



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM FITOTECNIA

ANDRÉIA AMARIZ

**CARACTERIZAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE  
DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE FRUTAS NO SUBMÉDIO DO  
VALE DO SÃO FRANCISCO**

MOSSORÓ

2015

ANDRÉIA AMARIZ

**CARACTERIZAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE  
DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE FRUTAS NO SUBMÉDIO DO  
VALE DO SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita.

Orientador: Ricardo Elesbão Alves, Prof. Dr.

Co-orientadora: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima, Profa. Dra.

MOSSORÓ

2015

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA – CAMPUS MOSSORÓ  
Setor de Informação e Referência (SIR)

A485c Amariz, Andreia.

Caracterização, compostos bioativos e potencial antioxidante de subprodutos do processamento de frutas no submédio do Vale do São Francisco / Andreia Amariz. - Mossoró, 2016.

141f: il.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Elesbão Alves

Co-Orientador: Profa. Dra. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Tese (DOUTORADO EM FITOTECNIA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

1. Agroindústria. 2. Produção de polpas de frutas - subprodutos. 3. Petrolina - PE. 4. Juazeiro - BA. 5. Compostos bioativos - potencial de subprodutos. 6. Potencial antioxidante - processamento de frutas. I. Título

RN/UFERSA/BOT062

CDD 338.10981

Bibliotecário-Documentalista  
Maria do Socorro Moura Pontes, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

ANDRÉIA AMARIZ

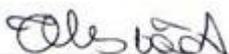
**CARACTERIZAÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE  
DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE FRUTAS NO SUBMÉDIO DO  
VALE DO SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

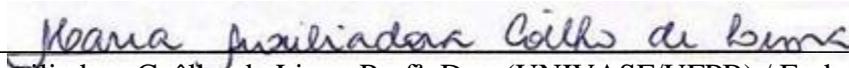
Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita.

Defendida em: 11 / 12 / 2015.

**BANCA EXAMINADORA**



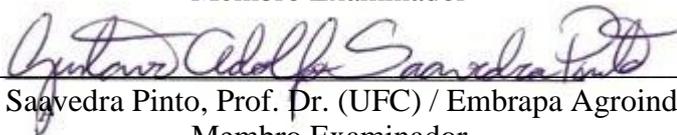
\_\_\_\_\_  
Ricardo Elesbão Alves, Prof. Dr. (UFERSA/UFPB) / Embrapa Agroindústria Tropical  
Presidente



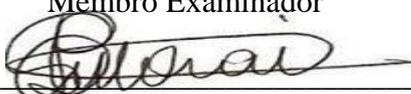
\_\_\_\_\_  
Maria Auxiliadora Coêlho de Lima, Prof<sup>ª</sup>. Dra. (UNIVASF/UFPB) / Embrapa Semiárido  
Membro Examinador



\_\_\_\_\_  
Edy Sousa de Brito, Prof. Dr. (UFC) / Embrapa Agroindústria Tropical  
Membro Examinador



\_\_\_\_\_  
Gustavo Adolfo Saavedra Pinto, Prof. Dr. (UFC) / Embrapa Agroindústria Tropical  
Membro Examinador



\_\_\_\_\_  
Patrícia Lígia Dantas de Moraes, Prof<sup>ª</sup> Dra. (UFERSA)  
Membro Examinador

A Deus, por todo amor a mim concedido e misericórdia.  
**Ofereço.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade e misericórdia, e por fortalecer-me na árdua luta para realizar o doutorado.

À minha mãe Mazira, meu marido Roberto e demais integrantes da família, pelo apoio em épocas difíceis.

À Universidade Federal Rural do Semiárido, em especial aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, por todos os conhecimentos compartilhados durante a realização do curso.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos para realização do doutorado.

À Embrapa Semiárido, pelo aporte financeiro da pesquisa e por disponibilizar a estrutura necessária ao experimento.

Ao meu orientador, Prof. D. Sc. Ricardo Elesbão Alves, por todo incentivo e apoio durante o curso, e pelo auxílio quando mais necessitei.

À minha co-orientadora, D. Sc. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima, pelos ensinamentos, confiança, paciência e incentivo ao meu trabalho, e pelo exemplo de profissionalismo.

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e contribuições significativas ao trabalho escrito.

A todos do Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, pela convivência amigável.

Aos colegas de Pós-Graduação Thalita, Ana Carolina, Paula, Laiane, Bernardo e em especial Mônica Danielly e Márcio Gledson, por todo apoio a mim conferido.

Ao Dr. Patrício Ferreira Batista, pelo auxílio na execução de algumas análises, prestado em momento crucial.

Finalmente, a todos que colaboraram e me incentivaram na conquista de mais uma vitória, ofereço a minha conquista como forma de agradecimento.

**Obrigada!**

Pessoas que sabem as soluções já dadas são mendigos permanentes. Pessoas que aprendem a inventar soluções novas são aquelas que abrem portas até então fechadas e descobrem novas trilhas. A questão não é saber uma solução já dada, mas ser capaz de aprender maneiras novas de sobreviver.

Rubem Alves

## RESUMO

O processamento de frutas apresentou elevado crescimento nos últimos anos, fazendo com que o descarte dos resíduos no meio ambiente represente um problema crescente. Pesquisas que avaliem a qualidade e o potencial de aproveitamento dos subprodutos gerados merecem destaque, uma vez que podem contribuir para agregar-lhes valor. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a qualidade, o teor de compostos bioativos e o potencial antioxidante de subprodutos do processamento de frutas para produção de polpas, em agroindústrias situadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. Foram coletados subprodutos gerados por três empresas produtoras de polpas de frutas. Foram coletados a matéria-prima e os subprodutos de: abacaxis ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’; acerola, representada por uma mistura de variedades; carambola goiaba ‘Paluma’, mangas ‘Tommy Atkins’, ‘Keitt’ e ‘Palmer’; e maracujá-amarelo. Também foram avaliados os subprodutos advindos do refinamento de polpas pré-processadas foram: ameixa, cacau, cajá, caju, cupuaçu, graviola, jenipapo, mamão, maracujá, morango, tamarindo, e umbu. Para graviola e tamarindo, os subprodutos gerados corresponderam a polpa e sementes, enquanto para maracujá foi representado por sementes. Os demais correspondiam à polpa, exceto para umbu cujo subproduto continha casca e polpa. As variáveis analisadas foram: proporção de casca, semente e polpa; atividade de água; teores de sólidos solúveis, de açúcares solúveis totais e de açúcares redutores; acidez titulável; pH; teor de amido; teor de substâncias pécticas; teores de ácido ascórbico, de carotenoides e de polifenóis extraíveis totais; e atividade antioxidante, pelo método ABTS. Os resultados foram expressos em média e desvio-padrão. Altos teores de sólidos solúveis e de açúcares solúveis concentraram-se nos subprodutos representados por cascas das mangas e do refinamento de ameixa, cacau e graviola. Os subprodutos correspondentes às sementes das acerolas e cascas das mangas e do maracujá, bem como aqueles de graviola e ameixa, são fontes de pectina. As amêndoas de todas as mangas, seguidas das sementes de tamarindo e graviola, apresentaram altos teores de amido. Os subprodutos representados por sementes de acerola processadas nas empresas avaliadas e pelo subproduto do caju apresentaram elevados teores de ácido ascórbico. As cascas de todas as mangas, as sementes das goiabas e da acerola, pertencentes à Empresa 2, bem como o refino de cajá e mamão, corresponderam aos subprodutos com os maiores teores de carotenoides totais, acima de  $20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Subprodutos correspondentes à carambola, às cascas e sementes das mangas, às sementes de acerolas, e aos refinamentos do tamarindo e sua semente, morango, cajá e caju, exibiram os maiores teores de polifenóis: acima de  $500 \text{ mg EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Amêndoas de todas as cultivares de mangas, as cascas das mangas ‘Palmer’ das Empresas 1 e 3, e ‘Keitt’ da Empresa 3, assim como o refino e semente de tamarindo, mostraram atividades antioxidantes altas pelo método ABTS: acima de  $600 \mu\text{M Trolox}\cdot\text{g polpa}^{-1}$ . É possível concluir que os subprodutos avaliados apresentam potencial para aproveitamento em algumas atividades industriais, a exemplo do uso como aditivo alimentar e em bioprocessos.

**Palavras-chave:** Agregação de Valor. Potencial Funcional. Agroindústria. Caracterização Química.

## ABSTRACT

The processing fruit has high growth in recent years, making the disposal of waste in the environment represent an increasing problem. Research to assess the quality and potential utilization of by-products generated are noteworthy, since they can contribute to add value to them. The aim of this study was to characterize the quality, the content of bioactive compounds and the antioxidant potential of the fruit processing by-products for the production of pulps in agribusinesses located in Petrolina and Juazeiro-BA. They were collected by-products generated by three companies producing fruit pulps. They collected the raw material and by-products: Pineapples 'Pearl' and 'Smooth Cayenne'; acerola, represented by a mixture of varieties; carambola; guava 'Paluma'; mangoes "Tommy Atkins", "Keitt" and "Palmer"; and passion fruit. Also were evaluated by-products arising from the refinement of pre-processed pulps were: plum, cocoa, yellow monbim, cashew, cupuassu, soursop, jenipapo, papaya, passion fruit, strawberry, tamarind, and umbu. For soursop and tamarind, the by-products generated corresponded to pulp and seeds as for passion was represented by seeds. The other corresponded to the pulp, except for umbu whose by-product contained peel and pulp. The variables were: proportion peel, seed and pulp; water activity; soluble solids, total soluble sugars and reducing sugars; titratable acidity; pH; starch; content of pectic; levels of ascorbic acid, carotenoids and total extractable polyphenols; and antioxidant activity by ABTS method. The results were expressed as mean and standard deviation. High soluble solids and soluble sugars were concentrated in the by-products represented by shells of the sleeves and plum refinement, cocoa and soursop. The by-products corresponding to the seeds of acerola fruits and bark of the mangos and passion fruit, as well as those of soursop and plum, are sources of pectin. Almonds of all mangoes, followed by seeds of tamarind and soursop, showed high levels of starch. The by-products represented by acerola seed processed in companies and to the byproduct of cashew showed high levels of ascorbic acid. The shells of all the sleeves, the seeds of guava and acerola, belonging to the Company 2 as well as the refining and papaya cajá corresponded by-products with the highest levels of total carotenoids, over  $20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Byproducts corresponding to carambola, the skins and seeds of mangoes to acerolas seeds, and return fines of tamarind and his seed, strawberry, hog plum and cashew, showed the highest polyphenol content: above  $500 \text{ mg EAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Almonds of all varieties of mangoes, the bark of the mangos "Palmer" Enterprise 1 and 3, and "Keitt" Company 3, as well as refining and tamarind seed, showed high antioxidant activity by ABTS method: above  $600 \text{ uM Trolox e.g. pulp}^{-1}$ . It was concluded that the evaluated by-products have potential for use in some industrial activities, such as the use as a food additive and bioprocesses.

**Keywords:** Adding Value. Functional Potential. Agrobusiness. Chemical Characterization.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1 - Fluxograma do complexo agroindustrial de frutas, desde a colheita até o consumo final. 25
- Figura 2 - Fluxograma geral das etapas do processamento de frutas para produção de polpas. 27
- Figura 3 - Estrutura química de alguns carotenoides existentes. 42

### CAPÍTULO II

- Figura 1 - Fluxograma geral das etapas do processamento de frutas nas indústrias de produção de polpas nas quais foram coletadas as amostras para estudo. 63
- Figura 2 - Etapas do processamento de frutas para a produção de polpas. (A) recepção e pesagem; (B) seleção; (C) lavagem; (D) enxágue; (E) corte/refinamento; (F) acondicionamento e envase. 64
- Figura 3 - Abacaxis (A – ‘Pérola’ e B – ‘Smooth Cayenne’) e seus subprodutos correspondentes às cascas (C – ‘Pérola’ e D – ‘Smooth Cayenne’), provenientes de duas empresas de fabricação de polpa. 65
- Figura 4 - Acerolas e seus subprodutos representados por sementes, provenientes das empresas E1 (A e B), E2 (C e D) e E3 (E e F), respectivamente. 66
- Figura 5 - Carambola *in natura* (A) e seu subproduto, correspondente à mistura de casca e semente (B), provenientes da empresa E3. 67
- Figura 6 - Goiaba ‘Paluma’ *in natura* e seus subprodutos, correspondentes a sementes, provenientes das empresas E1 (A e C) e E3 (B e D). 67
- Figura 7 - Manga “Tommy Atkins” *in natura* e seus subprodutos, representados por cascas e amêndoas, provenientes das empresas E2 (A, C e E) e E3 (B, D e F). 68
- Figura 8 - Manga “Keitt” *in natura* (A) e seus subprodutos, correspondentes a cascas (B) e amêndoas (C), provenientes da empresa E3. 69
- Figura 9 - Manga “Palmer” *in natura* e seus subprodutos, representados por cascas e amêndoas, provenientes das empresas E1 (A, C e E) e E3 (B, D e F). 70

Figura 10 -	Maracujá-Amarelo <i>in natura</i> (A) e seus subprodutos, representados por cascas (B) e sementes (C), provenientes da empresa E3.	71
-------------	--	----

### **CAPÍTULO III**

Figura 1 -	Fluxograma geral de obtenção de polpa de fruta congelada, com ênfase para a etapa descascamento e descaroçamento.	100
------------	---	-----

### **CAPÍTULO IV**

Figura 1 -	Fluxograma geral do processamento de frutas para produção de polpas, com destaque para a etapa despulpamento.	122
------------	---	-----

Figura 2 -	Subprodutos do refinamento de ameixa (A), cacau (B), cajá (C), caju (D), cupuaçu (E), graviola (F) e semente de graviola (G).	123
------------	---	-----

Figura 3 -	Subprodutos do refinamento de jenipapo (A), mamão (B), semente de maracujá (C), morango (D), tamarindo (E), semente de tamarindo (F) e umbu (G).	124
------------	--	-----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

- Tabela 1 - Características das frutas *in natura* quanto à maturação, e dos seus respectivos subprodutos quanto à constituição em cascas e/ou sementes. 72
- Tabela 2 - Proporção das partes constituintes (%) e Atividade de Água –  $A_w$  de subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. 75
- Tabela 3 - Teor de sólidos solúveis – TSS ( $^{\circ}$ Brix), acidez titulável – AT (g de ácido predominante.100 mL<sup>-1</sup>) e pH, da matéria-prima (MP) e subprodutos, correspondentes a cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. 78
- Tabela 4 - Teores de Açúcares Solúveis Totais – AST (g.100 g<sup>-1</sup>) e Açúcares Redutores – AR (g.100 g<sup>-1</sup>) da matéria-prima (MP) e subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. 83
- Tabela 5 - Teores de substâncias pécnicas totais – Pectina (mg.100 g<sup>-1</sup>) e de amido (g.100 g<sup>-1</sup>) da matéria-prima (MP) e subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. 87

### CAPÍTULO III

- Tabela 1 - Teores de ácido ascórbico - AA (mg.100g<sup>-1</sup>) e de carotenoides totais - CT ( $\mu$ g.g<sup>-1</sup>) da matéria-prima (MP) e subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. 104
- Tabela 2 - Teor de polifenóis extraíveis totais – PET (mg ácido gálico.100g<sup>-1</sup>) e atividade Antioxidante - ABTS ( $\mu$ M Trolox.g<sup>-1</sup> polpa) da matéria-prima (MP) e subprodutos, correspondentes a cascas (SC) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. 108

### CAPÍTULO IV

- Tabela 1 - Atividade de água –  $A_w$  de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas. 127

Tabela 2 -	Teor de Sólidos Solúveis – TSS (°Brix), Acidez Titulável – AT (g de ácido predominante.100 mL <sup>-1</sup> ) e pH, de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.	128
Tabela 3 -	Teores de Açúcares Solúveis Totais – AST (g.100 g <sup>-1</sup> ) e Açúcares Redutores – AR (g.100 g <sup>-1</sup> ) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.	129
Tabela 4 -	Teores de substâncias pécnicas totais – Pectina (mg.100 g <sup>-1</sup> ) e de amido (g.100 g <sup>-1</sup> ) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.	130
Tabela 5 -	Teores de ácido ascórbico - AA (mg.100g <sup>-1</sup> ) e de carotenoides totais - CT (µg.g <sup>-1</sup> ) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.	131
Tabela 6 -	Teor de polifenóis extraíveis totais – PET (mg ácido gálico.100g <sup>-1</sup> ) e atividade Antioxidante - ABTS (µM Trolox.g <sup>-1</sup> polpa) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.	133

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Fruticultura e Agroindústria Brasileira.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Importância das Frutas na Alimentação.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>Processamento de Frutas e Subprodutos.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>Potencial de Uso dos Subprodutos Agroindustriais.....</b>	<b>28</b>
2.4.1	Aproveitamento de Subprodutos na Alimentação Humana.....	29
<b>2.5</b>	<b>Elementos de Qualidade.....</b>	<b>31</b>
2.5.1	Indicadores Físico-Químicos e Químicos.....	33
2.5.1.1	Atividade de Água.....	33
2.5.1.2	Sólidos Solúveis e Açúcares.....	34
2.5.1.3	Acidez Titulável.....	36
2.5.1.4	pH.....	36
2.5.1.5	Amido.....	37
2.5.1.6	Substâncias Pécicas.....	38
2.5.2	Compostos Bioativos.....	39
2.5.2.1	Ácido Ascórbico.....	40
2.5.2.2	Carotenoides.....	41
2.5.2.3	Compostos Fenólicos.....	43
2.5.3	Radicais Livres, Alimentos Funcionais e Atividade Antioxidante.....	45
<b>2.6</b>	<b>Fitoquímicos Obtidos de Subprodutos Agroindustriais.....</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>
	 <b>CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DE FRUTAS E SUBPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE POLPA POR EMPRESAS AGROINDUSTRIAIS SEDIADAS EM PETROLINA-PE E JUAZEIRO-BA.....</b>	 <b>58</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>59</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>60</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>61</b>

2	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	63
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	75
4	<b>CONCLUSÕES.....</b>	90
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	91

**CAPÍTULO III – COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTAS TROPICAIS E SUBPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE POLPA POR AGROINDÚSTRIAS SEDIADAS NO POLO PETROLINA-PE/JUAZEIRO-BA.....**

	<b>RESUMO.....</b>	95
	<b>ABSTRACT.....</b>	96
1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	97
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	98
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	100
4	<b>CONCLUSÕES.....</b>	103
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	112

**CAPÍTULO IV – QUALIDADE E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE SUBPRODUTOS DO REFINAMENTO DE POLPAS DE FRUTAS.....**

	<b>RESUMO.....</b>	117
	<b>ABSTRACT.....</b>	118
1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	119
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	120
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	122
4	<b>CONCLUSÕES.....</b>	127
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	136
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	137

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de produtos oriundos do processamento de frutas, a exemplo de sucos, polpas, néctares, dentre outros, apresentou elevado crescimento. O aumento no consumo e a exportação de produtos à base de frutas, como uvas, maçãs, laranjas, abacaxis, bananas, melancias e mangas, pode ser atribuído à melhoria no transporte e sistemas de distribuição, assim como aos métodos de cultivo, processamento (SCHIEBER et al., 2001), além do desenvolvimento de embalagens que mantêm a qualidade para consumo por maior tempo.

A elevação no consumo destes produtos e, conseqüentemente, da produção, faz com que o descarte dos seus subprodutos no meio ambiente represente um problema crescente, uma vez que o material vegetal geralmente é propenso à contaminação microbiológica (SOUSA et al., 2011; LOUSADA JÚNIOR et al. 2006).

Entretanto, o uso de subprodutos da agroindústria de frutas representa grande potencial para utilização nos sistemas agrofloretais pecuários, principalmente os situados nas proximidades dos projetos de irrigação ou dos parques agroindustriais. Em sua maioria, são frequentemente utilizados como ração animal ou fertilizante, sendo tais subprodutos tidos como recursos essenciais no período seco do ano pela facilidade de aquisição e pelo grande volume de produção (CARVALHO et al., 2012a).

De acordo com Lousada Júnior et al. (2006), a região Nordeste destaca-se no cultivo da maioria das espécies frutíferas tropicais e subtropicais, figurando entre as principais o abacaxi, abacate, banana, caju, coco, mamão, manga, maracujá, uva, acerola e goiaba. Estes autores salientaram, ainda, que os subprodutos das frutas mencionadas podem servir para incrementar a alimentação do rebanho ovino principalmente na estação seca.

