47.47b | 3.31±0.16b | 4.60±0.14h                 | 0.97±0.03f                    |
| P208          | 12.66±0.06a | 1.09±0.12a         | 11.72±35.17c | 3.30±0.09b | 9.26±0.12a                 | 1.26±0.05d                    |
| <b>Mínimo</b> | 8.8         | 0.52               | 9.51         | 3.09       | 3.78                       | 0.41                          |
| <b>Máximo</b> | 12.70       | 1.20               | 20.71        | 4.46       | 9.39                       | 2.60                          |
| <b>Média</b>  | 10.98       | 0.86               | 13.16        | 3.36       | 5.98                       | 1.13                          |
| <b>CV(%)</b>  | 2.17        | 8.48               | 9.17         | 5.38       | 3.96                       | 5.73                          |

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott. SS= sólidos solúveis (%); AT= acidez titulável (% de ácido cítrico); AR= açúcar redutor (g.100g<sup>-1</sup>); Amido ((g.100g<sup>-1</sup>)).

### **3.2.2. Açúcares Redutores e Amido**

Entre os genótipos avaliados, os açúcares redutores diferiram ( $p \leq 0.05$ ), destacando-se o P8 ( $3.8 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ ) com o menor valor e o P208 ( $9.26 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ ) com o maior valor. A média geral obtida para os 24 genótipos avaliados foi de  $5.98 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ , próxima as reportadas por Bueno et al. (2002),  $5.7 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ .

Com relação ao teor de amido, a média foi de 1.13%, com variação de 0.45% (P11) a 2.58% (P16). Valores próximos foram citados por Dantas Júnior (2008), que obteve um valor médio de 1.59%, oscilando entre o valor mínimo e máximo de 0.76% a 2.50%.

Para Chitarra e Chitarra (2005), os carboidratos são oxidados para produção de energia, em decorrência do processo respiratório, na qual sua concentração é alterada progressivamente na célula vegetal, representando um parâmetro importante para o acompanhamento das condições pós-colheita, em conjunto com outras avaliações.

### **3.3. Correlação das Características Físicas e Físico-Químicas**

Quanto aos atributos físicos verifica-se que houve correlação positiva, em nível de 1%, entre a massa do fruto, com o comprimento longitudinal e transversal, percentagem de polpa, em nível de 5%. Para a variável percentagem de polpa, verificou-se que houve correlação negativa significativa, em nível de 1%, com a percentagem de casca e semente e positiva com o rendimento.

Tais resultados indicam que a massa do umbu é diretamente proporcional aos comprimentos (longitudinal e transversal), que por sua vez, é acompanhado pelo incremento da percentagem de polpa, a qual é incrementada pela diminuição da percentagem de casca e semente, e consequentemente com maior rendimento.

Para os atributos físico-químicos verifica-se que houve correlação positiva, em nível de 5% entre os teores de sólidos solúveis e o de amido. A acidez titulável correlacionou negativamente, em nível de 1%, com a relação SS/AT indicando que a elevação da acidez ocasiona decréscimo na relação SS/AT ou vice-versa e positivamente, em nível de 5%, com os açúcares redutores.

**Tabela 3:** Correlação das características físicas e físico-químicas de frutos de diferentes genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

| VARIÁVEIS | CL   | CT     | FT     | CASC.<br>% | SEM.<br>% | POL.<br>% | REND<br>% | SS    | pH    | AT    | SS/AT   | AR     | AM    |
|-----------|------|--------|--------|------------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|---------|--------|-------|
| CL        | 1.00 | 0.81** | 0.88** | -0.37      | 0.03      | 0.29      | -0.03     | -0.14 | -0.10 | -0.16 | 0.14    | -0.10  | -0.01 |
| CT        |      | 1.00   | 0.87** | -0.33      | -0.13     | 0.34      | 0.13      | -0.02 | -0.16 | -0.16 | 0.15    | -0.12  | -0.01 |
| FT        |      |        | 1.00   | -0.39      | -0.14     | 0.40*     | 0.14      | -0.03 | -0.04 | -0.19 | 0.20    | -0.10  | -0.01 |
| CASC %    |      |        |        | 1.00       | 0.07      | -0.87**   | -0.07     | 0.31  | 0.04  | 0.28  | -0.16   | 0.31   | 0.07  |
| SEM. %    |      |        |        |            | 1.00      | -0.55**   | -1.00**   | -0.14 | -0.01 | 0.18  | -0.21   | -0.15  | -0.23 |
| POL. %    |      |        |        |            |           | 1.00      | 0.55**    | -0.18 | -0.03 | -0.33 | 0.24    | -0.18  | 0.05  |
| REND      |      |        |        |            |           |           | 1.00      | 0.14  | 0.00  | -0.18 | 0.21    | 0.15   | 0.23  |
| SS        |      |        |        |            |           |           |           | 1.00  | 0.02  | 0.31  | 0.13    | 0.39   | 0.42* |
| pH        |      |        |        |            |           |           |           |       | 1.00  | 0.12  | 0.14    | 0.18   | 0.03  |
| AT        |      |        |        |            |           |           |           |       |       | 1.00  | -0.88** | 0.44** | 0.23  |
| SS/AT     |      |        |        |            |           |           |           |       |       |       | 1.00    | -0.27  | -0.05 |
| AR        |      |        |        |            |           |           |           |       |       |       |         | 1.00   | 0.28  |

### **3.4. Compostos bioativos**

#### **3.4.1. Polifenóis Extraíveis Totais (PET)**

Dentre os 24 genótipos de umbu avaliados, o P6 diferiu estatisticamente dos demais ( $p \leq 0.05$ ), por apresentar maior teor de PET, com valor médio de  $47.10 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$  de matéria fresca (Tabela 4). Valores próximos ao deste estudo são citados por Souza et al. (2007), Almeida et al. (2007), Dantas Júnior (2008) e Almeida et al. (2011), com  $44.0$  e  $44.6 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$ , respectivamente. Genovese et al. (2008), citam valor inferior, ao deste estudo, com  $34.0 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$ . No entanto, Rufino et al. (2009) reportaram valores de  $90.4 \text{ mg. } 100\text{g}^{-1}$ .

Para Melo et al. (2008), as oposições nos resultados, para o teor de fenólicos podem ser decorrentes das características ambientais do cultivo, variedade e maturidade dos frutos, além de outros fatores. Geralmente, os compostos fenólicos estão associados ao mecanismo de adaptação e resistência da planta ao meio ambiente. Estudos futuros devem identificar o tipo de composto fenólico presente em cada espécie, já que os mesmos podem influenciar no sabor, nas características tecnológicas, como escurecimento ou precipitação durante o processamento, assim como no potencial nutricional e funcional destas frutas (ROCHA, et al., 2011).

#### **3.4.2. Carotenoides Totais**

Dentre os genótipos avaliados, verifica-se que houve diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ), tendo o P53 apresentado maior teor de carotenoides totais  $5.02 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  enquanto o P12 apresentou menor teor ( $1.20 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ ), com média geral de  $2.46 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  de massa fresca (Tabela 4). Rufino et al. (2010) reportaram valores de  $10.0 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  de massa fresca, para o umbu proveniente de Picos – PI, enquanto que Dantas Júnior (2008) encontrou valores oscilando de  $0,8$  a  $5,5 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  em frutos de umbuzeiro provenientes de Petrolina-PE.

Tiburski et al. (2011), avaliando as propriedades nutricionais em polpa congelada de cajá encontraram  $48.0 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ , enquanto que Hamano e Mercadante (2001) reportaram valores de  $20 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ . Rodriguez-Amaya e Kimura (1989) encontraram valores de  $25.9 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  para polpa com casca e  $17.3 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$  polpa em cajá, indicando que, comparativamente ao cajá, o umbu constitui uma relevante fonte de carotenoides.