É possível encontrar na literatura trabalhos que avaliam os subprodutos do processamento de frutas e os direcionam para alimentação animal ou fertilização de solos, ou ainda para serem utilizados em processos biotecnológicos na geração de novos produtos. Outro segmento com possibilidade de utilização de compostos recuperados a partir de subprodutos agroindustriais é a indústria alimentar, e estes podem agir como antioxidantes, evitar o escurecimento e a oxidação de lipídeos, atuar como ingredientes alimentares

funcionais ou, ainda, como agentes antimicrobianos, aromatizantes, corantes e espessantes (AYALA-ZAVALA et al. 2011).

Ressalta-se, ainda, o uso de alguns desses compostos como acidulantes, pois, ao reduzirem o pH de alguns produtos alimentícios, inativam algumas enzimas que requerem pH mais elevado para desenvolverem adequadamente suas atividades, a exemplo da polifenoloxidase (PPO), enzima de grande importância para a indústria de alimentos e cuja função está relacionada ao escurecimento em frutas, vegetais e seus produtos processados (FREITAS et al., 2008).

Schieber et al. (2001) explicaram que a quantidade de resíduos de frutas da zona temperada é classificada como moderada quando comparados a sua parte comestível, enquanto que quantidades consideravelmente mais elevadas de subprodutos como cascas e sementes surgem do processamento de frutas tropicais e subtropicais. Nessa linha, a economia do processamento de culturas tropicais poderia ser melhorada através do desenvolvimento de subprodutos de maior valor agregado, uma vez que, na maioria dos casos, os subprodutos descartados podem apresentar teores semelhantes ou mesmo mais elevados de compostos bioativos que o produto final.

Informações acerca da qualidade, compostos bioativos e ação antioxidante, de partes tradicionalmente não comestíveis de matérias-primas, tais como cascas e sementes, são necessárias, podendo vislumbrar um segmento interessante, pela possibilidade de uso dos subprodutos do processamento de frutas como aditivos alimentares (DAMIANI et al., 2012) ou, ainda, como substrato para extração de compostos relevantes, a exemplo dos antioxidantes (HUBER et al., 2012).

Benefícios à saúde, como por exemplo, redução do risco de doença cardíaca e acidente vascular cerebral, prevenção de atividade carcinogênica e do envelhecimento precoce, são amplamente relatados na literatura, e advém do consumo diário de frutas e hortaliças. Ações benéficas ao organismo humano são atribuídas à ingestão de fibra dietética e de micronutrientes orgânicos, tais como carotenoides, polifenóis, tocoferóis, ácido ascórbico e outros. Dessa maneira, deve-se pensar numa alternativa para o consumo de compostos bioativos que possibilitem benefícios à saúde, surgindo, assim, o uso de suplementos alimentares e alimentos fortificados (SCHIEBER et al., 2001; VICENTE et al., 2009).

Outro fator de grande relevância e que amplia o potencial de uso dos subprodutos do processamento de frutas é que os aditivos sintéticos são cada vez mais rejeitados pelos consumidores, que preferem ingredientes funcionais obtidos a partir de fontes naturais (AYALA-ZAVALA et al., 2011). Pesquisas que caracterizem os subprodutos merecem destaque, uma vez que podem contribuir para o aproveitamento dos subprodutos agroindustriais, seja para a própria indústria de alimentos e biorrefinarias, ou ainda, com efeito indireto, podem ser usados para suprir carências nutricionais de algumas regiões através de suplementação alimentar, ou aumentar a acessibilidade de alimentos a todas as populações (DAMIANI et al., 2012). É o caso da região Nordeste, pois apesar de ter elevada produção de frutas tropicais destinadas aos mercados nacional e internacional, ainda apresenta altos índices de hipovitaminoses e, conseqüentemente, problemas de saúde pública (LOUSADA JÚNIOR et al., 2006).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a qualidade, os componentes bioativos e a capacidade antioxidante de subprodutos do processamento de frutas advindos de agroindústrias sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Fruticultura e Agroindústria Brasileira

No Brasil, além da ampla variedade de espécies produzidas em todas as regiões e nos mais diversos tipos de clima, o incremento da produtividade e as formas de apresentação e de industrialização colocam as frutas em destaque no agronegócio (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

A produção brasileira de frutas, entre 2010 e 2013, apresentou safras de 43.164 e 40.253 milhões de toneladas, e áreas plantadas de 2.179 e 2.143 milhões de hectares, respectivamente, que resultou em decréscimo de 7,23% em volume e 1,68% em área. Apesar de essa redução estar associada ao recuo da safra de laranja em 2013, o volume produzido, acima dos 40 milhões de toneladas, manteve o País como terceiro maior produtor mundial, ficando atrás apenas da China e da Índia, sendo o primeiro produtor mundial de frutas tropicais (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2011; ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2014).

As principais regiões responsáveis pela fruticultura no Brasil são Sudeste, Nordeste e Sul. Destas regiões, aproximadamente 20 municípios brasileiros responderam por 17,2% da colheita nacional em 2011, destacando-se Petrolina-PE, Juazeiro-BA, Pinheiros-ES, Mogi Guaçu-SP e São Joaquim-SC (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012). A introdução da fruticultura nos vários estados cria oportunidades de emprego e renda bem como estimula a industrialização. Além das frutas *in natura* oferecidas nos mercados interno e o externo, a sua transformação em alimentos e bebidas com larga aceitação entre os consumidores, movimenta a economia nas cidades (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

Na região Nordeste a fruticultura desenvolve-se de maneira promissora, um importante setor da agropecuária caracterizado por um processo de exploração de áreas mais extensas, utilização da irrigação, incremento de novas tecnologias e profissionalização, visando a elevadas e qualitativas produções de frutos (LOUSADA JÚNIOR et al. 2006). A região responde pela maior parte da produção de frutas tropicais, destacando-se abacaxi,

abacate, banana, caju, coco, mamão, manga, maracujá, uva, acerola e goiaba (SILVA et al., 2012).

O Vale do Submédio São Francisco, por apresentar condições edafoclimáticas favoráveis a diversos cultivos, destaca-se no cenário nacional de produção de frutas como manga, uva, goiaba, maracujá, banana, dentre outras, sobressaindo-se suas cidades polo, Petrolina-PE e Juazeiro-BA, por constituírem-se verdadeiros eixos de desenvolvimento proporcionado pela expansão da fruticultura irrigada (SANTOS; OLIVEIRA, 2009). Tais características justificaram a instalação de agroindústrias na região, por possibilitarem redução das distâncias entre o centro produtor e o local de processamento, bem como proporcionar o aproveitamento do excedente de frutas produzidas na região em época de safra, a fim de viabilizar a cadeia produtiva.

As frutas brasileiras processadas para fim de exportação apresentaram, em 2010 e 2014, volumes de 2.149 e 2.037 milhões de toneladas, representando um recuo de 5,54% no período (IBRAF, 2011; ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015). Gutierrez (2012) ressaltou o aumento da proporção de frutas processadas em relação às frescas, no período de 2003 a 2010, quando a importação cresceu de 9% para 26%, e a exportação de 47% para 59%, com maior crescimento no volume para os itens 'suco, sem suco de laranja', seguido de 'suco', 'geleia' e 'seca'.

Cunha et al. (2008) apontaram que a produção brasileira de frutas processadas e transformadas em suco tem se concentrado, geograficamente, em algumas regiões, sobressaindo-se Sudeste e Sul, com 24,1% e 40,1%, respectivamente. Já as agroindústrias de polpas de frutas estão localizadas na região Nordeste (53,2%), com destaque para o Estado da Bahia, que participa com 18,8%, seguida do Sudeste (20%).

Os estados de São Paulo, Pará, Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais abrigam, respectivamente, 26%, 25%, 10%, 5% e 5% das indústrias, com predominância do tipo de produção para transformação em polpa, seguida de suco e fruta congelada. A oferta de suco de fruta e de outros tipos de frutas processadas exige a integração de indústrias pequenas e médias, denominadas processadoras de polpas, com as grandes indústrias de suco. Foram identificadas 81 indústrias processadoras de frutas para produção de polpas, que trabalhavam com 78 produtos, tendo sido constatado que a maioria processa abacaxi, manga e maracujá (GUTIERREZ, 2012).

Acompanhando o avanço nesse setor e em decorrência do significativo número de agroindústrias instaladas por toda a região Nordeste, constatou-se um incremento na produção de subprodutos agroindustriais. A alta geração de subprodutos está associada à demanda mundial de produtos transformados, como conservas, sucos, polpas, geleias e doces. Do total de frutas processadas, estima-se que sejam gerados na produção de sucos e polpas, 40% de resíduos agroindustriais para as frutas manga, acerola, maracujá e caju (LOUSADA JÚNIOR et al. 2006).

Sousa et al. (2011) caracterizaram nutricionalmente subprodutos do processamento de frutas com vistas à produção de polpas congeladas, advindos de agroindústria sediada em Teresina-PI, e concluíram que os subprodutos de acerola e goiaba são fontes potenciais de carotenoides, fenólicos totais e vitamina C, destacando, assim, o potencial de aproveitamento desses materiais. Dentre as principais frutas produzidas no Vale do Submédio São Francisco, e cujos subprodutos frescos foram objeto de estudo do presente trabalho, estão manga, abacaxi, goiaba e maracujá, cujas produções nacionais situaram-se em 133.033.240t, 1.355.504t, 443.961t (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015) e 920.158t, respectivamente (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012).

A manga tornou-se, em 2014, a primeira fruta no ranking de receitas nacionais advindas das exportações. No Brasil, a área comercial da fruta é estimada em 70 mil hectares e no Vale do Submédio São Francisco a área chega a 30 mil ha. O cenário de bons preços de comercialização obtidos nas mais recentes temporadas vem fazendo com que a área plantada com manga siga crescendo no Vale do Submédio São Francisco, região que manteve o patamar de aproximadamente 85% do volume exportado por ano pelo país (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

Segundo dados do Anuário Brasileiro de Fruticultura (2015), o abacaxi participa igualmente das exportações brasileiras, especialmente em sucos, e estes responderam por 74,8% do total das vendas do País relacionadas à cultura em 2014, que chegaram a US\$ 4,9 milhões. Entre outras frutas, cujos subprodutos foram estudados, estão acerola e carambola. Os dados sobre a produção para essas duas frutas são escassos, porém, de acordo com o IBGE (2006), a produtividade nacional alcançada para a acerola foi de 24.451t, sendo o Nordeste responsável por 18.174t, garantido à região merecida relevância no cultivo desta fruta.

Em resposta ao sucesso da fruticultura irrigada do Vale do Submédio São Francisco, o número de agroindústrias instaladas tem aumentado significativamente, gerando incremento nos subprodutos agroindustriais, que possuem potencial para aproveitamento mediante informações que caracterizem adequadamente seus componentes.

## **2.2 Importância das Frutas na Alimentação**

A melhoria no poder aquisitivo da população, bem como a disseminação de hábitos culturais saudáveis, tendem a estimular a presença cada vez mais acentuada das frutas no dia-a-dia do brasileiro. Coloridas e nutritivas, a diversidade de espécies frutíferas cultivadas no Brasil torna-o um país peculiar em âmbito global, onde os consumidores brasileiros têm a preferência por frutas como banana, laranja, uva e manga (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

Vicente et al. (2009) destacaram que as frutas têm relativamente poucas calorias e gorduras, são ricas em carboidratos e fibras, contêm ácido ascórbico e caroteno, além de serem boas fontes de vitamina B<sub>6</sub>, e por tais características detêm função única numa dieta saudável. São apreciadas não apenas pelo sabor, mas também por seus atributos favoráveis de textura, cor e facilidade de manuseio, podendo ser consumidas frescas, cozidas, quentes ou frias, enlatadas, em conserva, congeladas ou secas.

O consumo de frutas tem aumentado em decorrência da divulgação de suas propriedades químicas, do valor nutritivo e dos efeitos terapêuticos, uma vez que a população mundial começou a perceber os benefícios adicionais à saúde decorrentes da presença de compostos ou elementos biologicamente ativos (SENTANIN; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). Tais características estão associadas a diferentes fitoquímicos, conhecidos como alimentos funcionais, que podem ser naturais, modificados pela adição ou remoção de um componente, ou, ainda, apresentar alguma alteração da natureza ou da biodisponibilidade de um ou mais componentes (CARVALHO et al., 2006). Muitos dos componentes bioativos encontrados nas frutas possuem propriedades antioxidantes, que podem estar relacionadas com o retardo do envelhecimento e com a prevenção de certas doenças como o câncer,

acompanhado de doenças crônico-inflamatórias, doenças cardíacas, pulmonares e desordens relacionadas à idade (PIENIZ et al., 2009).

Algumas frutas, a exemplo da carambola, possuem ação expectorante, diurética, supressora de tosse e ainda atenuante da dor de cabeça (ALLARD et al., 2013). A fruta é composta nutricionalmente por minerais, vitaminas A, C, e do complexo B, e ácido oxálico (oxalato), sendo este último o determinante dos dois tipos existentes da fruta, as mais azedas, que contêm altos teores de ácido oxálico, e as mais doces, com menores conteúdos (MOREIRA et al., 2010).

A goiaba é fonte de licopeno, um dos mais potentes antioxidantes sugeridos na prevenção de cânceres e da formação de placas de gorduras nos vasos sanguíneos (HAIDA et al., 2015) e encontrado em um número limitado de alimentos de cor vermelha (melancia, mamão e pitanga são exemplos). A goiaba vermelha possui níveis de vitamina C de 6 a 7 vezes superiores aos de algumas frutas cítricas, e quantidades razoáveis de vitaminas A e do complexo B, além de sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro (ABREU et al., 2012; SILVA et al., 2010a). Na sua constituição possui, ainda, fitoquímicos como taninos, flavonoides, óleos essenciais, álcoois sesquiterpenoides e ácidos triterpenoides (CHENG et al., 2009; IHA et al., 2008).

Uma das frutas mais cultivadas e consumidas no País é a manga, de tamanho e forma variáveis, com polpa rica em açúcares, vitamina C, ácidos orgânicos, carotenoides, magnésio, fósforo, ferro, potássio, zinco e cálcio (DIÓGENES et al., 2015). O maracujá amarelo também merece destaque, uma vez que o Brasil é o maior produtor mundial e a região Centro-Norte foco de distribuição geográfica com cerca de 79 espécies, cuja atividade biológica mais estudada nos frutos é a ação antioxidante através dos polifenóis, principalmente dos flavonoides (ZERAIK et al., 2010).

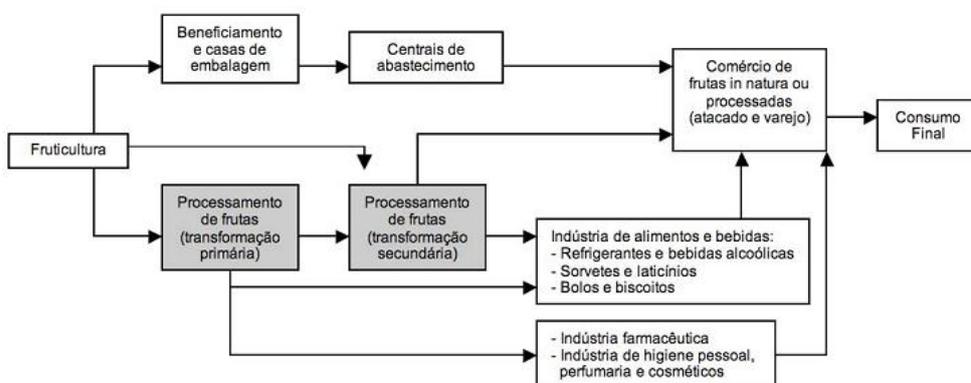
A composição da qualidade do abacaxi está relacionada com os açúcares e ácidos orgânicos presentes no fruto, que estão distribuídos de forma irregular, bem como sua constituição em carotenos e várias vitaminas hidrossolúveis, tais como a tiamina, a niacina, a riboflavina, e os ácidos ascórbico e pantotênico (RIBEIRO, 2015). Outra fruta é a acerola, considerada uma das principais fontes naturais de ácido ascórbico, que tem grande potencial para aproveitamento industrial em virtude da curta vida útil *in natura*, tendo o Brasil como seu maior produtor, consumidor e exportador no mundo (SILVA et al., 2012).

Além das frutas *in natura*, as polpas surgiram como alternativas ao consumidor em face da preservação das características químicas e sensoriais, e também da facilidade de aquisição durante o ano todo (SILVA et al., 2012). As polpas são definidas por serem produtos não fermentados, não concentrados, não diluídos, obtidos de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, provenientes da parte comestível do fruto (BRASIL, 2000). Para sua produção, existe a Instrução Normativa Nº 01, que regulamentou, no ano 2000, os padrões de identidade e qualidade das polpas produzidas em território brasileiro. Também descreveu as características físicas, químicas e organolépticas que devem ser as oriundas do seu fruto de origem, atentando-se aos limites mínimos e máximos fixados para cada polpa de fruta.

### 2.3 Processamento de Frutas e Subprodutos

O complexo agroindustrial de frutas compreende basicamente a produção agrícola, o processamento das frutas (transformações primária e secundária) e sua comercialização pelo atacado ou varejo (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma do complexo agroindustrial de frutas, desde a colheita até o consumo final.



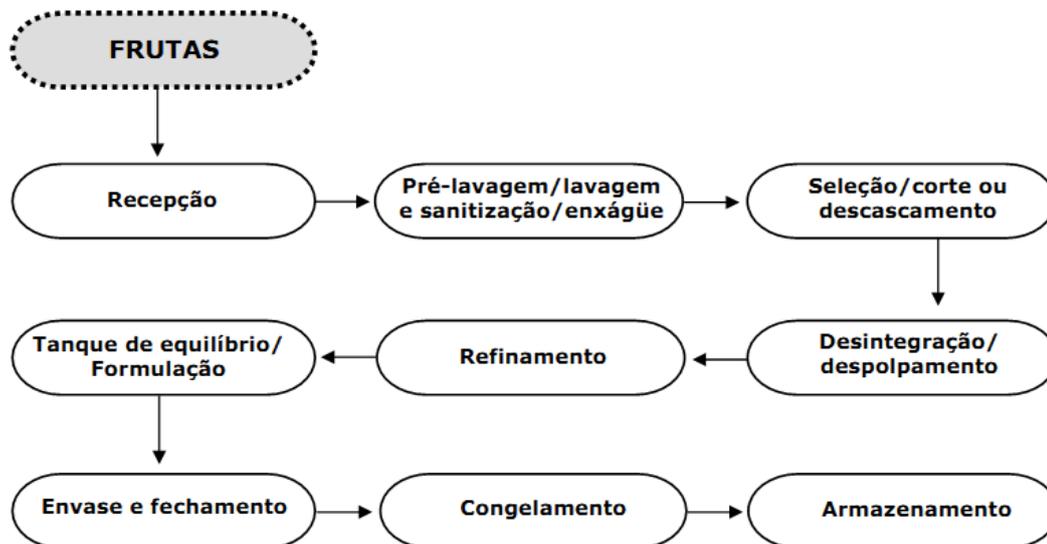
Fonte: CUNHA et al. (2008).

A transformação primária de frutas baseia-se na fabricação de produtos intermediários, também chamados semiprocessados, que podem ser conservados por um período de tempo adequado como polpas, óleos essenciais, aromáticos, entre outros. Tais produtos visam atender basicamente à transformação secundária, ou, ainda, serem diretamente utilizados em processos produtivos de outros setores da indústria de alimentação e bebidas ou outras, como farmacêutica, perfumaria e cosméticos (CUNHA et al., 2008).

Os produtos derivados do processamento das frutas, a exemplo das polpas, utilizados para consumo *in natura* ou, ainda, como aditivos para a indústria de cosméticos, geram, ao longo de sua cadeia, elevada quantidade de subprodutos, resultando em perda de divisas e inúmeros problemas ambientais que podem ser agravados devido ao aumento da capacidade de processamento. Cerca de 30 a 40% em volume é gerado na forma de subproduto, dependendo da cultura, e, em muitos casos, são considerados custo operacional para as empresas ou fonte de contaminação ambiental (SOUSA et al., 2011).

Durante o processamento de frutas para produção de polpas, os subprodutos gerados em maior volume estão na etapa Seleção/Corte ou Descascamento, caracterizados essencialmente por cascas e sementes, podendo chegar a 40% da matéria-prima, dependendo da fruta em questão (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). Outra fase importante é o refinamento, cujo subproduto possui características diferenciadas quando comparado ao primeiro, mas que ainda detém nutrientes interessantes e que podem ser reutilizados (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma geral das etapas do processamento de frutas para produção de polpas.



Fonte: TOLENTINO; GOMES (2009).