**Tabela 4.** Compostos bioativos de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

| Genótipos | Polifenóis<br>Total<br>(mg EAG.100g <sup>-1</sup> ) | Carot.<br>(µg. g <sup>-1</sup> ) | Zea.<br>(µg. g <sup>-1</sup> ) | Cript.<br>(µg. g <sup>-1</sup> ) | β-caroteno<br>(µg. g <sup>-1</sup> ) | Flavonoides<br>amarelos<br>(mg. 100 <sup>-1</sup> ) | Clorofila<br>(mg. 100 <sup>-1</sup> ) | Vit C<br>(mg. 100 <sup>-1</sup> ) |
|-----------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| P1        | 17.14±1.35f                                         | 3.04±0.13e                       | 1.87±0.00f                     | 0.12±0.03d                       | 0.21±0.03e                           | 2.74±0.25b                                          | 2.41±0.34d                            | 9.47±0.21d                        |
| P2        | 10.20±0.65h                                         | 3.87±0.21b                       | 3.10±0.14b                     | 0.14±0.03d                       | 0.43±0.04a                           | 3.22±0.18a                                          | 2.71±0.24c                            | 8.49±1.31d                        |
| P3        | 40.98±3.02b                                         | 2.23±0.25g                       | 1.06±0.16i                     | 0.13±0.02d                       | 0.15±0.01f                           | 2.60±0.44c                                          | 3.55±0.36b                            | 11.29±0.33b                       |
| P4        | 37.07±0.33c                                         | 2.66±0.16e                       | 2.08±0.11e                     | 0.14±0.01d                       | 0.37±0.04b                           | 2.30±0.25c                                          | 3.23±0.45b                            | 11.48±1.70b                       |
| P5        | 20.76±2.22e                                         | 2.44±0.16f                       | 1.89±0.04f                     | 0.13±0.02d                       | 0.20±0.01e                           | 2.57±0.18c                                          | 3.36±0.13b                            | 8.26±0.66e                        |
| P6        | 47.10±3.66a                                         | 1.56±0.08i                       | 1.22±0.04h                     | 0.08±0.02e                       | 0.15±0.02f                           | 2.08±0.00d                                          | 2.30±0.37d                            | 9.31±0.78d                        |
| P7        | 30.14±0.61d                                         | 2.76±0.29e                       | 2.23±0.20d                     | 0.04±0.01f                       | 0.21±0.01e                           | 1.73±0.12e                                          | 2.00±0.13e                            | 9.73±0.47d                        |
| P8        | 41.09±0.57b                                         | 3.44±0.05c                       | 2.33±0.04d                     | 0.24±0.01b                       | 0.42±0.03a                           | 2.92±0.30b                                          | 4.54±0.31 <sup>a</sup>                | 10.00±0.01c                       |
| P9        | 14.03±1.62g                                         | 2.11±0.02g                       | 1.06±0.10i                     | 0.04±0.00f                       | 0.23±0.01d                           | 1.66±0.08e                                          | 2.66±0.24c                            | 7.42±0.26e                        |
| P10       | 17.80±1.67f                                         | 1.76±0.15h                       | 1.26±0.07h                     | 0.06±0.02f                       | 0.18±0.03e                           | 2.11±0.15d                                          | 2.84±0.08c                            | 7.41±0.59e                        |
| P11       | 16.87±0.97f                                         | 2.23±0.09g                       | 1.89±0.07f                     | 0.13±0.00d                       | 0.19±0.00e                           | 1.58±0.23f                                          | 2.91±0.18c                            | 8.44±0.38d                        |
| P12       | 12.81±0.87g                                         | 1.20±0.17j                       | 0.86±0.03i                     | 0.07±0.01e                       | 0.07±0.01g                           | 1.40±0.09f                                          | 2.66±0.18c                            | 6.16±0.53f                        |
| P13       | 14.46±0.89g                                         | 3.25±0.08c                       | 2.60±0.04c                     | 0.13±0.00d                       | 0.30±0.01c                           | 1.80±0.17e                                          | 2.40±0.12d                            | 8.82±0.35d                        |
| P16       | 20.98±0.74e                                         | 2.78±0.17e                       | 2.23±0.03d                     | 0.15±0.01c                       | 0.21±0.00e                           | 2.22±0.16c                                          | 2.49±0.01d                            | 8.17±0.54e                        |
| P17       | 8.27±1.62h                                          | 2.07±0.05g                       | 1.35±0.08h                     | 0.10±0.01d                       | 0.19±0.01e                           | 1.32±0.06f                                          | 2.68±0.06c                            | 7.54±0.13e                        |
| P50       | 19.66±1.35f                                         | 2.52±0.31f                       | 2.16±0.08e                     | 0.15±0.02c                       | 0.17±0.01f                           | 2.56±0.61c                                          | 1.39±0.29f                            | 12.27±1.01b                       |
| P51       | 28.77±3.14f                                         | 2.01±0.04g                       | 1.60±0.04g                     | 0.05±0.01f                       | 0.27±0.02c                           | 1.68±0.11e                                          | 3.19±0.24b                            | 7.22±0.61e                        |
| P52       | 21.58±2.46e                                         | 1.57±0.20i                       | 0.95±0.03j                     | 0.09±0.01e                       | 0.24±0.01d                           | 1.74±0.15e                                          | 2.36±0.40d                            | 10.68±0.27c                       |
| P53       | 22.65±2.68e                                         | 5.02±0.13a                       | 4.00±0.06a                     | 0.32±0.03a                       | 0.44±0.04a                           | 1.69±0.15b                                          | 3.29±0.11b                            | 8.08±0.80e                        |
| P202      | 19.03±0.71f                                         | 2.11±0.01g                       | 1.79±0.01f                     | 0.09±0.01e                       | 0.20±0.01e                           | 2.07±0.10d                                          | 2.38±0.31d                            | 14.52±0.43a                       |
| P203      | 10.63±0.69h                                         | 2.32±0.32g                       | 1.56±0.11g                     | 0.18±0.03c                       | 0.20±0.04e                           | 1.38±0.19f                                          | 2.19±0.11d                            | 9.64±0.63d                        |
| P205      | 23.95±2.09e                                         | 2.12±0.14g                       | 1.56±0.11g                     | 0.11±0.01d                       | 0.20±0.04e                           | 1.84±0.24e                                          | 2.50±0.28d                            | 10.27±0.63c                       |
| P206      | 30.45±2.06d                                         | 1.87±0.05h                       | 1.44±0.02g                     | 0.13±0.00d                       | 0.19±0.00e                           | 1.40±0.23f                                          | 2.79±0.15c                            | 9.14±1.48d                        |
| P208      | 10.69±1.00h                                         | 2.12±0.03g                       | 1.66±0.05g                     | 0.16±0.02c                       | 0.26±0.02d                           | 2.79±0.07b                                          | 1.86±0.19e                            | 10.00±0.01c                       |
| Mínimo    | 7.15                                                | 1.00                             | 0.83                           | 0.04                             | 0.06                                 | 1.21                                                | 1.07                                  | 5.60                              |
| Máximo    | 50.35                                               | 5.16                             | 4.06                           | 0.35                             | 0.48                                 | 4.90                                                | 3.43                                  | 15.00                             |
| Média     | 22.38                                               | 2.46                             | 1.82                           | 0.13                             | 0.24                                 | 2.06                                                | 2.69                                  | 9.32                              |
| CV(%)     | 8.01                                                | 2.45                             | 4.62                           | 13.95                            | 9.74                                 | 10.98                                               | 9.19                                  | 7.76                              |

\*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha (estádio de maturação) e maiúscula na coluna (genótipo), não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott

Dentre os carotenoides totais, três foram identificados e quantificados na polpa do umbu (zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina e o  $\beta$ -caroteno), sendo a zeaxantina, o mais representativo. O P53 apresentou à maior média de zeaxantina e  $\beta$ -criptoxantina, com 4.0 e 0,32  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de massa fresca, respectivamente. Para o teor de  $\beta$ -caroteno, destacam-se os genótipos P2, P8 e o P53, com 0.43, 0.42 e 0.44  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais genótipos.

Em cajá, foram reportados conteúdos para esses carotenoides entre 36.4 – 38.5  $\mu\text{g.g}^{-1}$  para a zeaxantina, 57.9 – 81.9  $\mu\text{g.g}^{-1}$  para a  $\beta$ -criptoxantina e 16.4 – 21.2  $\mu\text{g.g}^{-1}$  para o  $\beta$ -caroteno, em polpas de cajá (HAMANO e MERCADANTE, 2001).

#### **3.4.3. Flavonoides Amarelos e Clorofila**

Os teores de flavonoides amarelos nos umbus dos genótipos avaliados (Tabela 4) diferiram entre si, com teor mínimo de 1.32  $\text{mg.100g}^{-1}$  (P17) e máximo de 3.22  $\text{mg.100g}^{-1}$  (P2). Rufino et al. (2010) reportaram valores de 6.9  $\text{mg.100g}^{-1}$ , avaliando 18 frutas não tradicionais, dentre elas o umbu.

O conteúdo de clorofila total variou de 1.39  $\text{mg.100g}^{-1}$  (P50) a 4.54  $\text{mg.100g}^{-1}$  (P8). Dantas Júnior (2008) encontrou valores variando de 2.95  $\text{mg.100g}^{-1}$  a 8.22  $\text{mg.100g}^{-1}$  na casca. Este mesmo autor afirmou que, grande parte dessa variação, pode ser atribuída as características do potencial genético de cada genótipo, com coloração variando do verde claro a verde mais intenso.

#### **3.4.4. Vitamina C**

Os teores médios de vitamina C, nos frutos dos genótipos de umbu (Tabela 4) diferiram entre si, com teor mínimo de 6.16  $\text{mg.100g}^{-1}$  (P12) a 14.52  $\text{mg.100g}^{-1}$  (P202), estando estes valores próximos aos reportados por Ferreira et al. (2000) 13.31  $\text{mg.100g}^{-1}$ . No entanto, Dantas Júnior (2008) reportou valores bem superiores aos encontrados neste trabalho, com média de 53.78  $\text{mg.100g}^{-1}$ . Essa diferença pode ser atribuída a diversos fatores tais como: método analítico utilizado, tempo decorrido entre o despulpamento e a realização da análise e a variabilidade genética entre as plantas.