Diversos estudos relataram que as frutas são ricas em muitos nutrientes e compostos antioxidantes, cuja concentração majoritária está em cascas e sementes, e estas partes compõem os subprodutos gerados pelas agroindústrias (SILVA et al., 2012). A composição dos subprodutos em vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes é variável, e possui grande importância fisiológica ao ser humano. Vieira et al. (2013) apontaram que o desperdício de cascas, talos, folhas, legumes e frutas, é advindo da falta de informação acerca do valor nutricional e de formas apropriadas de preparo. Os subprodutos poderiam ser utilizados para minimizar o desperdício de alimentos ao gerar uma nova fonte alimentar, rica em compostos biologicamente ativos, ou ainda, servirem de substrato para a produção de diversas substâncias ou recuperação de compostos bioativos.

Diante desses aspectos, a tendência na cadeia da fruticultura é de que, de forma gradativa, as frutas e os derivados produzidos no Brasil passem a se orientar pelo conceito de 5 “S”, termo que vai ao encontro dos anseios dos consumidores. Os “S” relacionam-se a: saudabilidade (alimento nutritivo e funcional), simplicidade (produtos práticos ao consumo), segurança (produtos seguros à alimentação), sabor (mais aroma e sabor) e sustentabilidade (produção e industrialização de frutas de forma sustentável) (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

## 2.4 Potencial de Uso dos Subprodutos Agroindustriais

O Brasil é um dos maiores exportadores de alternativas de nutrientes que visam o aumento do valor nutritivo da dieta, porém está inserido no rol dos dez países que mais desperdiçam no mundo, traduzindo-se em um paradoxo, em que milhões de brasileiros vivem abaixo da linha da pobreza (VIEIRA et al., 2013).

As vias mais usadas na conversão de subprodutos orgânicos em produtos úteis são a alimentação direta de animais ou a transformação industrial, seja através de substratos ricos em celulose, que se constituem em boa base para rações de ruminantes, seja por materiais que contêm açúcares e amido, por permitirem a obtenção de proteína unicelular mais facilmente ou formarem biomassa microbiana (FIGUEIREDO, 2010).

Giordani Júnior et al. (2014) mencionaram o potencial de uso de diferentes subprodutos agroindustriais, a exemplo de abacaxi, maracujá, manga, caju, goiaba e cupuaçu, para a alimentação de ruminantes. Os autores relataram que a utilização de cascas de abacaxi, em substituição de 20-60% à silagem de milho, não alterou o desempenho de bovinos confinados e que o bagaço úmido do pedúnculo do caju pode ser consumido pelos animais na forma *in natura*, mas não deve ser sua única fonte alimentar.

Casca seca para ração animal e farinhas, albedo seco de laranja para alimentos peletizados, pectinas para vários alimentos, são exemplos da utilização crescente de subprodutos agroindustriais com possibilidade de aproveitamento econômico e com importância ecológica, por apresentarem valor comercial significativo (SANTANA, 2005).

Para Schieber et al. (2001), os subprodutos resultantes do processamento do maracujá representam até 75% da matéria-prima, sendo que a casca constitui cerca de 90% dos resíduos e é apontada como fonte de pectina (20% da massa seca), e o óleo obtido da semente da fruta apresenta 65% de ácido linoléico. Além disso, a farinha da casca do maracujá-amarelo é descrita por Souza et al. (2008) como um produto de baixo custo e elevado valor nutritivo em virtude de seu conteúdo rico em pectina, niacina, ferro, cálcio e fósforo.

A manga, uma das mais importantes frutas tropicais, apresenta grande perda de processamento, cujo subproduto é composto basicamente de cascas e caroços, correspondendo a 35-60% da massa total dos frutos. A gordura da amêndoa da manga é uma fonte promissora de compostos fenólicos e fosfolipídios e tem atraído atenção em virtude de

seus ácidos graxos (esteárico e linoléico, que não participam da formação do colesterol no organismo) e do perfil de triglicérides semelhantes aos da manteiga de cacau, o que permitiu seu uso como equivalente do cacau pela legislação brasileira (SCHIEBER et al., 2001).

Souza et al. (2011) avaliaram os efeitos da aplicação do subproduto de indústria processadora de goiabas como adubo orgânico em argissolo vermelho-amarelo, e observaram aumento nos teores de fósforo no solo, bem como de nitrogênio, cálcio, magnésio e manganês, além da significativa produção de frutos avaliada no terceiro ano do experimento após a aplicação. A goiaba, considerada fonte relativa de pectinas de baixa metoxilação (50%), possui limitações quanto à produção de pectinas a partir de seus resíduos, pois constituem apenas 10-15% dos frutos. As sementes, geralmente descartadas durante o processamento de suco e polpa, contêm 5-13% de óleo rico em ácidos graxos essenciais, e a casca e a polpa, poderiam ser usadas como fontes de fibra dietética antioxidante (SCHIEBER et al., 2001).

Assim, as agroindústrias, ao processarem grandes quantidades de frutas tropicais, geram subprodutos como farelos, cascas, bagaços e caroços, o que torna essencial mitigar os impactos ambientais por eles gerados em condições inadequadas de descarte. Ademais, grande parte do material descartado da industrialização de frutas pode conter alto nível de vitaminas, minerais e componentes bioativos, surgindo, assim, a necessidade de buscar maneiras de aproveitar esses descartes (COELHO et al., 2014).

#### 2.4.1 Aproveitamento de Subprodutos na Alimentação Humana

A demanda por desenvolvimento sustentável cresce a passos largos, tornando-se necessário aliar os aspectos econômico e ambiental à produção de alimentos de elevada qualidade nutricional destinada ao consumo humano e, para tanto, estudos que visem seu aproveitamento são de extremo interesse (GIUNTINI et al., 2003). O aproveitamento de subprodutos de frutas oriundos do mercado *in natura* ou das agroindústrias, bem como o desenvolvimento de tecnologias que minimizem as perdas nos processos produtivos, podem contribuir significativamente para a economia do País (VIEIRA et al., 2013).

A produção limpa de alimentos, com vistas à minimização dos subprodutos gerados e a maximização do aproveitamento dos recursos empregados, tem promovido a implantação de novos processos integrados, que aliam produtividade com a eficiência ambiental. As indústrias processadoras de frutas geram elevados volumes de subprodutos potencialmente ricos em substâncias de alto valor nutricional e funcional que, na maioria das vezes, são destinados à adubação de terras e complementação de ração animal (GRUZ et al., 2013). Estes subprodutos podem ser usados no processamento de alimentos, principalmente as cascas de determinadas frutas que podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de alguns alimentos, perfeitamente passíveis de serem incluídos na alimentação humana (COELHO et al., 2014).

Vieira et al. (2013) destacaram a ampliação de estudos, nos últimos anos, voltados ao aproveitamento de subprodutos para a produção de alimentos ou ingredientes, a exemplo das cascas das frutas como maracujá, laranja, limão, maçã e outras. Silva et al. (2012), ao caracterizarem farinha de subprodutos do processamento de polpa de acerola e avaliarem seu potencial na elaboração de biscoitos tipo cookies, detectaram que essa forma de aproveitamento pode ser uma alternativa eficiente e de baixo custo para o enriquecimento de produtos alimentícios.

Santana e Silva (2008), ao formularem biscoitos com 30% de substituição da farinha de trigo pela farinha do pseudofruto do caju, obtiveram boa aceitação para as características de aroma, sabor e textura, e indicaram boas características tecnológicas do produto. A substituição parcial por farinha da casca de maracujá também foi estudada por Ishimoto et al. (2007), que relataram respostas similares, tendo os biscoitos apresentado 7,5 vezes mais fibras que aqueles sem a farinha.

Farinhas de subprodutos de acerola foram utilizadas como substitutas parciais da farinha de trigo na formulação de biscoitos tipo *cookies*, em que a substituição em 10% melhorou o valor nutritivo do produto, que apresentou cerca de 2172,60 mg.100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico e 1,51 µg.g<sup>-1</sup> de carotenoides totais (AQUINO et al., 2010).

Casca de manga em pó foi incorporada em macarrão em três diferentes níveis (2,5%, 5,0% e 7,5%), sendo que a formulação com 5% apresentou 41 µg.g<sup>-1</sup> de carotenoides totais, resultando em produto com qualidade aceitável e com propriedades nutraceuticas (AJILA et al., 2010). O subproduto casca de manga, da cultivar Haden, também foi avaliado em relação

à qualidade de doces de corte, formulados com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de cascas em substituição à polpa, e concluíram que a substituição parcial ou total é uma alternativa viável sob os aspectos nutricional, sensorial e microbiológico (DAMIANI et al., 2011). A manga pode ser uma alternativa para elaboração de alimentos funcionais, especialmente porque a farinha do seu subproduto apresenta teores significativos de fibras solúveis, proteínas e minerais, tornando-o um material tão importante quanto o bagaço da laranja, cujo aproveitamento possui grande importância econômica para o Brasil (COELHO et al., 2014).

Banana nanica foi utilizada na sua forma integral para desenvolver bolo destinado à alimentação escolar, que resultou em produto de baixo custo, fácil preparo e de melhor qualidade nutricional (VIEIRA et al., 2013). Miranda et al. (2013) e Martin et al. (2012), avaliaram bolos com a substituição parcial de farinha de trigo por farinhas de cascas de maracujá e de abacaxi, respectivamente, obtendo produtos enriquecidos nutricionalmente com elevados teores de fibras, além de apresentarem-se como opções de baixo custo.

O subproduto do abacaxi foi usado na elaboração de barra de cereais por Fonseca et al. (2011), que obtiveram um produto que é fonte de fibras, proteínas e minerais, tornando-se alternativa às barras de cereais comerciais. Barras de cereais formuladas com substituição parcial da farinha por casca de maracujá tiveram boa aceitação sensorial e foram similares às ofertadas comercialmente (GOMES et al., 2010).

Silva et al. (2013) caracterizaram o amido da amêndoa da manga “Tommy Atkins” e estudaram sua incorporação em bebida láctea, identificando concentração satisfatória de 0,3%, que contribuiu como espessante e proporcionou boas características sensoriais e físico-químicas, podendo ser largamente utilizado.

As farinhas de frutas, quando comparadas às de cereais, apresentam vantagens, como maior conservação e concentração dos valores nutricionais; menor tempo de secagem; propriedades físicas e químicas que permitem ampla gama de aplicações; e diferenciadas possibilidades de uso do fruto inteiro ou da polpa, ou subprodutos como matérias-primas (SANTANA; SILVA, 2008).

## **2.5 Elementos de Qualidade**

O acesso a alimentos saudáveis por segmentos da população reverte-se em melhoria da qualidade de vida e, possivelmente, maior longevidade, em razão da prevenção sobre determinados grupos de doenças. A qualidade de uma fruta é um conjunto de muitas características peculiares a cada produto hortícola (VICENTE et al., 2009), que engloba propriedades sensoriais e mecânicas, valores nutritivo e multifuncional, decorrentes dos componentes químicos e ausência ou presença de defeitos. Por ser variável entre os produtos, a qualidade dependerá do objetivo de uso, que se relaciona com o mercado de destino do produto, seja armazenamento, consumo *in natura* ou processamento. A indústria valoriza aspectos qualitativos relacionados ao rendimento em matéria-prima, cor, “flavor”, textura, valor nutricional e segurança (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Água, carboidratos, lipídeos, proteínas, fibras, minerais, ácidos orgânicos, pigmentos, vitaminas e antioxidantes são constituintes de frutas e hortaliças requeridos pelo corpo humano. Muitas frutas estão disponíveis quase todo o ano, em ampla variedade (VICENTE et al., 2009). As frutas destinadas à industrialização devem apresentar características peculiares quanto ao tamanho, cor, sabor e textura, adequados aos processos de transformação e até mesmo com estádios de maturação diferenciados (CUNHA et al., 2008).

Além das características de qualidade mencionadas, o rendimento da matéria-prima, através da proporção entre as partes componentes (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), é um atributo de extrema relevância para a indústria processadora de frutas, e em conjunto com outros atributos, pode ser usado como coeficiente de maturação ou indicativo de rendimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A qualidade dos subprodutos também pode ser avaliada, seja para aproveitamento como aditivos alimentares, seja como fontes de componentes bioativos ou compostos de interesse para a indústria de química fina. O aproveitamento de subprodutos no processamento de novos alimentos apresenta-se como segmento relevante para as indústrias, especialmente no tocante à demanda por produtos para dietas especiais, uma vez que esses materiais são constituídos, basicamente, de matéria orgânica (rica em açúcares e fibra), elevado valor nutritivo, além de serem abundantes e de baixo custo (SANTANA; SILVA, 2008).

### 2.5.1 Indicadores Físico-Químicos e Químicos

Entre os principais indicadores de qualidade e que também são utilizados como indicadores do potencial de conservação pós-colheita de grande parte dos frutos e hortaliças, estão o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Porém, com a evolução do conceito de qualidade e a conscientização da população voltada ao consumo de alimentos de maior valor nutricional, outros componentes têm sido considerados na avaliação química de frutos e hortaliças, como teores de ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos, fibras, sais minerais, etc.

Ao tratar-se de frutas processadas, especificamente a produção de polpas congeladas, o interessante é que os frutos sejam processados em estádios ótimos de maturação para consumo, por apresentarem desenvolvimento completo de cor, textura, sabor e aroma, além de outras características desejáveis, como pH, sólidos solúveis e acidez (TOLENTINO; GOMES, 2009).

Além de uma boa base nutricional, os subprodutos agroindustriais apresentam em sua composição compostos essenciais para a alimentação humana, a exemplo de carboidratos, proteínas e lipídeos. Outra aplicabilidade deste material é como fonte de carbono em processos biológicos para obtenção de produtos de maior valor agregado como enzimas, álcoois, proteínas, ácidos orgânicos, aminoácidos, compostos aromáticos, fertilizantes orgânicos, óleos essenciais, dentre outros (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). Assim, acentua-se a notoriedade da caracterização de indicadores físico-químicos e químicos para o melhor uso dos subprodutos advindos do processamento de frutas.

#### 2.5.1.1 Atividade de Água

O componente simples majoritário nas frutas é a água, que responde por até 90% da massa total, e seu conteúdo máximo pode variar até mesmo entre frutos individuais, em decorrência de diferenças estruturais e condições de cultivo (CHITARRA; CHITARRA, 2005; VICENTE et al., 2009). Para os subprodutos, o processamento também exerce forte influência no conteúdo de água.

O conteúdo de água de um alimento é expresso pelo valor obtido na determinação da água total nele contida, sendo o método da estufa o mais utilizado, com secagem do material a peso constante. Entretanto, não é suficiente para prever sua estabilidade, e assim, apesar de terem baixo conteúdo de água, alguns alimentos são instáveis (CELESTINO, 2010).

Nos alimentos, a água total existe sob a soma das formas livre e combinada. A água livre, conhecida como atividade de água ( $A_w$ ) está presente nos espaços intergranulares e entre os poros do alimento, servindo como agente dispersante para substâncias coloidais e como solvente para compostos cristalinos (CELESTINO, 2010).

O grau de disponibilidade da água livre no alimento pode ser expresso como atividade de água, e seus valores variam de 0 a 1, e na maior parte dos alimentos frescos, a atividade de água é superior a 0,95. Suscetibilidade a alterações microbiológicas pode classificá-los em: alimentos de alta umidade ( $A_w > 0,85$ ), bastante propensos a deteriorações microbiológicas em geral; de umidade intermediária ( $0,60 < A_w < 0,85$ ), com atuação de microrganismos xerofílicos e osmofílicos; e de baixa umidade ( $A_w < 0,60$ ), sem crescimento de microrganismos, embora possam sobreviver (INSUMOS, 2009).

Celestino (2010) apontou que a atividade de água é importantíssima para a indústria de alimentos, por quantificar a água disponível para o crescimento de microrganismos e as reações que podem alterar os alimentos, e assim, é possível prever sua estabilidade.

#### 2.5.1.2 Sólidos Solúveis e Açúcares

O teor de sólidos solúveis é usado como medida indireta do teor de açúcares, por constituírem até 85%-90% desse atributo. Entretanto, outras substâncias também se encontram dissolvidas na seiva vacuolar, como vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, dentre outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Depois da água, os carboidratos são os constituintes mais abundantes em frutas, representando 50% a 80% da massa seca. Suas funções incluem, entre outras, o armazenamento de reservas energéticas e a composição do esqueleto estrutural das células (VICENTE et al., 2009).

Os sólidos solúveis indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas, sendo comumente designados como °Brix e têm tendência de aumento com o avanço da maturação. São variáveis de acordo com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com faixa de variação entre 2% e 25% (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Carboidratos simples, além de serem produtos imediatos da fotossíntese, são componentes essenciais dos atributos de qualidade sensorial. Os monossacarídeos compõem a maior parte dos açúcares totais, sendo glicose e frutose as formas simples predominantemente encontradas na maioria das frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005), exceto em banana, abacaxi, pêssego e melão maduros, nos quais o conteúdo de sacarose, um dissacarídeo, é superior. O sabor doce das frutas e hortaliças está associado ao balanço dos teores de glicose, frutose e sacarose, carboidratos solúveis em água (VICENTE et al., 2009).

A D-glicose é uma das maiores cadeias de transformação de um carboidrato numa variedade de insumos industriais, a exemplo de sorbitol, manose, frutose, dextrinas, obtidos em escala industrial por processos químicos ou fermentativos, que são úteis para obtenção de álcoois, polialcoois, aminoácidos, ácidos carboxílicos e até mesmo o ácido ascórbico (FERREIRA et al., 2013).

Os açúcares solúveis presentes nas frutas, na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, pela cor atrativa, como os derivados das antocianidinas, e pela textura, quando combinados adequadamente compondo polissacarídeos estruturais. A sacarose é o principal açúcar translocado das folhas para as frutas, entretanto, apenas em algumas sua concentração excede à dos açúcares redutores, glicose e frutose. O grau de doçura das frutas é função da proporção entre os teores desses açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Várias classes de nutrientes podem ser usadas pelos microrganismos como fonte de energia, como os carboidratos simples, os álcoois e os aminoácidos (INSUMOS, 2009; NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). A partir de processos químicos ou biocatalíticos em escala industrial é possível transformar sacarose e D-glicose em compostos de maior valor agregado e de grande interesse econômico, como outros carboidratos, produtos para diversos fins de aplicações direta (hidrogeis, dextranas, adoçantes artificiais, resinas, polímeros, etc.),

solventes e compostos químicos úteis para a indústria da química fina (FERREIRA et al., 2013).

#### 2.5.1.3 Acidez Titulável

A acidez é atribuída principalmente aos ácidos orgânicos dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinados a sais, ésteres, glicosídeos, etc. Os ácidos orgânicos contribuem tanto para a acidez quanto para o aroma característico, em virtude de alguns componentes voláteis (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Existem basicamente dois tipos de ácidos, os alifáticos ou de cadeia linear, sendo os mais abundantes em frutas o cítrico e o málico, e os aromáticos, que ocorrem em concentrações muito baixas. Os ácidos orgânicos não possuem distribuição uniforme no interior do fruto, mas participam da relação açúcar/acidez, que interfere diretamente no sabor (VICENTE et al., 2009). Os compostos fenólicos também contribuem para a acidez e a adstringência, em decorrência de seu caráter ácido (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Além das diferenças entre espécies, variedades e estágio de maturação, o teor de ácidos pode variar na casca e na polpa de um mesmo material (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Max et al. (2010) pontuaram que cascas de abacaxi poderiam ser usadas para produzir ácido cítrico por *Aspergillus niger*, com alta produção encontrada aos 6 dias de fermentação, sob 29°C e meio contendo 4% de metanol, resultando em cerca de 132 g.kg<sup>-1</sup> de ácido.

#### 2.5.1.4 pH

O pH, ou potencial hidrogeniônico, representa o inverso da concentração de íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) num dado material. Sua determinação pode ser realizada com o auxílio de potenciômetro. Na célula, os ácidos orgânicos, livres ou esterificados, encontram-se associados com seus sais de potássio e constituem sistemas tampões, que têm papel especialmente relevante na regulação da atividade enzimática (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A redução de uma unidade no pH representa um aumento de dez vezes na concentração de  $H^+$  e valores próximos à neutralidade são os mais favoráveis ao crescimento de microrganismos. Alimentos como suco de abacaxi e de maracujá, são considerados muito ácidos ( $pH < 4,0$ ), já algumas frutas como caju são ácidos ( $4,0 < pH < 4,5$ ) e outros são pouco ácidos ( $pH > 4,5$ ), como amêndoas de mangas. Apesar de a faixa de pH de alimentos muito ácidos inibir o crescimento de bactérias, os fungos ainda podem se desenvolver (INSUMOS, 2009).