Vale ressaltar, que os frutos dos genótipos utilizados por Dantas Júnior (2008) são provenientes de genótipos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Umbuzeiro, cujo material foi selecionado, sendo este constituído por plantas com características superiores.

### 3.5. Atividade Antioxidante Total (AAT)

#### 3.5.1. ABTS e ORAC

Como pode ser observado na Tabela 5, os valores médios para a atividade antioxidante total diferiu significativamente entre os genótipos ( $p \leq 0.05$ ), destacando-se os genótipos P8 e P50 com 0.54 e 0.53 mg.g<sup>-1</sup> de vitamina C de massa fresca. Almeida et al. (2011) reportam valores inferiores ao deste estudo (0,18. mg.g<sup>-1</sup> de vitamina C), de massa fresca, nesta mesma fruta, proveniente do Ceará.

**Tabela 5:** Atividade antioxidante total em genótipos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) através dos métodos ABTS e ORAC.

| Genótipos | ABTS       | ORAC       |
|-----------|------------|------------|
| P1        | 0.17±0.00i | 0.40±0.01c |
| P2        | 0.28±0.00f | 0.75±0.03b |
| P3        | 0.38±0.01c | 0.79±0.05b |
| P4        | 0.14±0.01j | 0.39±0.02c |
| P5        | 0.24±0.01g | 0.76±0.04b |
| P6        | 0.41±0.01b | 0.78±0.02b |
| P7        | 0.24±0.02g | 0.71±0.04b |
| P8        | 0.54±0.02a | 1.07±0.05a |
| P9        | 0.17±0.01j | 0.45±0.04c |
| P10       | 0.40±0.01b | 0.73±0.04b |
| P11       | 0.29±0.01f | 1.07±0.14a |
| P12       | 0.21±0.01h | 0.95±0.12a |
| P13       | 0.42±0.04b | 1.03±0.08a |
| P16       | 0.38±0.01c | 0.83±0.08b |
| P17       | 0.27±0.02f | 0.81±0.04b |
| P50       | 0.53±0.01a | 0.80±0.04b |
| P51       | 0.32±0.02e | 0.81±0.07b |
| P52       | 0.34±0.00e | 0.85±0.07b |
| P53       | 0.36±0.02d | 0.85±0.07b |
| P202      | 0.33±0.00e | 0.79±0.03b |
| P203      | 0.19±0.01h | 0.76±0.05b |
| P205      | 0.24±0.01g | 0.80±0.07b |
| P206      | 0.33±0.00e | 0.80±0.07b |
| P208      | 0.29±0.03f | 0.79±0.12b |
| Mínimo    | 0.13       | 0.38       |
| Máximo    | 0.56       | 1.15       |
| Média     | 0.31       | 0.78       |
| CV(%)     | 4.52       | 8.20       |

\*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott

Kuskoski et al. (2005) determinando atividade antioxidante em diferentes polpas de frutas tropicais, reportaram os seguintes valores: 0.37, 0.54, 0.64 e 0.76 mg.g<sup>-1</sup> de vitamina C, para o cupuaçu, maracujá, pinha e graviola, respectivamente.

Os dados relativos à atividade antioxidante pelo método ABTS, neste trabalho, estão expressos em VCEAC (atividade antioxidante equivalente a vitamina C), se justificam pelo fato, dos genótipos avaliados serem frutos, e a vitamina C ser um nutriente da nossa dieta diária (KIM et al., 2002).

A Atividade antioxidante total dos diferentes genótipos de frutos de umbu avaliados pelo método ORAC podem ser observadas na Tabela 5. Verifica-se que houve diferença significativa ( $p \leq 0.05$ ), destacando-se os genótipos P8, P11, P12 e P13 com as maiores médias: 1.07, 0.95 e 1.03 mM Trolox.g<sup>-1</sup> de matéria fresca, respectivamente.

### **3.6. Análise Multivariada para os Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante**

A análise de componentes principais (ACP) foi utilizada para resumir as características avaliadas, permitindo identificar três componentes principais, que representaram 69.8% da variância total das características originais (Tabela 6). Na Figura 1, observa-se a dispersão gráfica dos 24 genótipos de frutos de umbuzeiros avaliados.

A primeira componente principal (CP1) foi responsável por 37.3% da variação, no qual foi possível observar correlação positiva entre os carotenoides totais, com a zeinoxantina,  $\beta$ -criptoxantina e o  $\beta$ -caroteno, por estes fazerem parte da constituição dos carotenoides totais.

Para a componente principal (CP2) verificou-se correlação positiva entre os polifenóis extraíveis totais, com a atividade antioxidante pelas duas metodologias utilizadas: ABTS e ORAC, o que indica que estes compostos bioativos contribuem para atividade antioxidante deste fruto.

Dantas Júnior (2008) reportou correlação significativa entre os polifenóis extraíveis totais, com a capacidade antioxidante pelo método ABTS. Estes dados estão de acordo com Dudonné et al. (2009), ao afirmarem que a presença de compostos fenólicos em extratos de plantas contribuem significativamente para o seu potencial antioxidante.

Aabi et al. (2005) avaliando polpa de morango medidas, através do FRAP e ORAC verificaram haver alta correlação, embora os valores de FRAP foram cerca de, duas vezes superiores aos obtidos através do ORAC, podendo este aumento ser indicativo do maior tempo de reação no ORAC. Awika et al. (2003) encontraram alta correlação entre ORAC, ABTS e DPPH em sorgo e seus produtos, corroborando com Thaipong et al.

(2006) que encontraram resultados comparáveis para a atividade antioxidante em frutos de goiaba através dos métodos ABTS, DPPH, FRAP e ORAC.

As correlações encontradas neste estudo necessitam ser confirmadas em outros trabalhos, considerando a contribuição relativa de diferentes classes de compostos bioativos, que podem diferir entre genótipos e métodos de obtenção dos extratos, uma vez que, o umbu é uma espécie ainda não domesticada, com elevada variabilidade genética.

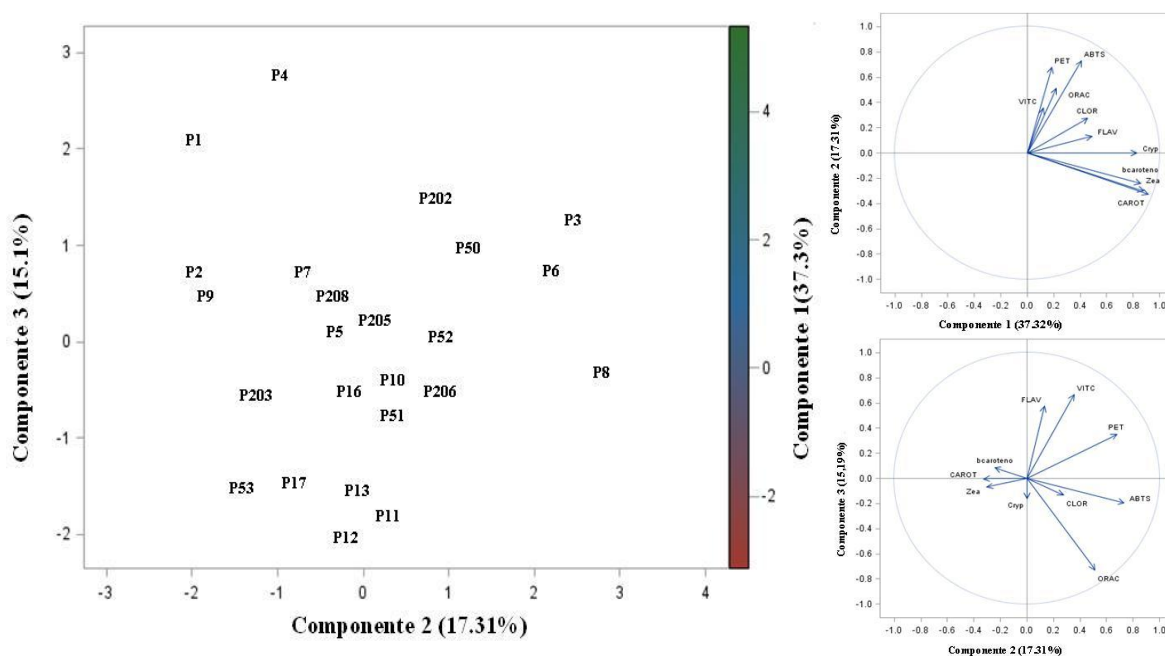
**Tabela 6:** Autovetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3), dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de frutos de genótipos de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