#### 2.5.1.5 Amido

O amido é uma fonte energética de grande destaque na alimentação humana. Organiza-se em pequenos grânulos presentes no interior dos cloroplastos, ou em plastídios especializados, os amiloplastos (VICENTE et al., 2009). O fato de ser armazenado em grânulos insolúveis em água e de ser facilmente extraível torna-o único na natureza, com ampla possibilidade de utilização diretamente na dieta humana ou na indústria alimentícia. Esse constituinte contribui consideravelmente para as propriedades de textura de muitos alimentos, com várias aplicações industriais como espessante, estabilizante coloidal, geleificante, agente de volume e viscosidade, e retentor de água (MENDES et al., 2012).

As cascas secas de frutos cítricos são fontes de pectina, celulose e hemicelulose, podendo ser utilizadas como substrato de fermentação, para fins da produção de preparações multienzimáticas, que contêm enzimas pectinolíticas e celulolíticas através de fungos (VALENTE, 2015). Alguns microrganismos utilizam carboidratos complexos, como celulose e amido, convertendo-os a açúcares simples (INSUMOS, 2009). Carboidratos compõem 75% da biomassa da Terra, representando a maior fonte renovável do planeta e anualmente são produzidos cerca de 200 mil toneladas pelas plantas superiores e algas.

Considera-se que quatro carboidratos têm o potencial econômico para atrair o investimento das indústrias químicas para a produção de compostos, que são celulose, amido, quitina e sacarose, sendo os dois primeiros hidrolisados à D-glicose em grandes quantidades no mercado (FERREIRA et al., 2013). Segundo os autores, cerca de 34% do amido produzido no mundo é transformado em glicose. Assim, a extração de amido de fontes não-

convencionais, a exemplo dos subprodutos de frutas, torna-se um campo promissor para a recuperação de compostos com aplicabilidade na própria indústria alimentar.

#### 2.5.1.6 Substâncias Pécicas

Tecidos de frutas são particularmente ricos em pectinas, grupo diverso de polímeros ricos em ácido galacturônico, que podem compor até 40% do total de polissacarídeos da parede celular. Durante o amadurecimento de diversas frutas, modificações estruturais são comumente observadas, como a redução do tamanho do polímero, processo chamado despolimerização, e cuja extensão é variável. O grau de polimerização e a proporção de ésteres metil afetam a solubilidade das pectinas (VICENTE et al., 2009). As pectinas usadas comercialmente na produção de geleias e gelatinas são extraídas de certos frutos e vegetais, como laranjas, maçãs e beterrabas, especialmente das cascas, que representam os subprodutos vegetais.

No setor industrial, os polissacarídeos pécicos promovem aumento de viscosidade e funcionam como coloide estabilizante e protetor em alimentos e bebidas, com aplicação em doces, geleias, preparações de frutas para iogurtes, sucos de frutas concentrados, dentre outros. Existem propriedades de promoção da saúde associadas às substâncias pécicas, comprovadas cientificamente, como redução do colesterol total e do LDL, ligação a metais pesados e a microrganismos tóxicos no cólon, dentre outros (VALENTE et al., 2015).

A abundância de matéria-prima gerada pela industrialização de sucos possibilitou, em 1940, a produção de aproximadamente 60% da pectina produzida no mundo advinda de bagaço cítrico, e nos países tropicais, sua produção está coimplantada junto às indústrias de suco em larga escala (CANTERI et al., 2012). Os autores apontaram, ainda, o desenvolvimento recente de estudos voltados à recuperação de compostos fenólicos em bagaço de maçã, para uso como agentes antioxidantes, o que remete à tendência crescente das indústrias em promover o máximo aproveitamento de um subproduto através da maior exploração comercial de seus componentes.

Matérias-primas alternativas têm sido estudadas na extração de substâncias pécicas, como cascas de manga e banana, resíduo de cacau e casca de maracujá. Os subprodutos

agroindustriais como cascas de frutas cítricas, por serem abundantemente disponíveis, bem como fornecerem energia alternativa ao crescimento e metabolismo de microrganismos, constituem-se também em substratos típicos para a produção de enzimas pectinolíticas, conhecidas como pectinases, por meio da técnica de fermentação em estado sólido, cuja associação resulta em enzimas brutas mais concentradas e em menores custos de extração e purificação (UENOJO; PASTORE, 2007; CANTERI et al., 2012; VALENTE, 2015).

### 2.5.2 Compostos Bioativos

Os componentes bioativos são denominados quimiopreventivos por promoverem efeitos benéficos específicos, principalmente no combate a estresses oxidativos. São representados, essencialmente, por polifenóis, ácido ascórbico, compostos nitrogenados e carotenoides. As vitaminas mais investigadas como agentes quimiopreventivos são A, principalmente, e C e E (CARVALHO et al., 2006).

Vitaminas são moléculas orgânicas requeridas em quantidades traço para o desenvolvimento normal, por não serem sintetizadas em quantidades suficientes pelo organismo, e por isso devem ser obtidas da dieta. Exercem papel relevante na nutrição humana, com funções específicas no desempenho normal do corpo. O conteúdo de vitaminas em frutas é variável, dependendo da espécie, da cultivar e até mesmo de diferentes lotes da mesma cultivar, e das condições ambientais e de cultivo (VICENTE et al., 2009).

É conhecido que o processamento afeta o conteúdo, a atividade e a biodisponibilidade dos componentes bioativos em alimentos (PEREIRA, 2010). A exploração de subprodutos do processamento de frutas e vegetais como uma fonte de compostos funcionais e sua aplicação em alimentos é um campo promissor, que requer uma investigação interdisciplinar. Em formulações alimentícias, alguns extratos naturais obtidos por meio de recuperação de compostos fenólicos a partir de bagaço de uva, têm sido empregados visando à substituição total ou parcial de aditivos sintéticos potencialmente tóxicos (GRUZ et al., 2013).

Nesse enfoque e levando em consideração a alta produção de resíduos agroindustriais gerados a partir do processamento de frutas, é interessante observar o valor agregado que pode ser associado ao uso real destes na alimentação humana, além da importância para a promoção da saúde da população.

### 2.5.2.1 Ácido Ascórbico

Vitaminas são micronutrientes essenciais ao desenvolvimento normal e à manutenção da homeostase, cuja deficiência induz ao inadequado funcionamento do organismo e ao aparecimento de doenças específicas, como beribéri, escorbuto, raquitismo e xeroftalmia. O teor pode variar de acordo com a espécie, estágio de maturação à época da colheita, variações genéticas, manuseio pós-colheita, estocagem, processamento e tipo de preparação (VALENTE, 2015). Podem ser classificadas em lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (complexo B e ácido ascórbico).

O ácido ascórbico, uma cetolactona de seis carbonos, e seu produto primário da oxidação, o ácido dehidroascórbico, são considerados vitamina C (SUCUPIRA et al., 2012). Esse composto derivado de carboidrato é solúvel em água e mostra propriedades antioxidante e acídica. Humanos e outras poucas espécies não são capazes de sintetizar ácido ascórbico (CHITARRA; CHITARRA, 2005), mas as plantas produzem o ácido ascórbico por reações químicas que usam L-galactose como precursor, ou ainda, por outra rota sugerida em plantas, que usa o ácido galacturônico reciclado da degradação péctica da parede celular (VICENTE et al, 2009).

Valente (2015) e Vicente et al. (2009) descreveram que o ácido ascórbico possui funções biológicas cruciais no organismo humano, como a participação na biossíntese de colágeno, carnitina e norepinefrina, e na saúde, reduzindo a incidência de algumas doenças dada a sua capacidade de neutralização de espécies reativas do oxigênio. O consumo diário recomendado para homens é de 75mg, enquanto que para mulheres jovens é de 90mg (FNIC, 2012).

O ácido ascórbico, por ser lábil, é rotineiramente utilizada como um índice de avaliação do efeito do processamento sobre a retenção de nutrientes (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Sua retenção é considerada um índice de manutenção da qualidade nutricional durante o processamento e a estocagem (SUCUPIRA et al., 2012).

Frutas, particularmente as espécies tropicais, detêm níveis elevados de ácido ascórbico como a acerola e a goiaba, reconhecidamente ricas em ácido ascórbico, além de outras, que são consideradas boas fontes, como caqui, morango, kiwi e frutos cítricos (VICENTE et al., 2009). Gutiérrez et al. (2008) explicaram que as cascas de goiaba, seguidas da polpa e um pequeno conteúdo no centro da polpa, apresentam valores entre 56 mg a 600 mg, e pode

variar entre 350-450 mg em frutos maduros. Representa o componente mais avaliado em alimentos, cuja perda varia em virtude da maturação e do armazenamento, bem como do processo e dos equipamentos utilizados, e mesmo após o processamento, as matérias-primas ainda retêm alto conteúdo desse micronutriente (PEREIRA, 2010).

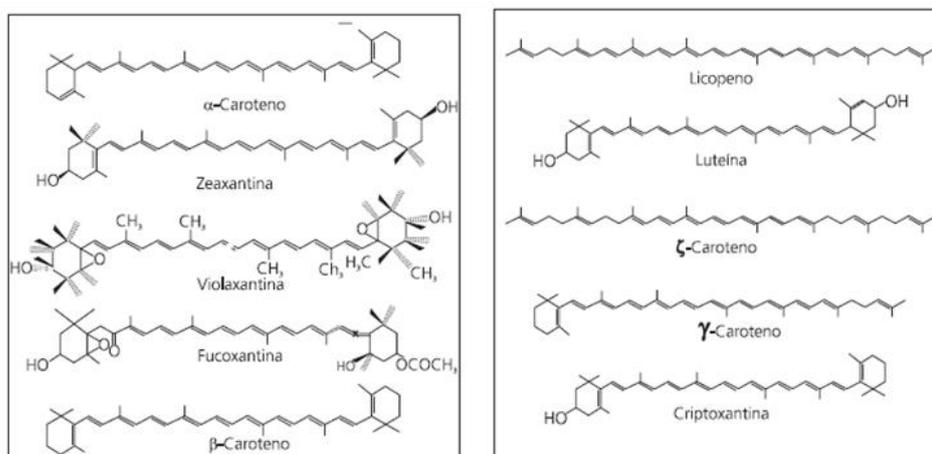
#### 2.5.2.2 Carotenoides

Os carotenoides, pigmentos lipossolúveis de cor amarelo-alaranjado a vermelho, são conhecidos por seus benefícios à dieta humana (TAYLOR; RAMSAY, 2005; VICENTE et al., 2009). Acumulam-se em cromoplastos presentes em flores, frutos, raízes e sementes, compondo o maior grupo de corantes distribuídos na natureza, com cerca de 600 compostos (VIEIRA; AGOSTINI-COSTA, 2007).

São tetraterpenoides que se classificam em carotenos e xantofilas, diferindo entre si por serem hidroxilados e oxigenados (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2007; GOMES, 2007), respectivamente, e podem estar conjugados a açúcares e outras moléculas (BARBOSA-FILHO et al., 2008). A presença de insaturações torna-os sensíveis à luz, temperatura, acidez, além de isomerização e oxidação durante o processamento e armazenamento dos alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Encontram-se amplamente distribuídos no reino vegetal, sendo sintetizados apenas neste reino e em alguns protistas, a partir da condensação de duas moléculas de geranyl geranyl pirofosfato, que formam uma estrutura acíclica chamada fitoflueno, composta por 40 carbonos, que pode ser modificada e dar origem aos diferentes tipos de carotenoides existentes (Figura 3) (VIEIRA; AGOSTINI-COSTA, 2007).

Figura 3. Estrutura química de alguns carotenoides existentes.



Fonte: Ambrósio et al. (2006).

Na maioria dos tecidos biológicos, os carotenoides formam um grupo incomum de agentes redutores, pois, sob baixos níveis de oxigênio nas células, adquirem grande importância como antioxidantes dada a eficiência na captura do oxigênio singlete, com velocidade de reação de sua atividade superior à dos tocoferóis em tais condições (BARREIROS; DAVID, 2006).

Usualmente, estão presentes em baixas concentrações, com variações em sua composição, levando em consideração uma mesma espécie (VICENTE et al., 2009), sendo influenciados por fatores como cultivar ou origem do material, maturidade, clima (temperatura e luminosidade), práticas agrícolas e tratamentos pós-colheita (VIEIRA; AGOSTINI-COSTA, 2007).

O estresse oxidativo caracteriza-se por intensa sobrecarga de radicais livres, que pode ser altamente lesivo às estruturas celulares e ao material genético, com consequências tumorogênicas, sendo este último usado como indicador do efeito dos carotenoides sobre o desenvolvimento de câncer (GOMES, 2007). A proteção dos carotenoides contra o câncer e outras doenças crônicas pode estar atrelada às suas propriedades antioxidantes, além de outros fatores, como inibir a proliferação celular, melhorar a diferenciação das células, estimular a comunicação intercelular e filtrar a luz azul, entre outros (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2007; VICENTE et al., 2009).

Embora as frutas, no geral, não sejam consideradas excelentes fontes de carotenoides quando comparadas às hortaliças, existem notáveis exceções como damasco, manga, cítricos, mamão e ameixa (VICENTE et al., 2009). Sua distribuição não é uniforme, mas no geral sua acumulação é maior na casca que na polpa.

A exploração dos subprodutos agroindustriais como fonte de ingredientes e compostos bioativos tem-se revelado bastante promissora, a fim de corresponder à contínua procura de ingredientes por parte da indústria (FERREIRA et al., 2015). Porém, para tornar possíveis programas de valorização, são necessários dados experimentais que, na sua maioria, encontram-se disponíveis ou dispersos, sendo exemplos disto a caracterização dos subprodutos.

### 2.5.2.3 Compostos Fenólicos

Diversas fontes de antioxidantes naturais são conhecidas e algumas amplamente encontradas no reino vegetal, em virtude de seu conteúdo em compostos fenólicos (ANGELO; JORGE, 2007). Esse grupo abrange uma grande diversidade de compostos derivados dos aminoácidos aromáticos fenilalanina e tirosina, e suas principais funções são atuar como agentes antimicrobianos, proteger contra radiação ultravioleta e contribuir para a pigmentação, de frutos e flores, e para adstringência e gosto amargo de alguns produtos (VICENTE et al., 2009; BALASUNDRAM et al., 2006).

A característica geral desses compostos dentro do grupo é possuir anéis aromáticos com graus variáveis de hidroxilação (VICENTE et al., 2009; BALASUNDRAM et al., 2006). A eficiência dos fenólicos como antioxidantes é determinada pelos grupos funcionais presentes, pela posição que ocupam no anel aromático, assim como pelo tamanho da cadeia desses grupos (ANGELO; JORGE, 2007).

Os fenólicos agem como antioxidantes em virtude de seus radicais intermediários estáveis, impedindo a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios, além de terem habilidade para doar hidrogênio ou elétrons (SILVA et al., 2010b; MOURE et al., 2001). A ação benéfica desses compostos na saúde humana relaciona-se com sua atividade antiinflamatória (BALASUNDRAM et al., 2006), que impede a aglomeração das plaquetas sanguíneas e a ação de radicais livres no organismo (SILVA et al., 2010b).

Quando se encontram na forma de glicosídeos, há redução de sua atividade contra radicais livres e aumento de sua solubilidade (VICENTE et al., 2009).

Dentre os polifenóis, existem os ácidos fenólicos, estruturalmente simples, e os flavonoides, complexos e que possuem distribuição não homogênea entre os vegetais (GRUZ et al., 2013). O ácido caféico é o mais abundante ácido fenólico em diversas frutas, enquanto o ácido cumárico está presente em menores proporções (VICENTE et al., 2009). Uma dieta rica em flavonoides está associada ao baixo risco de doenças cardiovasculares e algumas formas de câncer, por atuarem como sequestradores de radicais livres e quelantes de metais, além de catalisarem a peroxidação de lipídeos.

Algumas frutas são consideradas boas fontes de polifenóis, como ameixa, carambola, morango e goiaba, com 174-219, 209,9-349, 161-385 e 126,4-175 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de massa fresca (BALASUNDRAM et al., 2006; ISABELLE et al., 2010). Abacaxi, manga e mamão também possuem quantidades razoáveis desse componente, com valores situando-se entre 56 e 94,3 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (BALASUNDRAM et al., 2006).

A contribuição de cada um dos compostos fenólicos na capacidade antioxidante depende da sua estrutura, porém, o número de hidroxilas presentes na molécula pode elevar essa atividade (VICENTE et al., 2009). O conteúdo desses compostos é fortemente influenciado por estação do ano, incidência de radiação ultravioleta (UV), clima, composição de solo, preparo e processamento do alimento (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008), e este último pode causar perdas de antioxidantes fenólicos, sendo que descascamento e cortes reduzem o conteúdo de quercetina em 1%, mas o cozimento em água pode diminuir o teor desse componente em 75% (VICENTE et al., 2009).

Subprodutos agroindustriais são boas fontes de compostos fenólicos e têm sido explorados como antioxidantes naturais. Em geral, acumulam-se mais na casca que na polpa das frutas, a exemplo dos cítricos (laranja), onde os resíduos representam 50% da massa da fruta, e podem conter 15% de fenólicos totais a mais que a parte comestível (PEREIRA, 2010). Subprodutos de carambola constituem-se excelentes fontes de antioxidantes fenólicos, principalmente proantocianidinas, para uso como nutracêuticos ou aditivos em alimentos funcionais (SHUI; LEONG, 2006).

### 2.5.3 Radicais Livres, Alimentos Funcionais e Atividade Antioxidante

Instabilidade na produção de espécies reativas, conduzindo a alterações celulares negativas, são conhecidas como dano oxidativo (VICENTE et al., 2009). O excesso desses radicais causa prejuízos ao organismo, como peroxidação lipídica da membrana, e danos a proteínas, complexos enzimáticos, carboidratos e, principalmente, ao DNA, que culmina com o processo degenerativo da célula (BARREIROS; DAVID, 2006; MOURE et al., 2001; VICENTE et al., 2009).

Espécies reativas do oxigênio como o  $O_2$  singlete, peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), ou radicais superóxido ( $O_2^-$ ) e hidroxila ( $OH^-$ ) (VICENTE et al., 2009), são geradas naturalmente no organismo pela oxidação, que ocorre na via aeróbica ou por alguma disfunção biológica (SILVA; NAVES, 2001).

As substâncias presentes nos alimentos que diminuem significativamente os efeitos adversos de espécies reativas do oxigênio e nitrogênio, em condições fisiológicas normais em seres humanos, são denominadas antioxidantes (GOMES, 2007). Atuam como substâncias quimiopreventivas quando consumidos em conjunto e em doses mais fisiológicas, sugerindo-se o uso do termo ‘moderadores fisiológicos’, pois esses agentes podem influenciar outros processos no organismo além do balanço oxidativo, a exemplo da possível ação intrínseca dos carotenoides nas comunicações intercelulares via junções comunicantes (SILVA; NAVES, 2001).

Os antioxidantes podem ser classificados, de acordo com sua forma de ação, em primários e secundários. O tipo primário atua interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis, e/ou formando o complexo lipídio-antioxidante, que pode reagir com outro radical livre. Já os secundários retardam o início da autooxidação, por diferentes mecanismos que incluem complexação de metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical, absorção da radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio singlete (ANGELO; JORGE, 2007).

Em sistemas vivos, os antioxidantes da dieta ( $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -caroteno, ácido ascórbico, fenólicos), que interagem com as espécies radicalares e são consumidas durante a reação, e as enzimas endógenas (superóxido dismutase, glutathione peroxidase, catalase), que protegem contra danos oxidativos ao bloquearem o início da oxidação (MOURE et al., 2001;

ANGELO; JORGE, 2007; CARVALHO et al., 2006), são as duas classes às quais pertencem os antioxidantes.

A incorporação de frutas na dieta pode ajudar a eliminar certas toxinas, e seus efeitos protetores têm sido associados à presença de compostos antioxidantes (VICENTE et al., 2009). Os compostos mais encontrados nos alimentos e que possuem elevada capacidade antioxidante são os fenólicos, a exemplo do resveratrol e da quercetina; os carotenoides como  $\beta$ -caroteno e licopeno; o ácido ascórbico e o tocoferol, que podem agir isoladamente ou em sinergismo no combate aos radicais livres e redução do risco de desenvolver câncer, Alzheimer, cataratas e Parkinson, entre outros (SILVA; NAVES, 2001; AYALA-ZAVALA et al., 2011).