| VARIÁVEIS         | CP1      | CP2       | CP3       |
|-------------------|----------|-----------|-----------|
| <b>PET</b>        | 0.095539 | 0.514554  | 0.284800  |
| <b>ABTS</b>       | 0.212100 | 0.556091  | -0.156930 |
| <b>ORAC</b>       | 0.112927 | 0.389591  | -0.589625 |
| <b>Carot</b>      | 0.472385 | -0.247494 | -0.002353 |
| <b>Zea</b>        | 0.455194 | -0.228996 | -0.056992 |
| <b>β-Cryp</b>     | 0.427276 | 0.001371  | -0.131316 |
| <b>β-Caroteno</b> | 0.443889 | -0.185018 | 0.068074  |
| <b>Flav</b>       | 0.251760 | 0.100020  | 0.465393  |
| <b>Clor</b>       | 0.236343 | 0.209517  | -0.108131 |
| <b>Vit. C</b>     | 0.062780 | 0.269051  | 0.541470  |
| $\lambda$         | 3.73     | 1.73      | 1.51      |
| VA (%)            | 37.3     | 54.6      | 69.8      |

Na terceira componente principal (CP3), houve correlação negativa entre os compostos bioativos flavonoides amarelos e vitamina C, com a atividade antioxidante pelo método ORAC. O que pode indicar que, no caso deste fruto, estes compostos bioativos, não exercem atividade antioxidante.

Para Ou et al. (2002), há discrepância entre os dados obtidos e estes devem ser discutidos com base em princípios químicos, nos quais estes métodos são construídos, concluindo que o método ORAC é quimicamente mais relevante para determinação da atividade antioxidante em vegetais.

Vale ressaltar, que em termos de custo e tempo de execução destes métodos, a principal desvantagem da técnica ORAC é que há necessidade da utilização de equipamentos caros, enquanto que no ABTS, necessita-se de um espectrofotômetro, além de ser uma técnica rápida (6 minutos), barata, de fácil execução e que fornece grau de precisão desejada.



**Figura 1:** Dispersão gráfica da análise das componentes principais dos compostos bioativos e atividade antioxidante, em frutos de genótipos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) colhidos maduros, oriundos dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

#### 4. CONCLUSÕES

Todos os frutos dos genótipos de umbu avaliados apresentaram alto rendimento da porção comestível, acima de 80 %;

Os frutos dos genótipos de umbu avaliados apresentaram relação SS/AT, acima de 10.0 (valor mínimo exigido pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ)), evidenciando aptidão para consumo fresco, bem como para industrialização, destacando-se frutos dos genótipos P1 e P7 (Soledade – PB) e P17 (Juazeirinho – PB);

A maioria dos genótipos avaliados (70,83%) é propícia ao consumo fresco, por apresentarem acidez titulável abaixo de 1,0 g.100g<sup>-1</sup> de ácido cítrico.

Os compostos bioativos responsáveis pela atividade antioxidante, em frutos dos genótipos de umbu avaliados foram os polifenóis extraíveis totais (PET), os carotenoides totais e seus constituintes (zeaxantina,  $\beta$ -cryptoxantina e o  $\beta$ -caroteno), constituindo-se num aporte significativo de antioxidantes naturais para a dieta da população do Semiárido.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABI, K.; SKREDE, G.; WROLSTAD, R.E. Phenolic Composition and Antioxidant Activities in Flesh and Achenes of Strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.53, n.10, p. 4032-4040, 2005.

ALMEIDA, M. M. B.; PRADO, G. M.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; FONSECA, M. L.; LEMOS, T. L. G. **Frutas tropicais do Nordeste Brasileiro: potencial antioxidante x fenólicos totais e ácido ascórbico**. In: ENAAL - Encontro Nacional de Analistas de Alimentos e Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos, 2007.

ALMEIDA, M.M.B.; SOUSA, P.H.M.; ARRIAG, A.M.C.; PRADO, G.M.; MAGALHÃES, C.E.de C.; MAIA, G.A.; LEMOS, T.L.G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research Internatinal**. v.44, n.7, p.2155-2159, 2011.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17.ed. Washisgton, v. II., 2000.

AWIKA, J.M., ROONEY, L.W., WU, X., PRIOR, R.L., CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.51, n.23, p.6657–6662, 2003.

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

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

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.

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

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; CAVALCANTI, M. B. D. A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro. In: I Congresso Norte-Nordeste de Química. **Resumos...** Natal: UFRN, 2007. Disponível em: [http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos\\_apresentados/T89.pdf](http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T89.pdf). Acesso em: 12 de janeiro de 2012.