A acumulação e a degradação dos compostos antioxidantes em frutas são influenciadas por diversos fatores, que poderiam ser divididos em genéticos e ambientais. A espécie é o primeiro fator determinante dos diferentes antioxidantes, e cada grupo é caracterizado pela acumulação de diferentes compostos. Entre os fatores ambientais, o efeito do processamento no nível e biodisponibilidade dos antioxidantes depende da intensidade do tratamento, bem como o componente considerado. Em alguns casos, o processamento pode aumentar a disponibilidade de antioxidantes, devido a um incremento por meio da extração (VICENTE et al., 2009).

A diversidade de compostos existentes em frutas e hortaliças consumidas pela população proporciona diferenciados graus de inibição da oxidação gerada através desses radicais. Os métodos para avaliar os antioxidantes presentes nos alimentos usualmente utilizados são, principalmente, o DPPH, ABTS,  $\beta$ -caroteno/Ácido Linoléico, FRAP e ORAC (RUFINO et al., 2007). Entre os métodos indiretos que medem a habilidade de aprisionar radicais livres, o ABTS tem sido utilizado amplamente para verificar a atividade anti-radical livre de compostos puros e de extratos complexos. Para a detecção de atividade antioxidante, o ABTS é interessante devido à sua natureza hidrofílica e lipofílica, assim como maior comprimento de onda - 734 nm, evitando interferência na região do visível.

Ao avaliarem a capacidade antioxidante de frutas comercializadas em Recife-PE pelos métodos de captura do radical DPPH e da inibição da oxidação pelo sistema  $\beta$ -caroteno/Ácido Linoléico, Melo et al. (2008) utilizaram alíquota de 20 a 300 g de polpa da porção comestível desintegrada, em extratos aquoso e acetônico, dependendo do teor de fenólicos totais, e

encontraram potente atividade antioxidante, acima de 70% nos dois métodos, em frutas como acerola, caju, mamão ‘Formosa’, mamão ‘Havai’, goiaba, laranja e pinha, e destacaram-nas como fontes naturais desses compostos e de relevância para a dieta humana.

Freire et al. (2013) relataram que, para avaliar a capacidade antioxidante, faz-se necessário extrair o máximo de compostos antioxidantes, processo que pode ser influenciado por diversos fatores como tipos de solvente, tempo de extração, temperatura, pH, proporção sólido-líquido e tamanho das partículas. Vale destacar que o teor de compostos bioativos com ação antioxidante em vegetais varia também em função das condições edafoclimáticas do cultivo, variedade e grau de maturação da fruta, bem como a maior concentração nas sementes e cascas do que na polpa, ou ainda, o perfil dos fitoquímicos antioxidantes ser diferenciado nestas partes do vegetal (MELO; ARAÚJO, 2011). Tais fatores conduzem à investigação de fitoquímicos bioativos em partes não convencionais das frutas, a exemplo dos subprodutos do processamento de frutas, o que permitirá vislumbrar a possibilidade de empregá-los como aditivos em produtos alimentícios.

## 2.6 FITOQUÍMICOS OBTIDOS DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

As biomassas são materiais orgânicos disponíveis numa base renovável e incluem árvores, resíduos agroindustriais e alimentares, entre outros. São produzidas em larga escala pela natureza e podem ter três possíveis destinos, como alimentação, produção de energia (biocombustíveis) e fabricação de produtos para a química fina (FERREIRA et al., 2013).

Energia e produtos podem ser gerados a partir de biomassa, integrados numa unidade produtiva denominada biorrefinaria, cujo conceito fundamenta-se na conversão integral de recursos renováveis, como macromoléculas (celulose, pectina, taninos, amido, ácidos graxos, corantes naturais, etc.), e em produtos processados de valor agregado, como químicos e alimentares (ROSA et al., 2011).

De forma geral, os subprodutos agroindustriais do processamento de frutas apresentam diferentes constituintes como pectina, amido e corantes em sua composição, oportunizando a agregação de valor para recuperação e reutilização na própria indústria alimentar (FERREIRA et al., 2015). Coelho et al. (2014), ao realizarem levantamento de dados relacionados ao depósito de patentes na área da utilização de subprodutos industriais de frutas para obtenção

de produtos, com foco nos subprodutos de manga, observaram elevação no número de depósitos no período compreendido entre 2002 a 2013, no qual houve maior produção para tal tecnologia. O número de patentes depositadas pela Rússia representou 49,5% de toda a tecnologia produzida no mundo, e em sequência vem a China com 21,5% e o Japão com 16%.

As características da matriz e dos compostos de interesse são essenciais quando se estabelece a condição operacional mais favorável, do ponto de vista termodinâmico e econômico, para extração de componentes bioativos com ação antioxidante (GRUZ et al., 2013). Nesse sentido, ao comparar dois processos tecnológicos na recuperação de compostos bioativos do bagaço de uva rosada, com vistas à aplicação em alimentos, os autores observaram que a razão solvente/substrato 3:1, juntamente com a temperatura 50°C, pH 4,0 e extração com etanol:água (30:70, v/v), influenciaram positivamente na capacidade antioxidante dos extratos aquosos obtidos pelas vias enzimática e etanólica.

Carvalho et al. (2012b) extraíram e caracterizaram a enzima pectinametilesterase (PME) concentrada e parcialmente purificada a partir de subprodutos da industrialização do abacaxi cv. Pérola, e os resultados permitiram demonstrar a viabilidade de extração e sua potencialidade como coadjuvante tecnológico para a indústria de polpas e sucos de frutas, uma vez que as enzimas utilizadas são importadas e de alto custo.

Ao verificarem a eficiência da obtenção de carotenoides a partir de extrato de bagaço do pedúnculo do caju, sob temperatura de 30°C e maceração por 1h com o auxílio de enzimas pectinolíticas, Barbosa et al. (2009) concluíram que a técnica mostrou-se eficiente, com ganho global na quantidade de pigmentos carotenoides 40,10% superior ao extrato obtido sem o uso do complexo enzimático.

Oliveira et al. (2012) extraíram e identificaram compostos voláteis em resíduos de casca e semente de maracujá, como neral, cinamato de metila, linalol, benzaldeído,  $\beta$ -ionona, ácido butanoico, entre outros, e concluíram que tais compostos podem ser extraídos na forma de aromas dos subprodutos, devido ao seu potencial para gerar essências naturais com valor agregado.

Subprodutos do processamento da acerola foram utilizados para a extração de compostos fenólicos em quatro diferentes solventes por Caetano et al. (2009), e após três ciclos de extração para cada solvente e em duas temperaturas (25°C e 50°C). O extrato

hidroacetônico (80%) proporcionou valores de 5.954,2 e 5.305,6  $\mu\text{g}$  em equivalente catequina. $\text{mL}^{-1}$  para as duas temperaturas, respectivamente.

Shui e Leong (2006) observaram que os antioxidantes obtidos a partir dos resíduos de carambola, quando comparados ao BHT (hidroxitolueno butilado), um dos antioxidantes sintéticos mais usados pela indústria alimentícia, foram mais eficazes em evitar a rancidez do óleo de soja.

Frente à elevada proporção de subprodutos de frutas advindos das agroindústrias processadoras de polpas, bem como a adoção de medidas que reduzam os impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada desses materiais, torna-se relevante investigar a qualidade e os componentes de valor nutricional, com vistas à sua recuperação e reutilização, pela indústria de alimentos.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, J.R.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; CASTRO, E.M. Histochemistry and morphoanatomy study on guava fruit during ripening. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n.1, p.179-186, 2012.
- AJILA, C. M.; RAO, L. J.; RAO, U. J. S. P. Characterization of bioactive compounds from raw and ripe *Mangifera indica* L. peel extracts. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 3406-3411, 2010.
- ALLARD, T.; WENNER, T. GRETEN, H. J.; EFFERTH, T. Mechanisms of herb-induced nephrotoxicity. **Current Medicinal chemistry**, Cambridge, v. 20, n. 22, p. 2812-2819, 2013.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. de A. C. e S.; FARO, Z. P. de. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, 2006.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, p. 128, 2011.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, p. 128, 2012.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 140p, 2014.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 108p, 2015.
- AQUINO, A. C. M. de S.; MÓES, R. S.; LEÃO, K. M. M.; FIGUEIREDO, A. V. D.; CASTRO, A. A. Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo *cookies* elaborados com farinha de resíduos de acerola. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n.3, p. 379-386, 2010.
- AYALA-ZAVALA, J.F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; PALAFOXCARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J.A.; SIDDIQUI, M.W.; DÁVILA-AVIÑA, J.E.; GONZALEZ-AGUILAR, G.A. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p. 1866-1874, 2011.
- BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, p. 191-203, 2006.
- BARBOSA, M. M.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S. de; RODRIGUES, R. D. P. Obtenção de compostos carotenoides extraídos de bagaço de pedúnculo de caju com auxílio de complexo enzimático pectinolítico. In: **Anais... XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos**, 2009.
- BARBOSA-FILHO, J. M.; ALENCAR, A. A.; NUNES, X. P.; TOMAZ, A. C. de A.; SENA-FILHO, J. G.; ATHAYDE-FILHO, P. F.; SILVA, M. S.; SOUZA, M. F. V. de; CUNHA, E.

V. L. da. Sources of alpha-, beta-, gamma-, delta- and epsilon-carotenes: A twentieth century review. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, vol. 18, n. 1, p. 135-154, 2008.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, vol. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BRASIL. 2000. **Instrução Normativa N° 01, de 7 de Janeiro de 2000**. Disponível em: [http://www2.agricultura.rs.gov.br/uploads/126989581629.03\\_enol\\_in\\_1\\_00\\_mapa.doc](http://www2.agricultura.rs.gov.br/uploads/126989581629.03_enol_in_1_00_mapa.doc). Acesso em janeiro 2014.

CAETANO, A. C. da S.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S.; ARAÚJO, C. R. de. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 2, p. 155-160, 2009.

CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. de. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Revista Polímeros**, v. 22, n. 2, p. 149-157, 2012.

CARVALHO, E. A.; MELO NETO, B. A. de; HOLSCHUH, H. J.; FRANCO, M.; SACRAMENTO, C. K. do. Extração e caracterização de pectinametilesterase (PME) de resíduos agroindustriais de abacaxi 'Pérola'. **Semina Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2257-2266, 2012b.

CARVALHO, P. G. B. de; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. de N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.

CARVALHO, S.; PIRES, C. C.; WOMMER, T. P.; PELEGRIN, A. C. R. S. de; MORO, A. B.; VENTURINI, R. S.; BRUTTI, D. D. Características da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes resíduos agroindustriais. **Revista Agrarian**, v. 05, n. 18, p. 409-416, 2012a.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 51p.

CHENG, F. C.; SHEN, S. C.; WU, J. S. B. Effect of guava (i L.) leaf extract on glucose uptake in rat hepatocytes. **Journal of Food Science**, v. 74, p.132-138, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COELHO, E. M.; VIANA, A. C.; AZEVÊDO, L. C. de. Prospecção tecnológica para o aproveitamento de resíduos industriais, com foco na indústria de processamento de manga. 2014. Disponível em: [https://www.portalseer.ufba.br%2Findex.php%2Fnit%2Farticle%2Fdownload%2F11566%2Fpdf\\_65&usg=AFQjCNG2ka9qKnNQItbPS8xKYh9Lt-F6Bw](https://www.portalseer.ufba.br%2Findex.php%2Fnit%2Farticle%2Fdownload%2F11566%2Fpdf_65&usg=AFQjCNG2ka9qKnNQItbPS8xKYh9Lt-F6Bw). Acesso em fevereiro de 2015.

CUNHA, A. M. da; ARAÚJO, R. D. de; MELLO, C. H.; BOEIRA, J. L. F. **Relatório de Acompanhamento Setorial: Frutas Processadas**. 2008. Disponível em: [http://www.funcex.org.br/material/redemercosul\\_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS\\_BRASIL/BRA\\_151.pdf](http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_BRASIL/BRA_151.pdf). Acesso em setembro de 2013.

DAMIANI, C.; ALMEIDA, A. C. S. de; FERREIRA, J.; ASQUIERI, E. R.; VILAS BOAS, E. V. de B.; SILVA, F. A. da. Doces de corte formulados com casca de manga. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 360-369, 2011.

DAMIANI, C.; SILVA, F. A. da; RODOVALHO, E. C.; BECKER, F. S.; ASQUIERI, E. R.; OLIVEIRA, R. A.; LAGE, M. E. Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 657-662, 2012.

DIÓGENES, A. de M. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUSA, A. B. B. de. Análise comparativa de polpas de manga ‘Haden’ integral e formulada. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 30-34, 2015.

FERREIRA, V. F.; SILVA, F. de C. da; FERREIRA, P. G. Carboidratos como fonte de compostos para a indústria de química fina. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1514-1519, 2013.

FERREIRA, S.; FERNANDES, P.; CARDOSO, S. M.; WESSEL, D. F. **Subprodutos agroindustriais**. 2015. Boletim de Biotecnologia. Disponível em: [http://www.researchgate.net/profile/Pedro\\_A\\_R\\_Fernandes/publication/282574614\\_Subprodutos\\_Agroindustriais/links/56128bf908ae4f0b651588d1.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Pedro_A_R_Fernandes/publication/282574614_Subprodutos_Agroindustriais/links/56128bf908ae4f0b651588d1.pdf). Acesso em janeiro de 2016.

FIGUEIREDO, P. Valorização de resíduos da indústria agro-alimentar através do desenvolvimento de ingredientes funcionais e nutracêuticos. **Studia**, vol.13, n.2, p. 79-88, 2010.

**FNIC** – Food and Nutrition Information Center. 2012. Disponível em: [http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Tables/RDA\\_AI\\_vitamins\\_elements.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf). Acesso em julho de 2014.

FONSECA, R. S.; DEL SANTO, V. R.; SOUZA, G. B.; PEREIRA, C. A. M. Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 61, n. 2, p. 216-223, 2011.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P. de; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 12, p. 2291-2295, 2013.

FREITAS, S. C. de; SILVA, T. dos S.; CARVALHO, P. G. B. de; TUPINAMBÁ, D. D.; KOAKUZU, S. N.; CARVALHO, A. V.; MOURA, C. F. H. **Procedimento operacional padrão para determinação de fibras solúveis e insolúveis**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2008. 19 p., (Embrapa Agroindústria Alimentos. Comunicado Técnico, 94).

GIORDANI JUNIOR, R.; CAVALI, J.; PORTO, M. O.; FERREIRA, E.; STACIWI, R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. de. Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**, v. 53, n. 1, p. 1-7, 2003.

GOMES, F. da S. Carotenóides: uma possível prevenção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 5, p. 537-548, 2007.

GOMES, F. de O.; SOUSA, M. de M.; SOUSA, L. M. C.; CARDOSO, J. R.; SILVA, R. A. da. Desenvolvimento de barras de cereais à base de farinha de albedo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Revista Acta Tecnológica**, v. 5, n. 2, p. 115-125, 2010.

GRUZ, A. P. G.; SILVA E SOUSA, C. G.; TORRES, A. G.; FREITAS, S. P.; CABRAL, L. M. C. Recuperação de compostos bioativos a partir do bagaço de uva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.4, p. 1147-1157, 2013.

GUTIERREZ, A. de S. D. **Evolução do consumo de frutas processadas**. 2012. Disponível em://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?view=article&catid=50. Acesso em 01 de junho de 2015.

GUTIÉRREZ, R. M. P.; MITCHELL, S.; SOLIS, R.V. *Psidium guajava*: e review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 117, p. 1-27, 2008.

HAIDA, K. S.; HAAS, J.; MELLO, S. A. de; HAIDA, K. S.; ABRÃO, R. M.; SAHD, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de goiaba (*Psidium guajava* L.) fresca e congelada. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 37-44, 2015.

HUBER, K.; QUEIROZ, J. H. de; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 06, n. 01, p. 640-654, 2012.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p. 97-108, 2008.

**IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**, 2006. Disponível em:  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=2&z=t&o=11&u1=1&u3=1&u4=3&u5=1&u6=1&u2=1>. Acesso em 08 de maio de 2012.

IBRAF – Instituto Brasileiro de Frutas. **Comparativo das exportações brasileiras de frutas processadas 2010/2009**. 2011. Disponível em://  
[http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Export\\_Processadas/Comparativo\\_das\\_Exporta%C3%A7%C3%B5es\\_Brasileiras\\_de\\_Frutas\\_Processadas\\_2010-2009.pdf](http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Export_Processadas/Comparativo_das_Exporta%C3%A7%C3%B5es_Brasileiras_de_Frutas_Processadas_2010-2009.pdf). Acesso em janeiro de 2015.

IHA, S. M.; MIGLIATO, K. F.; VELLOSA, J. C. R.; SACRAMENTO, L. V. S.; PIETRO, R. C. L. R.; ISAAC, V. L. B.; BRUNETTI, I. L.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, p.387-393, 2008.

ISABELLE, M.; LEE, B. L.; LIM, M. T.; KOH, W-P; HUANG, D.; ONG, C. N. Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. **Food Chemistry**, v. 123, p. 77-84, 2010.

ISHIMOTO, F. Y.; HARADA, A. I.; BRANCO, I. G.; CONCEIÇÃO, W. A. dos S.; COUTINHO, M. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. var. *flavicarpa* Deg.) para produção de biscoitos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 9, n. 2, p. 279-292, 2007.

- LOUSADA JUNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C. da; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.
- MARTIN, J. G. P.; MATTA JÚNIOR, M. D. da; ALMEIDA, M. A. de; SANTOS, T. dos; SPOTO, M. H. F. Avaliação sensorial de bolo com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 3, p. 281-287, 2012.
- MAX, B.; SALGADO, J. M.; RODRÍGUEZ, N.; CORTÉS, N.; CONVERTI, A.; DOMÍNGUEZ, J. M. Biotechnological production of citric acid. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 862-875, 2010.
- MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.57, n.2, 2007.
- MELO, E. de A.; ARAÚJO, C. R. de. Mangas das variedades espada, rosa e ‘Tommy Atkins’: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Revista Semina**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1451-1460, 2011.
- MELO, E. DE A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de; NASCIMENTO, R. J. do. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, vol. 44, n. 2, p. 193-201, 2008.
- MENDES, M. L. M.; BORA, P. S.; RIBEIRO, A. P. L. Propriedades morfológicas e funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga (*Mangifera indica* L.), variedade ‘Tommy Atkins’. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 76-84, 2012.
- MIRANDA, A. A.; CAIXETA, A. C. Á.; FLÁVIO, E. F.; PINHO, L. Desenvolvimento e análise de bolos enriquecidos com farinha da casca do maracujá (*Passiflora edulis*) como fonte de fibras. **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 2, p. 225-232, 2013.
- MOREIRA, F. G.; IERVOLINO, R. L.; DALL’ORTO, S. Z.; BENEVENTI, A. C. A.; OLIVEIRA FILHO, J. L. de; GÓIS, A. F. T. de. Intoxicação por carambola em paciente com insuficiência renal crônica: relato de caso. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 395-398, 2010.
- MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMINGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMINGUEZ, H.; NUNES, M. J.; PARAJO, J. C. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, n. 72, p. 145-172, 2001.
- NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.
- OLIVEIRA, L. C. de; SANTOS, J. A. B. dos; NARAIN, N.; FONTES, A. dos S.; CAMPOS, R. S. S.; SOUZA, T. L. Caracterização e extração de compostos voláteis de resíduos do processamento de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2280-2287, 2012.

PEREIRA, C. A. M. Efeito do processamento e estocagem na concentração de substâncias bioativas em alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 149-158, 2010.

PIENIZ, S.; COLPO, E.; OLIVEIRA, V. R. de; EESTEFANEL, V.; ANDREAZZA, R. Avaliação *in vitro* do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 552-559, 2009.

RIBEIRO, L. M. dos S. **Aproveitamento de subprodutos do processamento de abacaxi**. 2015. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar – Processamento de Alimentos) – Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides: tabela de composição de carotenóides em alimentos**. Brasília: MMA/SBF, 2008. 100 p.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: **Palestras... II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**. 2011. Disponível em: <http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/p12.pdf>. Acesso em setembro de 2013.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4p, (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 128).

SANTANA, M. F. S. **Caracterização físico-química de fibra alimentar de laranja e maracujá**. 2005. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

SANTANA, M. S. F.; SILVA, I. C. **Elaboração de biscoitos com resíduo da extração de suco de caju**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. (Comunicado Técnico 214), 2008. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27966/1/Com.Tec.214.pdf>. Acesso em: 03 maio. 2011.

SANTOS, R. C. dos; OLIVEIRA, G. B. de. Um estudo sobre o cultivo de frutas como alternativa de desenvolvimento do Submédio São Francisco. **Revista das Faculdades Santa Cruz**, v. 7, n. 02, p. 31-47, 2009.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds - recent developments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 12, n. 11, p. 401-413, 2001.

SENTANIN, M. A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Teores de carotenoides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.13-19, 2007.

SHUI, G.; LEONG, L. P. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidante nutraceuticals. **Food Chemistry**, v.97, p. 277-284, 2006.

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

SILVA, D. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; COSTA, J. M. C.; FONSECA, A. V. V. Estabilidade de componentes bioativos do suco tropical de goiaba não adoçado obtido pelos processos de enchimento a quente e asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p.237-243, 2010a.

SILVA, G. A. S.; CAVALCANTI, M. T.; ALMEIDA, M. C. B. de M.; ARAÚJO, A. dos S.; CHINELATE, G. C. B.; FLORENTINO, E. R. Utilização do amido da amêndoa da manga 'Tommy Atkins' como espessante em bebida láctea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1326-1332, 2013.

SILVA, I. F. B. da; SOUSA, B. A. de A.; BESERRA, A.; SILVA, W. A.; MEDEIROS, G. C. de A. Elaboração de biscoitos tipo cookies com farinha de resíduos do processamento de polpa de acerola. In: **Anais...** Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia da UEPB. 2012. Disponível em: [http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/f285d3b1e552c912666e6acc9ac23698\\_21.pdf](http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/f285d3b1e552c912666e6acc9ac23698_21.pdf). Acesso em setembro de 2013.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. dos S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Revista Semina**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010b.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. de J. M. da; LIMA, A. de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011.

SOUZA, H. A. de; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Avaliação agrônômica da aplicação do resíduo da indústria processadora de goiabas em pomar comercial de goiabeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 969-979, 2011.

SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F. R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p.33-36, 2008.

SUCUPIRA, N. R.; XEREZ, A. C. P.; SOUSA, P. H. M. de. Perdas vitamínicas durante o tratamento térmico de alimentos. **Unopar Científica**, v. 14, n. 2, p. 121-128, 2012.

TOLENTINO, V. R.; GOMES, A. **Processamento de vegetais: frutas / polpa congelada**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009. 22f. (Manual Técnico). Disponível em://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/12%20Processamento%20de%20Vegetais.pdf. Acesso em setembro de 2013.

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 388-394, 2007.

TAYLOR, M.; RAMSAY, G. Carotenoid biosynthesis in plant storage organs: recent advances and prospects for improving plant food quality. **Physiologia Plantarum**, v. 124, p. 143-151, 2005.

VALENTE, D. M. C. **Pesquisa da atividade antioxidante em subprodutos alimentares: conceito de sustentabilidade**. 2015. 84f. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências

Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências da Saúde. Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015.

VICENTE, A. R.; MANGANARIS, G. A.; SOZZI, G. O.; CRISOSTO, C. H. Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. In: FLORKOWSKI, W. J.; SHEWFELT, R. L.; BRUECKNER, B.; PRUSSIA, S. E. (edit.). **Postharvest Handling: A Systems Approach**. 2ªed. Elsevier. 2009. p. 57-106. Disponível em://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123741127000056. Acesso em setembro de 2013.

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. da S. Caracterização química de metabólitos secundários em germoplasma vegetal. In: **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 343-376.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, C. R.; FARIA, T.; AZEREDO, E. M. C. de. Aproveitamento integral de alimentos: desenvolvimento de bolos de banana destinados à alimentação escolar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v.11, n.1, p. 185-194, 2013.

ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional? **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 459-471, 2010.

## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DE FRUTAS E SUBPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE POLPAS INDUSTRIALIZADAS NO POLO PETROLINA-PE/JUAZEIRO-BA**

## RESUMO

O aumento no consumo mundial de frutas *in natura* e processadas é apontado como tendência recente que afeta diretamente a indústria de processamento de frutas, e como consequência, subprodutos biodegradáveis são gerados, requerendo esforços que vislumbrem a redução de impactos ambientais. A obtenção de produtos úteis como açúcares, ácidos, substâncias pécnicas e amido, são alguns exemplos de componentes amplamente utilizados na indústria de alimentos, com diferentes finalidades, e que podem ser recuperados a partir de subprodutos. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar as características físico-químicas e químicas de subprodutos de frutas tropicais, gerados no descascamento/despolpamento, em indústrias produtoras de polpas localizadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA. As frutas coletadas, com seus respectivos subprodutos, foram: abacaxis ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’; acerola, correspondendo à mistura das variedades Okinawa, Sertaneja e Flor Branca; carambola azeda, goiaba ‘Paluma’, mangas ‘Tommy Atkins’, ‘Keitt’ e ‘Palmer’; e maracujá-amarelo. As variáveis analisadas na matéria-prima e seus respectivos subprodutos foram: proporção em cada parte da fruta processada em relação ao subproduto gerado; atividade de água; teor de sólidos solúveis; acidez titulável; pH; teores de açúcares solúveis totais e redutores; e teores de amido e substâncias pécnicas totais. Os resultados das análises foram expressos em média  $\pm$  desvio-padrão. Os subprodutos representados pelas sementes das acerolas e casca do maracujá são fontes de pectina. Os altos teores de sólidos solúveis, açúcares solúveis e pectina nos subprodutos do processamento de manga correspondentes às cascas, bem como o alto conteúdo de amido exibido pelas amêndoas, de todas as cultivares, evidenciam o potencial selecionado desses subprodutos. Os subprodutos representados pelas cascas e amêndoas de todas as cultivares de manga destacaram-se, em relação aos demais subprodutos, no tocante às variáveis estudadas, sinalizando maiores oportunidades de aproveitamento, especialmente pela indústria de alimentos.

**Palavras-chave:** agroindústria; frutas tropicais; amido; pectina; subprodutos de mangas.

## ABSTRACT

The increase in world consumption of fresh fruits and processed is named as the recent trend that directly affects the fruit processing industry, and as a result, biodegradable by-products are generated, requiring efforts that aim to reduce environmental impacts. To obtain useful products such as sugars, acids, pectic substances and starch are examples of components widely used in the food industry, with different purposes and can be recovered from by-products. In this sense, the objective of this research was to evaluate the physicochemical and chemical characteristics of tropical fruit by-products generated in the stripping / pulping, in industries producing pulp located in Petrolina and Juazeiro-BA. Fruits collected, with their by-products, were: Pineapples 'Pearl' and 'Smooth Cayenne'; acerola, corresponding to the mixture of varieties Okinawa, Country and White Flower; carambola sour, guava 'Paluma' sleeves 'Tommy Atkins ', 'Keitt' and 'Palmer'; and passion fruit. The variables analyzed in the raw material and their by-products were: proportion in each of the fruit processed in relation to the generated by-product; water activity; soluble solids; titratable acidity; pH; levels of total and reducing sugars; and starch and total pectic. The test results were expressed as mean  $\pm$  standard deviation. The by-products represented by the seeds of acerola fruits and passion fruit peel are sources of pectin. The high content of soluble solids, soluble sugars and pectin in mango processing by-products corresponding to the shells and the high starch content displayed by almonds, all cultivars show the potential of these selected products. The by-products represented by shells and kernels all mango cultivars were compared to other by-products, in relation to the studied variables, indicating greater use of opportunities, especially for the food industry.

**Keywords:** agroindustry; tropical fruits; starch; pectin; mangos of byproducts.

## 1 INTRODUÇÃO

Os principais produtos industriais oriundos de frutas, comercializados no Brasil, são sucos, néctares, castanhas e polpas. O embarque brasileiro de frutas processadas totalizou 2.037 bilhões de toneladas, com volume 9,22% inferior ao enviado em 2013, e a importação representou 130,435 mil toneladas de frutas processadas em 2014, no valor de US\$ 407.244 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

O consumo mundial de frutas, *in natura* e processadas, é apontado como uma tendência que afeta diretamente a indústria de processamento de frutas. Alguns fatores são considerados indutores e facilitadores do consumo de frutas processadas, como a busca por alimentos mais saudáveis, que podem inclusive substituir a fruta fresca; a manutenção de um estilo de vida mais moderno, que exige a redução no tempo de preparo dos alimentos; e o aumento da diferenciação e da disponibilidade de produtos em termos de suas características nutritivas, sabores, formatos, tamanhos e embalagens (CUNHA et al., 2008).

A maioria dos produtos cultivados em terra arável é descartada como resíduos. Nessa área, a legislação europeia encoraja a redução da deposição de resíduos biodegradáveis e incentiva fortemente a recuperação, reciclagem e valorização desses materiais para obtenção de produtos úteis, em especial os subprodutos da indústria alimentar, por conterem elevados teores de compostos orgânicos e necessitem de tratamento para evitar poluição. Assim, a extração de produtos secundários úteis como proteínas, óleos, açúcares, vitaminas, corantes ou antioxidantes, pode ser uma alternativa interessante (FIGUEIREDO, 2010).

Descobrir ingredientes bioativos em produtos de baixo valor como os subprodutos agro-alimentares, num mercado global e extremamente competitivo, pode ser uma importante via para a valorização de subprodutos do processamento de frutas (FERREIRA et al., 2015). Açúcares, ácidos orgânicos, substâncias pécicas e amido são alguns exemplos de componentes amplamente utilizados na indústria de alimentos, com diferentes finalidades. A identificação e quantificação de atributos de qualidade possibilitam novos usos aos subprodutos, que outrora eram vistos como causadores de problemas ambientais e, por vezes, representavam custo operacional para as agroindústrias.

Um exemplo interessante é o uso de partes não comestíveis de frutas, como as cascas, para elaboração de produtos como bolos, pães, barras de cereais, pois além de minimizar os subprodutos gerados e incorporar nutrientes às preparações, melhora a aceitabilidade dos produtos finais (VIEIRA et al., 2013).

A extração de produtos úteis requer a caracterização inicial de componentes de qualidade, etapa decisiva para gerar informações relevantes acerca desses compostos nos subprodutos e, assim, viabilizar seu uso como aditivo alimentar ou, ainda, como substrato para biorrefinaria.

Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa foi determinar as características físico-químicas e químicas de subprodutos de frutas tropicais, gerados no descascamento/despulpamento, em indústrias produtoras de polpas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, foram avaliados os subprodutos agroindustriais gerados no processamento de frutas para a produção de polpas. O fluxograma geral para produção de polpas (Figura 1) inicia-se com a recepção e pesagem do material vegetal (Figura 2A), seguida de seleção (Figura 2B), lavagem (Figura 2C) e enxágue das frutas (Figura 2D), proporcionando, assim, a retirada de matéria-prima imprópria para o processamento e sua sanitização, antes de prosseguirem para a etapa de descascamento/corte. Logo após a retirada das partes não comestíveis, a polpa é refinada (Figura 2E), etapa caracterizada pelo aprimoramento do produto final (polpa), que segue para seu acondicionamento, envase (Figura 2F) e, por último, as polpas são congeladas e armazenadas em câmara fria, sob temperatura adequada.

Figura 1. Fluxograma geral das etapas do processamento de frutas nas indústrias de produção de polpas nas quais foram coletadas as amostras para estudo.



Fonte: TOLENTINO; GOMES (2009).

Figura 2. Etapas do processamento de frutas para a produção de polpas. (A) recepção e pesagem; (B) seleção; (C) lavagem; (D) enxágue; (E) corte/refinamento; (F) acondicionamento e envase.

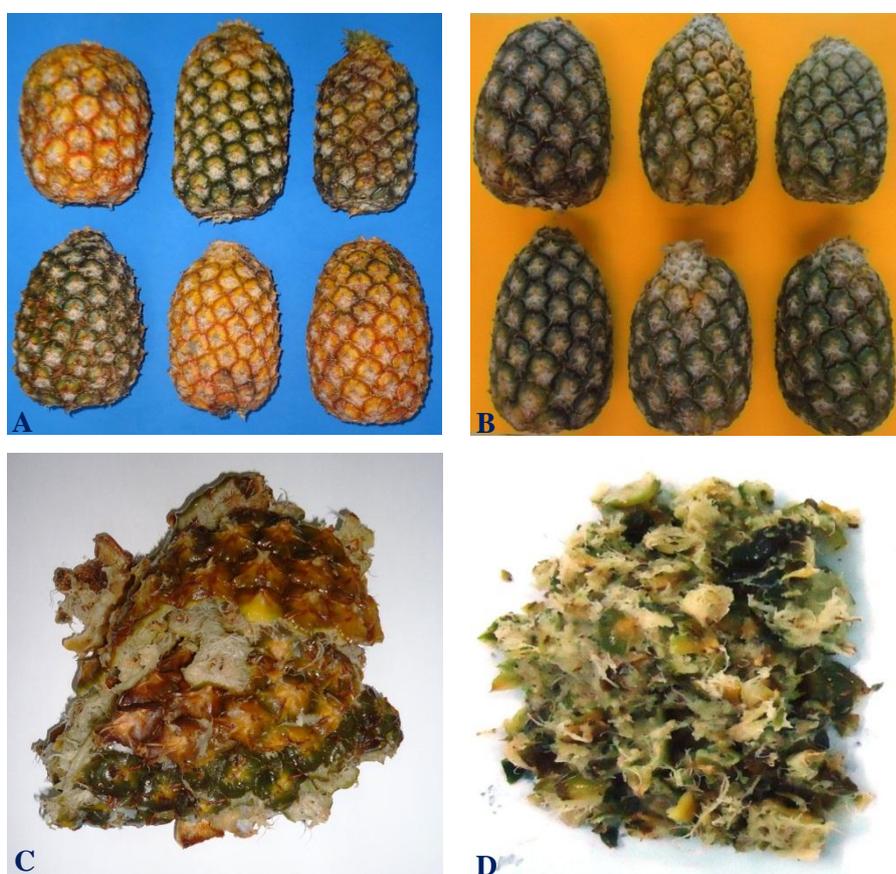


Fotos: Andreia Amariz.

As amostras, compostas das frutas *in natura* e dos respectivos subprodutos gerados na etapa de descascamento/corte, foram coletadas durante o processamento das matérias-primas em empresas localizadas na zona rural de Petrolina-PE e no distrito industrial de Juazeiro-BA. As empresas foram denominadas, aleatoriamente, de E1, E2 e E3, para prevenir associações diretas e quaisquer inconvenientes.

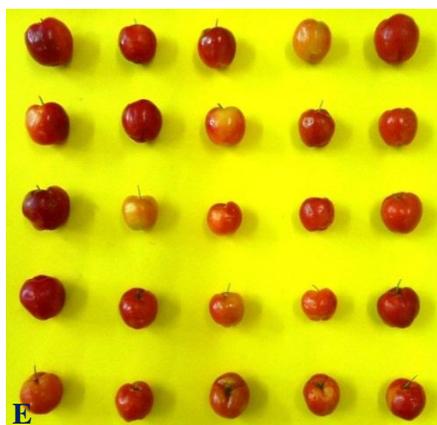
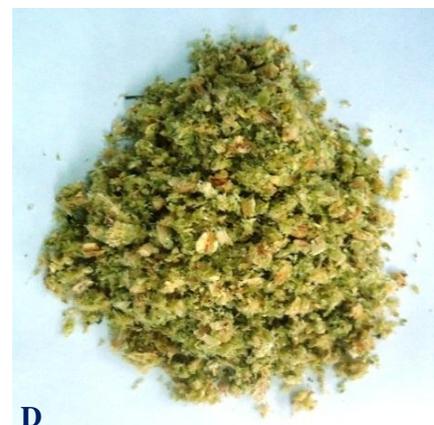
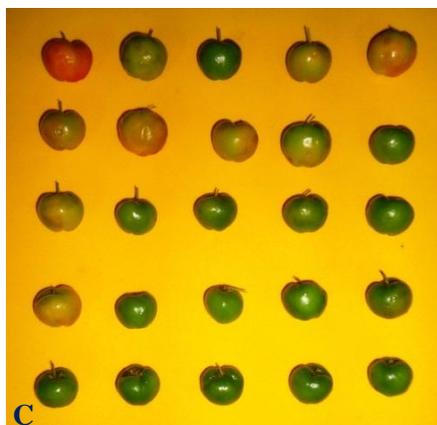
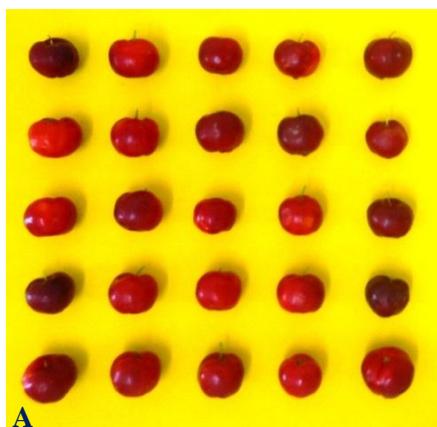
As frutas coletadas, com seus respectivos subprodutos, foram: abacaxis ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’ (Figura 3), pertencentes às empresas E2 e E3, respectivamente; acerola, com mistura das variedades Okinawa, Sertaneja e Flor Branca (Figura 4), para todas as empresas; carambola azeda (Figura 5), goiaba ‘Paluma’ (Figura 6), mangas ‘Tommy Atkins’ (Figura 7), ‘Keitt’ (Figura 8) e ‘Palmer’ (Figura 9); e maracujá-amarelo (Figura 10).

Figura 3. Abacaxis (A – ‘Pérola’ e B – ‘Smooth Cayenne’) e seus subprodutos correspondentes às cascas (C – ‘Pérola’ e D – ‘Smooth Cayenne’), provenientes de duas empresas de fabricação de polpa.



Fotos: Andreia Amariz.

Figura 4. Acerolas e seus subprodutos representados por sementes, provenientes das empresas E1 (A e B), E2 (C e D) e E3 (E e F), respectivamente.



Fotos: Andreia Amariz.

Figura 5. Carambola *in natura* (A) e seu subproduto, correspondente à mistura de casca e semente (B), provenientes da empresa E3.



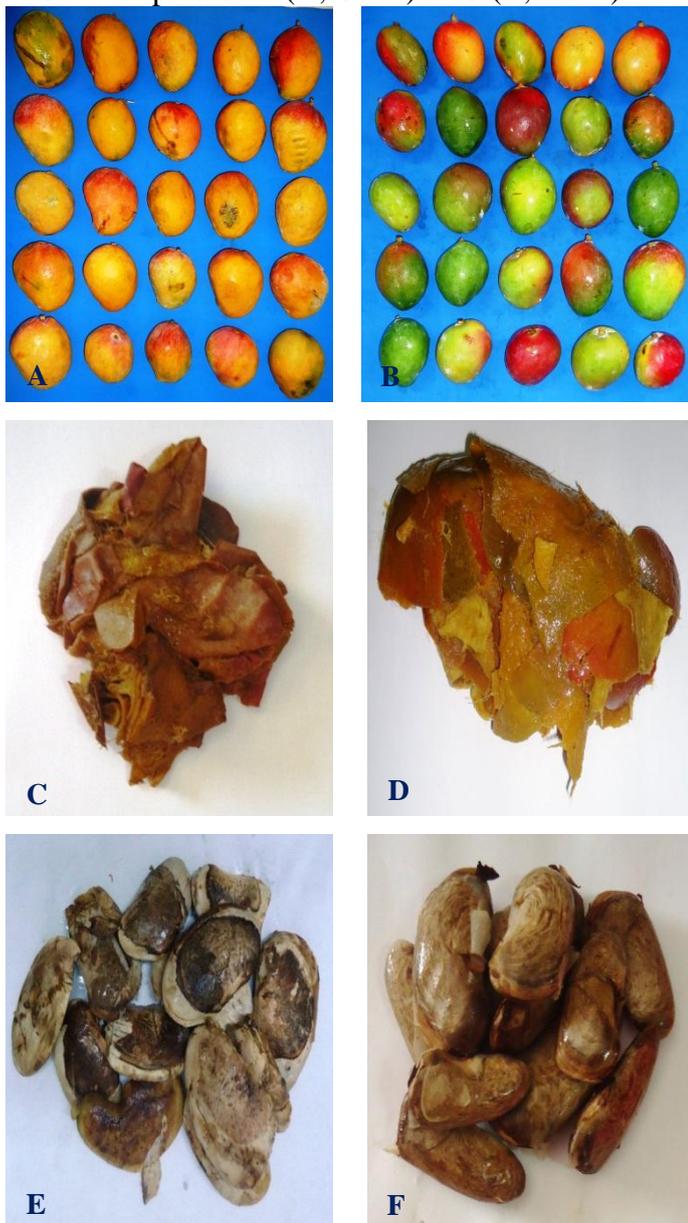
Fotos: Andreia Amariz.