DUDONNÉ, S.; VITRAC, X.; COUTIERE, P.; WOILLEZ, M.; MÉRILON, J.M. Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.57, n.5 p.1768–1774. 2009. DOI: 10.1021/jf803011r

FERREIRA, J.C.; MATA, M.E.R.M.C.; 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.

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

GENOVESE, M.I.; PINTO, M.da S.; GONÇALVES, A.E.de S.S.; LAJOLO, F.M. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Exotic Fruits and Commercial Frozen Pulp from Brazil. **Food Science and Technology International**. v.14, n.3, p.207-214, 2008.

GIÃO, M.S.; SANJOSÉ, M.L.; RIVERO-PÉREZ, M.D.; PEREIRA, C.I.; PINTADO; MALCATA, F.X. Infusions of Portuguese medicinal plants: dependence of final antioxidant capacity and phenol content on extraction features. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.87, p.2638-2647, 2007.

HAMANO, P.S.; MERCADANTE, A.Z. Composition of carotenoids from commercial products of Caja (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, n.4, p.335–343, 2001.

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.

HUANG, H.-C., LEE, C.R.; WENG, Y.I.; LEE, M.; LEE, Y.T.,; Vasodilator effect of Scoparone (6,7–dimethoxycoumarin) from a Chinese herb. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam v.218, 123–128.1992.

KIM, D-O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.Y. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, p.3713-3717, 2002.

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.

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

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

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.

- MELO, E. A.; MACIEL, M. I S.; LIMA, V. L. A. G. e NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidantes de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n.2, p. 193-201, 2008.
- MILLER, A.; SCHAAL, B. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea*. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v.102, p.12801-12806, 2005.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.
- NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. da S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*). **Food Chemistry**, Barking, n. 44, p. 255-259, 1992.
- OU, B., HUANG, D., HAMPSCH-WOODILL, M., FLANAGAN, J.A., DEEMER, E.K. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.11, p.3122–3128. 2002.
- OU, B; HAMPSCH-WOODILL, M; PRIOR, R.L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. V.49, p.4619-4626, 2001.
- PRADO, D.E. GIBBS, P.E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forest South America. **Annals of the Missouri Botanic Garden**, v.80, p.902-927, 1993
- PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolics and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.46, n.7, p.2686-2693, 1998.
- ROCHA, W.S.; LOPES, R.M; SILVA, D.B.; VIEIRA, R.F.; SILVA, J.P.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal** - SP, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. AND KIMURA, M. Carotenoides e valor de vitamina A em cajá (*Spondias lutea*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 9, n.2, p.148 – 162, 1989.

RUFINO, M. do S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, n.4, p.996-1002, 2010.

RUFINO, M.S.M.; FERNANDES, F.A.N.; ALVES, R.E.; BRITO, E.de S. Free radical-scavenging behaviour of some North-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, v.114, n.2, p. 693-695, 2009.

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

SANTOS, C. A. F., NASCIMENTO, C. E. S., OLIVEIRA, M. C. **Recursos genéticos do umbuzeiro: preservação, utilização e abordagem metodológica**. In: QUEIRÓZ, M. A., GOEDERT, C. O., RAMOS, S. R. R. ed. Recursos genéticos e melhoramento de plantas do Nordeste brasileiro (on-line). Versão 1.0, Petrolina-PE. EMBRAPA Semi-Árido/Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Nov, 1999. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br/catalogo/livro/umbuzeiro.doc>. Acesso em: 12 de janeiro de 2012.

SANTOS, C.A.F.; RODRIGUES, M.A.; ZUCCHI, M.I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1037-1043, 2008.

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

SILVA, R.C.de O.; NASCIMENTO, J.D.M.; CURVÊLO, A.C.; ARAÚJO, C.R. de.; LIMA, V.L.A.G.; MACIEL, M.I.S.; SILVA, da. C.G.; MELO, E. de A. Atividade antioxidante de extratos das cascas desidratadas de frutos de cajá umbuzeiros. In: X jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX 2010 – UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro. Disponível em:

<http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0521-1.PDF>. Acessado em: 2 de janeiro de 2012.

SINGLETON, V.L.; ROSSI Jr.; J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

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

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

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

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVELLOS, L.; BYRNE, D.H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.19, n.6-7, p.669-675, 2006.

TIBURSKI, J.H.; ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; GODOY, R.L.de O.; PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**. v.44, n.7, p. 2326-2331, 2011.

WRIGHT, K. P; E KADER, A. A. Effect of controlled-atmosphere storage on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v.10, n.1, p. 89-97, 1997.

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.