Figura 6. Goiaba ‘Paluma’ *in natura* e seus subprodutos, correspondentes a sementes, provenientes das empresas E1 (A e C) e E3 (B e D).



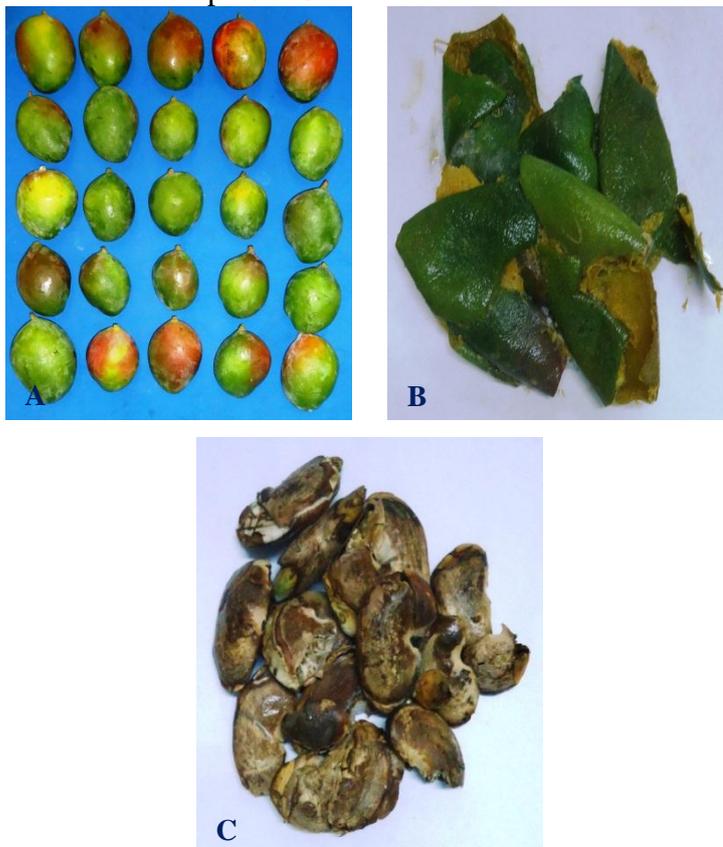
Fotos: Andreia Amariz.

Figura 7. Manga “Tommy Atkins” *in natura* e seus subprodutos, representados por cascas e amêndoas, provenientes das empresas E2 (A, C e E) e E3 (B, D e F).



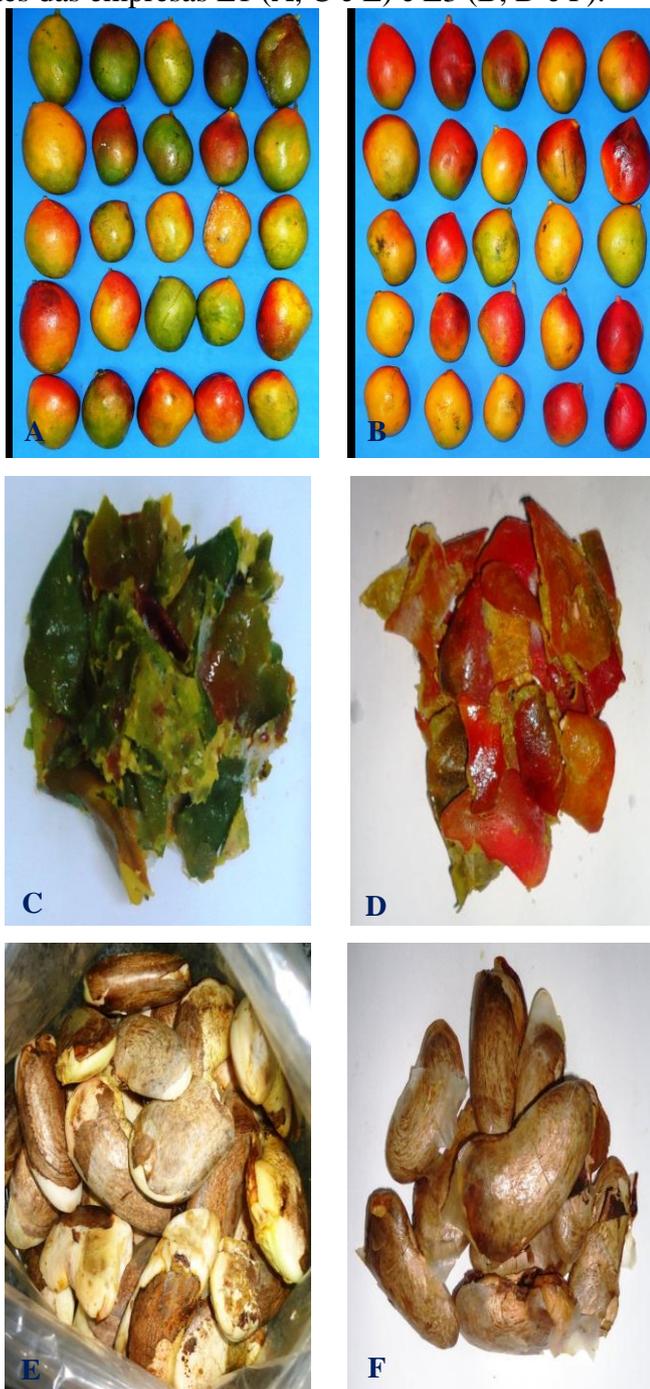
Fotos: Andreia Amariz.

Figura 8. Manga “Keitt” *in natura* (A) e seus subprodutos, correspondentes a cascas (B) e amêndoas (C), provenientes da empresa E3.



Fotos: Andreia Amariz.

Figura 9. Manga “Palmer” *in natura* e seus subprodutos, representados por cascas e amêndoas, provenientes das empresas E1 (A, C e E) e E3 (B, D e F).



Fotos: Andreia Amariz.

Figura 10. Maracujá-Amarelo *in natura* (A) e seus subprodutos, representados por cascas (B) e sementes (C), provenientes da empresa E3.



Fotos: Andreia Amariz.

É importante destacar que uma das empresas processa acerola no estágio de maturidade fisiológica, para produção de suco concentrado, que, posteriormente, é comercializado para extração de ácido ascórbico por outras empresas (transformação secundária), e tem etapas iniciais de processamento similares às acerolas destinadas à produção de polpas. Os estádios de maturação das matérias-primas bem como a constituição dos subprodutos estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das frutas *in natura* quanto à maturação, e dos seus respectivos subprodutos quanto à constituição em cascas e/ou sementes.

Fruta <i>in natura</i>	Empresa	Estádio de Maturação	Subproduto
Abacaxi ‘Pérola’	E2	Estádio 4 (amarelo: mais de 50% dos frutinhos completamente amarelos) <sup>1</sup>	Casca
Abacaxi ‘Smooth Cayenne’	E3	Estádio 2 (pintado: centro dos frutinhos amarelo) <sup>1</sup>	Casca
Acerola	E1	Madura (casca totalmente vermelha)	Semente
Acerola	E2	Maturidade Fisiológica (casca verde)	Semente
Acerola	E3	Madura (casca totalmente vermelha)	Semente
Carambola	E3	Madura <sup>2</sup>	Casca e Semente
Goiaba ‘Paluma’	E1	Estádio 4(casca amarela esverdeada) <sup>3</sup>	Semente
Goiaba ‘Paluma’	E3	Estádio 3 (casca verde amarelada) <sup>3</sup>	Semente com resquícios de polpa
Manga ‘Tommy Atkins’	E2	Estádio 5 (polpa 100% amarelada) <sup>4</sup>	Casca e Amêndoa
Manga ‘Tommy Atkins’	E3	Estádio 4 (polpa amarelada entre 75% e 100%) <sup>4</sup>	Casca e Amêndoa
Manga ‘Keitt’	E3	Estádio 5 (polpa 100% amarelada) <sup>4</sup>	Casca e Amêndoa
Manga ‘Palmer’	E1	Estádio 5 (polpa 100% amarelada) <sup>4</sup>	Casca e Amêndoa
Manga ‘Palmer’	E3	Estádio 4 (polpa 100% amarelada) <sup>4</sup>	Casca e Amêndoa
Maracujá Amarelo	E2	Madura (casca totalmente amarela, sem murcha)	Casca e Semente

Fontes: <sup>1</sup>MARTINS et al. (2012) <sup>2</sup>LAURENTI; CLEMENTE (2005) <sup>3</sup>CAVALINI et al. (2006)

<sup>4</sup>BRECHT et al. (2011).

Todo o material coletado foi imediatamente transportado em isopores até o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido. As matérias-primas passaram por avaliações físico-químicas, no mesmo dia da coleta, e suas partes comestíveis foram embaladas e armazenadas em freezer (-18°C), para as análises químicas. Os subprodutos também foram avaliados quanto aos caracteres físico-químicos, tendo sido armazenados em embalagens plásticas e congelados até o período de realização das demais análises. Para avaliar a qualidade, tanto das frutas quanto de seus subprodutos, foram analisadas as seguintes variáveis:

- ✓ Proporção: foram determinadas as proporções entre as massas dos frutos inteiros e de suas partes constituintes (casca e caroço/semente), em balança semi-analítica. Os valores foram expressos em porcentagem;
- ✓ Atividade de água ( $A_w$ ), através de medidor modelo pawkit Aqualab, apenas para os subprodutos;
- ✓ Teor de sólidos solúveis (SS), obtido em refratômetro digital, representado em °Brix (AOAC, 1992), e para os subprodutos sementes das mangas, foi diluída 1g de cada amostra em 1mL de água destilada, filtrada em algodão e logo após foi realizada a leitura;
- ✓ Acidez titulável (g de ácido predominante.100 mL<sup>-1</sup>): por meio de titulação com solução de NaOH 0,1N, usando solução de hidróxido de sódio a 0,1 N e fenolftaleína como indicador (IAL, 1985);
- ✓ pH, determinado através de pHmetro, com imersão do eletrodo diretamente na amostra (AOAC, 1992), e para os subprodutos sementes das mangas, diluiu-se 1g de amostra em 10 mL de água destilada, para posterior determinação;
- ✓ Teores de açúcares solúveis totais (g.100 g<sup>-1</sup>): extração em água destilada ou álcool etílico 80% na primeira diluição, e uma segunda diluição, apenas com água destilada, com quantificação utilizando o reativo antrona para a hidrólise ácida das hexoses (YEMN; WILLIS, 1954);
- ✓ Teores de açúcares redutores – AR (g.100g<sup>-1</sup>): extração em água destilada, doseamento com o reagente DNS (MILLER, 1959);
- ✓ Teor de amido (g.100 g<sup>-1</sup>), com extração utilizando hidrólise ácida e o doseamento descrito por MILLER (1959);
- ✓ Substâncias pécticas totais (mg.100g<sup>-1</sup>): seguindo extração descrita por McReady e MacComb (1952) e doseamento segundo Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos representados pelas frutas *in natura* e seus respectivos subprodutos. As matérias-primas foram constituídas por quatro repetições, cada uma com 25 frutos, exceto o abacaxi,

para o qual cada repetição continha 6 frutos. Os subprodutos também foram representados por quatro repetições, cada uma contendo aproximadamente 2kg de material. Os resultados das análises foram expressos em média  $\pm$  desvio-padrão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As proporções, em relação ao volume total, dos subprodutos representados pelas amêndoas de todas as cultivares de manga e pelas sementes de maracujá, variaram entre 12,1% e 14%, e representaram os menores percentuais (Tabela 2). A maior proporção foi observada no subproduto correspondente à casca do maracujá amarelo, com 51,1% gerado no processamento.

Tabela 2. Proporção das partes constituintes (%) e Atividade de Água –  $A_w$  de subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

Material Vegetal	Tipo	Proporção	$A_w$
Abacaxi E2	SC	40,23 ± 3,42	0,86 ± 0,01
Abacaxi E3		39,10 ± 1,01	0,80 ± 0,01
Acerola E1	SS	23,16 ± 0,99	0,93 ± 0,00
Acerola E2		38,83 ± 3,13	0,76 ± 0,01
Acerola E3		22,64 ± 3,08	0,91 ± 0,03
Carambola E3	SC	43,10 ± 3,36	0,88 ± 0,02
Goiaba E1	SS	29,51 ± 1,13	0,92 ± 0,01
Goiaba E3		29,71 ± 1,14	0,94 ± 0,00
Manga ‘Tommy Atkins’ E2	SC	18,65 ± 1,33	0,96 ± 0,01
	SA	12,93 ± 1,47	0,91 ± 0,01
Manga ‘Tommy Atkins’ E3	SC	27,03 ± 1,99	0,92 ± 0,01
	SA	12,13 ± 0,53	0,91 ± 0,01
Manga ‘Keitt’ E3	SC	27,40 ± 2,24	0,93 ± 0,01
	SA	14,00 ± 1,12	0,90 ± 0,01
Manga ‘Palmer’ E1	SC	16,70 ± 1,00	0,94 ± 0,01
	SA	12,55 ± 0,76	0,90 ± 0,01
Manga ‘Palmer’ E3	SC	15,70 ± 0,47	0,90 ± 0,03
	SA	14,03 ± 0,26	0,89 ± 0,01
Maracujá E2	SC	51,13 ± 1,35	0,89 ± 0,03
	SS	13,95 ± 1,74	0,95 ± 0,01

Diante do expressivo percentual do subproduto representado pela casca do maracujá observado nessa pesquisa (Tabela 2), torna-se essencial o aproveitamento desses subprodutos, especialmente pela redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado, ou ainda, indicando alternativas de uso, como extração de componentes estruturais, a exemplo da

pectina, ou ainda, como matéria-prima para produção de doce em calda (FERRARI et al., 2004).

Oliveira et al. (2002), ao estudarem o aproveitamento alternativo de casca de maracujá amarelo para produção de doce, verificaram as massas das partes constituintes dos frutos e observaram que as cascas compreendiam 53% do fruto e as sementes, 20,9%. Cascas e sementes de maracujá corresponderam a 50,3% e 26,2%, valores médios obtidos por Ferrari et al. (2004), ao caracterizarem subprodutos da industrialização para aproveitamento das sementes, o que indica semelhança entre os resultados expressos para a casca do presente trabalho.

Sementes de acerola, que representaram os subprodutos das empresas E1 e E3, apresentaram valores similares, diferenciando-se do material da empresa E2, cuja proporção, em relação à massa total dos frutos, foi 60% superior (Tabela 2). É importante salientar que o contraste pode estar associado ao estágio de maturação do subproduto da empresa E2, que requer frutos no início da maturidade fisiológica, diferentemente dos frutos para a produção de polpas, que devem apresentar características organolépticas e de tamanho apropriadas ao consumo *in natura*.

Os subprodutos correspondentes às cascas do processamento das mangas ‘Tommy Atkins’, pertencentes à empresa E2, e ‘Palmer’, provenientes das empresas E1 e E3, expressaram menores valores para a proporção quando comparados aos subprodutos representados pelas sementes dos mesmos materiais (Tabela 2). Os subprodutos das mangas e do maracujá, representados pelas amêndoas e sementes, respectivamente, mostraram valores médios de até 14,03%. Mendes et al. (2012) destacaram que durante o processamento industrial da manga, aproximadamente 40% a 60% desse fruto são perdidos e que 12% a 15% constituem-se de casca, e 15% a 20% de caroço. Valores máximos na faixa de 27% foram obtidos pelos subprodutos representados pelas cascas das mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Keitt’ gerados pela empresa E3, que superam o percentual reportado por Serna-Cock e Torres-León (2015), que foi de 13,5% e 16,1% para as mesmas cultivares.

Desde o início da maturidade fisiológica até o ponto apropriado para o consumo, os frutos apresentam características distintas, sendo o primeiro estágio caracterizado por reações de síntese e acúmulo de substâncias. Por sua vez, do estágio adequado para o consumo até à senescência, são desencadeadas reações, em sua maioria, de degradação, a exemplo da parede

celular, que associadas à perda de água, podem ocasionar a redução de tamanho das partes do fruto, a exemplo da casca e da polpa (CHITARRA; CHITARRA, 2005; FREITAS et al., 2006; SILVA, 2014).

Em manga, a proporção entre polpa, casca e caroço é fortemente influenciada pela cultivar (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Vale ressaltar que os rendimentos podem variar, uma vez que a eficiência do maquinário utilizado na etapa de descascamento ou corte, pode gerar quantidades substanciais de subprodutos ainda com elevado conteúdo de polpa não aproveitada.

A atividade de água observada no subproduto do abacaxi processado pela empresa E3 apresentou valor abaixo de 0,85, considerado intermediário (Tabela 2). Para esse subproduto, especificamente, a etapa de descascamento produz um resíduo desintegrado, composto por pedaços diminutos de casca e fibras, o que facilita a prensagem e a maior extração do suco. Ao contrário, o subproduto de abacaxi obtido pela empresa E2, caracteriza-se por cascas íntegras nessa fase, e, portanto, com maior conteúdo de água livre.

O subproduto da acerola gerado pela empresa E2 caracterizou-se por menor  $A_w$ , o que deve estar relacionado à exigência, por parte da empresa processadora, de frutos no início da maturação para a obtenção de ácido ascórbico, por apresentarem elevado teor desse micronutriente e menor conteúdo de água (Tabela 2). As reações de síntese e acúmulo dos compostos que tornarão o fruto apto para o consumo, como também o aumento no tamanho, só ocorrerão no decorrer da maturidade, o que pode explicar a menor  $A_w$  do subproduto representado pelas sementes da acerola processada pela empresa E2.

Para os demais subprodutos, a atividade de água é elevada, o que pode facilitar a extração de compostos de interesse por processos biológicos, ao utilizarem microrganismos que necessitam da água livre como veículo das reações. Atividade de água elevada foi indicada por Lemos et al. (2013), que registrou valores de 0,99 em material fresco de casca de manga cv. Haden. Lemos et al. (2010) destacaram que os microrganismos não se desenvolvem sem que haja “água livre” no alimento e materiais com baixa atividade de água reduzem os riscos de deterioração microbiana. Tal característica é interessante quando o objetivo é utilizar os subprodutos como aditivos alimentares.

De maneira geral, os subprodutos apresentaram valores aproximados de sólidos solúveis quando comparados às partes comestíveis das respectivas matérias-primas, exceto

para os subprodutos correspondentes às amêndoas de todas as cultivares de manga, às sementes da acerola processada pela empresa E2, e às cascas de abacaxi e maracujá processados também pela empresa E2 (Tabela 3). As médias para os teores de sólidos solúveis variaram entre 6,4 e 16,8 °Brix para as matérias-primas, e 6,3-17,1°Brix e 5-11,3°Brix para os subprodutos representados por cascas e sementes, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Teor de sólidos solúveis – TSS (°Brix), acidez titulável – AT (g de ácido predominante.100 mL<sup>-1</sup>) e pH, da matéria-prima (MP) e subprodutos, correspondentes a cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

Material vegetal	Tipo	TSS	AT	pH
Abacaxi E2	MP	15,0 ± 1,53	0,70 ± 0,03	3,70 ± 0,21
	SC	12,4 ± 1,9	1,35 ± 0,21	3,48 ± 0,21
Abacaxi E3	MP	12,7 ± 0,29	0,72 ± 0,03	3,80 ± 0,01
	SC	12,2 ± 0,3	0,73 ± 0,03	3,69 ± 0,14
Acerola E1	MP	8,5 ± 0,73	1,60 ± 0,16	2,66 ± 0,06
	SS	8,1 ± 0,5	1,88 ± 0,31	2,65 ± 0,23
Acerola E2	MP	6,9 ± 0,17	1,54 ± 0,03	3,29 ± 0,04
	SS	1,4 ± 0,1	0,81 ± 0,12	3,60 ± 0,12
Acerola E3	MP	7,6 ± 0,43	1,53 ± 0,09	3,20 ± 0,04
	SS	7,4 ± 0,4	1,50 ± 0,13	3,60 ± 0,29
Carambola E3	MP	6,4 ± 0,34	0,82 ± 0,09	1,92 ± 0,03
	SC	6,3 ± 0,3	0,78 ± 0,06	1,96 ± 0,10
Goiaba E1	MP	10,4 ± 0,31	0,57 ± 0,16	3,35 ± 0,07
	SS	9,9 ± 0,2	0,65 ± 0,10	3,25 ± 0,17
Goiaba E3	MP	8,8 ± 0,83	0,81 ± 0,02	3,47 ± 0,29
	SS	7,4 ± 0,4	0,78 ± 0,06	3,60 ± 0,35
Manga ‘Tommy Atkins’ E2	MP	12,7 ± 0,19	0,42 ± 0,11	3,68 ± 0,22
	SC	12,9 ± 0,4	0,43 ± 0,06	3,46 ± 0,34
	SA	5,0 ± 0,3	0,76 ± 0,04	5,24 ± 0,19
Manga ‘Tommy Atkins’ E3	MP	12,1 ± 0,78	0,40 ± 0,11	3,49 ± 0,08
	SC	12,3 ± 0,6	0,37 ± 0,10	3,44 ± 0,13
	SA	6,2 ± 0,5	0,77 ± 0,02	5,50 ± 0,22
Manga ‘Keitt’ E3	MP	13,2 ± 0,68	0,20 ± 0,04	3,48 ± 0,07
	SC	13,1 ± 0,3	0,21 ± 0,03	3,68 ± 0,23
	SA	5,6 ± 1,3	0,73 ± 0,06	5,65 ± 0,13
Manga ‘Palmer’ E1	MP	16,8 ± 0,78	0,38 ± 0,07	4,22 ± 0,15
	SC	17,1 ± 0,2	0,42 ± 0,03	4,27 ± 0,05
	SA	5,4 ± 0,17	0,62 ± 0,18	5,19 ± 0,19
Manga ‘Palmer’ E3	MP	16,3 ± 0,56	0,42 ± 0,03	4,30 ± 0,25
	SC	15,8 ± 0,4	0,55 ± 0,03	4,38 ± 0,16
	SA	5,4 ± 0,5	0,62 ± 0,04	5,51 ± 0,37
Maracujá E2	MP	12,1 ± 0,74	4,15 ± 0,30	3,69 ± 0,01
	SC	7,0 ± 0,4	0,75 ± 0,03	4,57 ± 0,07
	SS	11,3 ± 0,4	1,78 ± 0,04	4,27 ± 0,02

Subprodutos de manga ‘Haden’, constituídos de cascas, foram avaliados por Lemos et al. (2013) quanto ao teor de sólidos solúveis presentes em material fresco, observando média de 14,3°Brix, enquadrando-se na faixa encontrada nesse trabalho, que foi de 12,3 a 17,1°Brix para os subprodutos representados pelas cascas de mangas das cultivares ‘Tommy Atkins’, ‘Keitt’ e ‘Palmer’.

Os subprodutos correspondentes à casca do abacaxi processado pela Empresa E2 mostrou teor de SS inferior à matéria-prima, possivelmente por terem sido utilizados no processamento frutos no estágio de maturação intermediário para a cultivar. Apesar de diferir em relação à matéria-prima, o teor de 12,4°Brix foi superior ao citado por Lemos et al. (2010) para subproduto do abacaxi ‘Pérola’, cujo teor de SS foi de 9,7°Brix.

Para os subprodutos das goiabas, houve variação similar entre as partes comestíveis e as sementes quando foram comparadas as duas empresas, porém, apresentaram diferenças quanto às matérias-primas processadas (Tabela 3). A matéria-prima do processamento de goiaba da empresa E3 encontrava-se em estágio 3 de maturação, caracterizado por coloração externa verde-amarelada, já as goiaba processadas pela empresa E1 estavam no estágio 4 de maturação. Apesar de tratar-se da mesma variedade, a Paluma, os atributos relacionados à qualidade, a exemplo do teor de SS, diferem no decorrer do amadurecimento, especialmente em frutos climatéricos, o que resultou no maior acúmulo de sólidos solúveis nos frutos do estágio 4 processado pela empresa E1, e seus respectivos subprodutos representados pelas sementes.

Kohatsu et al. (2009) caracterizaram cascas, polpas e miolos (parte central constituída, na sua maioria, de sementes) de goiaba ‘Paluma’ em diferentes estágios de maturação e detectaram valores de 10,2°Brix para o miolo maduro, similar ao encontrado para o subproduto correspondente à semente de goiaba da empresa E1.

O subproduto constituído pela semente do maracujá pertencente à empresa E2 obteve o maior teor de sólidos solúveis entre os subprodutos representados por sementes, enquanto que os menores valores corresponderam aos subprodutos representados por sementes de acerola da empresa E2 e às amêndoas de todas as mangas (Tabela 3). Ao comparar os subprodutos correspondentes a casca e semente do maracujá, verificou-se menor teor de SS para as cascas, o que pode estar associado à menor solubilidade e despolimerização das

substâncias pécnicas durante a maturação da maioria dos frutos, e conseqüentemente, redução dos componentes solúveis (SILVA, 2014).

Os sólidos solúveis são constituídos basicamente de açúcares simples e ácidos orgânicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo constituintes minoritários nas amêndoas das mangas, que representam cotilédones volumosos, compostos essencialmente de amido, uma reserva energética degradada e posteriormente consumida pelo embrião durante o processo germinativo, e que também dá suporte ao crescimento inicial da plântula da espécie.

Os frutos de acerola processados pela empresa E2 encontravam-se no início da maturidade fisiológica, cuja composição em água é notadamente inferior quando comparados aos frutos maduros. Tal característica foi observada no subproduto, que resultou no menor valor de sólidos solúveis (Tabela 3). Braga et al. (2012) encontraram teores de sólidos solúveis entre 2,4 e 5°Brix para subprodutos de acerola na maturidade fisiológica e madura, respectivamente. Esses teores podem variar com o processamento aplicado na extração da polpa, fatores climáticos, variedade do fruto, tipos de solo e diversos outros fatores agrônômicos (UCHOA et al., 2008).

As matérias-primas e os subprodutos correspondentes às cascas das mangas apresentaram valores médios próximos para a acidez titulável (Tabela 3). Lemos et al. (2013) obtiveram 0,09% de ácido cítrico para casca de manga cv. Haden, abaixo dos valores verificados nessa pesquisa.

Os valores de acidez titulável foram próximos a 0,70g de ácido cítrico.100 mL<sup>-1</sup>, para os subprodutos correspondentes às cascas do abacaxi E3, da carambola E3 e do maracujá E2, bem como os subprodutos representados pelas sementes das goiabas E1 e E3 e das amêndoas de todas as cultivares de mangas (Tabela 3). Amêndoa de manga, subproduto da variedade Ubá, foi estudada por Andrade et al. (2014) quanto à acidez titulável, que expressou valor de 2,64 g ácido cítrico.100g<sup>-1</sup>, destacando, assim, a importância desse subprodutos por possuir quantidades elevadas de ácidos orgânicos.

Maiores médias de acidez para subprodutos semente de goiaba e casca de maracujá, foram observadas por Uchoa et al. (2008) ao avaliarem parâmetros físico-químicos de pós alimentícios advindos de subprodutos de frutas tropicais. O aumento nos valores, observado pelos autores, foi de 1,21 e 1,28 g ácido cítrico.100g<sup>-1</sup>, decorrente do efeito da concentração dos ácidos após a secagem dos materiais em estufa a 65°C.

Os subprodutos representados por sementes de acerola processadas das empresas E1 e E3, assim como de maracujá E2, evidenciaram os maiores valores de acidez dos subprodutos 1,88, 1,50 e 1,78 g de ácido cítrico. 100 mL<sup>-1</sup>. A acidez titulável foi avaliada por Braga et al. (2012) em subprodutos de acerola verde e madura, registrando-se médias variando entre 0,61 e 0,40, sendo consideradas normais em virtude do aumento do teor de SS e diminuição da acidez, associados ao amadurecimento e à utilização de ácidos como substrato para o processo respiratório dos frutos.

O subproduto corresponde à casca do abacaxi da cultivar Pérola, processado pela empresa E2, exibiu acidez de 1,35g de ácido cítrico.100 mL<sup>-1</sup>, em consequência do estágio de maturação intermediário dos frutos (Tabela 3). A acidez de subproduto representado pela casca de abacaxi ‘Pérola’ foi avaliado por Lemos et al. (2010), que observaram valores de 0,28% para o material *in natura*, e 2,76%, para o subproduto desidratado. Subproduto de goiaba obtido após processamento das frutas no laboratório de Tecnologia de Frutas e Hortaliças da Universidade Nacional da Colômbia, foi avaliado por Ordoñez-Santos et al. (2014), que identificaram teor de ácido cítrico menor que o obtido nesse trabalho, de 0,41%, o que pode estar associado ao tipo de processamento executado pelos autores.

O pH mede a concentração de H<sup>+</sup> de um alimento ou solução. Geralmente, quanto mais elevada a concentração de H<sup>+</sup> (caráter ácido), menor é o pH, sendo este um fator de fundamental importância na limitação dos diferentes microrganismos capazes de se desenvolverem no material, tendo em vista seu uso como alimento (LEMOS et al., 2010). Para a variável pH, os subprodutos representados pelas amêndoas de todas as cultivares de mangas e pela casca do maracujá advindo da empresa E2, foram classificados como pouco ácidos, por expressarem valores acima de 4,5 (Tabela 3). Cavalcanti et al. (2011), ao estudarem a composição centesimal da amêndoa da manga ‘Espada’, observaram pH de 5,63.

Caracterização físico-química foi realizada em amêndoas de variedades de manga cultivadas em regiões ocidentais da Nigéria, onde foram observados valores de pH entre 4,10 para ‘Mabranka’ e 5,80 para ‘Oori’ (KAYODE et al., 2013). Os valores obtidos no presente estudo foram próximos aos obtidos nessa pesquisa.

Os subprodutos representados por semente de maracujá proveniente da empresa E2 e cascas das mangas ‘Palmer’ processadas pelas empresas E1 e E3, bem como as matérias-primas, exibiram pH entre 4,0 e 4,5, materiais considerados ácidos. Lemos et al. (2013)

estudaram parâmetros químicos, físicos e físico-químicos de subprodutos de manga cv. Haden e o resultado referente às cascas para o pH foi de 4,46, evidenciando caráter ácido (pH 4,5 a 4,0), o que facilita a conservação e armazenamento.

As demais matérias-primas analisadas e seus subprodutos foram agrupados como muito ácidos, cuja faixa está abaixo de 4,0 (Tabela 3). As cascas que representaram os subprodutos de abacaxi das cultivares Pérola e Jupi, estudadas por Lemos et al. (2010), exibiram pH entre 3,84 e 3,75, sendo consideradas bastante ácidas.

Subprodutos de acerolas, na maturidade fisiológica e maduros, foram avaliados quanto ao pH por Braga et al. (2012), e valores de 3,12 e 3,27 foram observados, com mínima variação no decorrer da maturação das matérias-primas. O pH de 3,54 encontrado em subproduto de acerola cedido por indústria petrolinense de beneficiamento de frutas, mostra que esse material pode ser classificado como ácido, sendo essa faixa de pH ideal para o desenvolvimento das atividades metabólicas de fungos filamentosos (MÉLO et al., 2014).

Para alguns frutos, o amadurecimento provoca alterações nos teores de ácidos, por servirem de substrato respiratório e assim aumentam o pH, ou ainda, em decorrência da degradação de substâncias pécnicas da parede celular, liberando ácido galacturônico, que pode reduzir o pH do material (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Pereira (2009), ao avaliar os subprodutos de goiaba para aproveitamento em formulações de geleia, relatou pH de 4,86, e Ordoñez-Santos et al. (2014) mostraram pH de 4,29 para o mesmo subproduto. Resultado similar foi encontrado por Uchoa et al. (2008) para pós obtidos de subprodutos derivados de goiaba e do maracujá, com pH 4,60 e 4,17, respectivamente.

Para uso de subprodutos de goiaba como matérias-primas para produção de geleia, Pereira (2009) explicou que o pH assume importante papel no processo de geleificação, por ocorrer entre pH 3,0 e 3,4. Valores inferiores a essa faixa inibem a formação do gel, uma vez que o excesso de ácido enfraquece as fibras da rede e valores superiores necessitam da adição de acidulantes para que o processo seja desenvolvido.

Os açúcares solúveis totais responderam por mais de 80% do teor de SS na maioria das matérias-primas, exceto para as acerolas e para o maracujá processado na empresa E2,

cujas médias foram inferiores a 50% (Tabela 4), o que pode ter associação aos valores elevados de acidez, uma vez que os ácidos orgânicos também compõem os sólidos solúveis.

Tabela 4. Teores de Açúcares Solúveis Totais – AST (g.100 g<sup>-1</sup>) e Açúcares Redutores – AR (g.100 g<sup>-1</sup>) da matéria-prima (MP) e subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

Material vegetal	Tipo	AST	AR
Abacaxi E2	MP	13,88 ± 1,72	3,02 ± 0,73
	SC	6,30 ± 1,27	2,61 ± 0,37
Abacaxi E3	MP	11,88 ± 0,21	2,95 ± 0,08
	SC	8,78 ± 0,64	4,50 ± 0,52
Acerola E1	MP	3,86 ± 0,18	2,28 ± 0,29
	SS	3,07 ± 0,29	2,24 ± 0,42
Acerola E2	MP	3,53 ± 0,04	3,34 ± 0,02
	SS	0,40 ± 0,01	0,12 ± 0,35
Acerola E3	MP	3,51 ± 0,12	3,39 ± 0,36
	SS	2,93 ± 0,23	2,00 ± 0,24
Carambola E3	MP	4,64 ± 0,16	4,23 ± 0,61
	SC	4,06 ± 0,12	4,01 ± 0,31
Goiaba E1	MP	9,41 ± 0,77	8,35 ± 0,37
	SS	3,65 ± 0,41	3,25 ± 0,16
Goiaba E3	MP	6,11 ± 0,39	5,63 ± 0,35
	SS	3,42 ± 0,35	2,90 ± 0,31
Manga ‘Tommy Atkins’ E2	MP	11,99 ± 2,67	4,38 ± 0,69
	SC	8,83 ± 0,26	4,43 ± 0,41
	SA	2,51 ± 0,29	2,31 ± 0,17
Manga ‘Tommy Atkins’ E3	MP	9,96 ± 0,81	4,83 ± 0,17
	SC	9,04 ± 0,56	5,83 ± 0,91
	SA	1,78 ± 0,19	1,21 ± 0,28
Manga ‘Keitt’ E3	MP	11,36 ± 0,71	5,55 ± 0,30
	SC	6,51 ± 0,22	6,21 ± 1,29
	SA	2,31 ± 0,22	2,13 ± 0,28
Manga ‘Palmer’ E1	MP	13,31 ± 0,50	4,63 ± 0,26
	SC	7,20 ± 0,42	5,80 ± 0,14
	SA	3,20 ± 0,37	2,82 ± 0,19
Manga ‘Palmer’ E3	MP	11,64 ± 0,42	5,31 ± 0,17
	SC	7,02 ± 1,05	6,04 ± 0,15
	SA	3,33 ± 0,18	2,70 ± 0,03
Maracujá E2	MP	5,81 ± 1,07	2,88 ± 0,78
	SC	2,96 ± 0,14	2,11 ± 0,19
	SS	2,95 ± 0,28	2,01 ± 0,23

Os subprodutos representados pelas amêndoas de todas as cultivares de mangas e sementes das acerolas e goiabas gerados pelas empresas E1 e E3, e sementes do maracujá da

empresa E2 mostraram valores entre 1,78 e 3,65 g.100g<sup>-1</sup> de açúcares solúveis totais (Tabela 4). Tais valores são aceitáveis para sementes, uma vez que o carboidrato predominante, de forma geral, é o amido.

Pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais foram avaliados por Uchoa et al. (2008), que citaram valores de 5,31 e 8,30 g.100g<sup>-1</sup> de açúcares totais em subproduto de goiaba e casca de maracujá. Costa (2012) avaliou subprodutos de acerola em dois estádios de maturação e gerados em três etapas do processamento. A autora obteve, para os subprodutos provenientes de frutos maduros, valores de AST maiores, de 6,57 e 5,86 g.100g<sup>-1</sup> para os subprodutos gerados nas etapas de processamento denominadas triturador e despoldadora.

Os subprodutos correspondentes às sementes da acerola gerados na empresa E2 caracterizaram-se por menor teor de AST, em concordância com o menor teor de sólidos solúveis (Tabela 4). Costa (2012) encontrou teor de AST similar apenas no material gerado na etapa de processamento denominada decanter, para subproduto de acerola no estágio 1 de maturação, com 0,19 g.100g<sup>-1</sup>.

Os subprodutos representados pelas cascas do maracujá da empresa E2 e da carambola da empresa E3 exibiram teores de açúcares solúveis totais de 2,96 e 4,06 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3). Já os subprodutos correspondentes às cascas de abacaxi e de todas as cultivares de manga evidenciaram os mais altos valores para essa variável, com destaque para os da ‘Tommy Atkins’ processadas pelas empresas E2 e E3, cujas médias foram de 8,83 e 9,04 g.100g<sup>-1</sup>.

Microrganismos utilizam carboidratos como fonte de energia para seu desenvolvimento, sendo os açúcares simples preferencialmente requeridos, e poucas são as espécies capazes de hidrolisar polissacarídeos (INSUMOS, 2009). Dessa maneira, subprodutos ricos em carboidratos simples, associados a outros compostos de interesse, podem servir de substrato para a biorrefinaria.

Os açúcares redutores (AR), compostos basicamente de glicose e frutose, situaram-se numa faixa entre 0,12 e 3,82 g.100g<sup>-1</sup> para todos os subprodutos constituídos de sementes e para a casca de maracujá gerado pela empresa E2 (Tabela 4). Teores superiores de AR foram verificados por Kohatsu et al. (2009) nos miolos (parte central) de goiaba ‘Paluma’ proveniente de frutos maduros e maduros, que situaram-se na faixa de 7 g.100g<sup>-1</sup>. Pereira (2009) ressaltou que o açúcar é um dos componentes utilizados na elaboração de geleias, pois

além de contribuir para a formação do gel, atua como conservante ao inibir o crescimento de microrganismos.

Os subprodutos da produção de polpa de acerola, gerados pelas empresas E1 e E3, alcançaram teores de AR de 2,0 e 2,24 g.100g<sup>-1</sup>, e valor mínimo de 0,12 g.100g<sup>-1</sup> para o subproduto de acerola da empresa E2 (Tabela 4). Valores similares foram obtidos por Costa (2012) em subprodutos do processamento de acerola destinada à obtenção de ácido ascórbico, para ambos os estádios de maturação.

Braga et al. (2012) analisaram o teor de açúcares redutores em subprodutos de acerola em dois estádios de maturação e detectaram valores de 1,8% de glicose para subprodutos advindos de frutos no estágio “de vez”, e 2,38% de glicose para subprodutos provenientes de frutos maduros. É evidenciado o contraste existente no teor de AR, em virtude dos estádios de maturação das acerolas, o que refletiu nos subprodutos analisados.

Os subprodutos cascas de abacaxi, pertencentes às empresas E2 e E3, apontaram diferenciações, 2,61 e 4,50 g.100g<sup>-1</sup>, primeiro por se tratarem de cultivares distintas e, segundo, pela elevada acidez titulável do subproduto da empresa E2, que repercute nos teores mais baixos de açúcares solúveis totais e redutores (Tabela 4).

Para as mangas, tanto as matérias-primas quanto os subprodutos representados por cascas, os teores de açúcares redutores foram maiores para os subprodutos correspondentes cascas das mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’ ambas processadas pela empresa E3, por efeito do estágio de maturação 4, no qual os frutos apresentam boas características para o consumo *in natura* (Tabela 4). Os açúcares redutores são elevados nesse estágio, perfazendo mais de 60% dos açúcares totais. Quando os frutos avançam para o estágio 5, há um decréscimo no teor de AR, observado nas partes comestíveis das mangas ‘Tommy Atkins’ da empresa E2 e ‘Palmer’ da empresa E1, por estes, especialmente a glicose, servirem de substrato para o metabolismo respiratório.

Teor de açúcar redutor equivalente ao obtido nesse trabalho foi observado para o subproduto casca de manga ‘Haden’, com 6,14 g.100g<sup>-1</sup> (LEMOS et al., 2013). Marques et al. (2010) investigaram a composição centesimal da casca de manga ‘Tommy Atkins’ e verificaram que o teor médio de açúcares redutores foi de 0,55 g.100g<sup>-1</sup>, inferior ao obtido nesse trabalho para todas as cascas das mangas, independente da cultivar.

Em abacaxis e mangas completamente maduras, há maior concentração de sacarose (açúcar não redutor), o que foi observado nos subprodutos quanto aos teores de AR e AST (Tabela 4). Mendes (2014) observou que, ao comparar dois pré-tratamentos de hidrólise ácida para extração de açúcares redutores em bagaços de frutas, tanto o subproduto da manga como do abacaxi apresentaram quantidades de AR semelhantes e, através de modelos estatísticos, foi possível determinar o bagaço da manga como a melhor biomassa, bem como os valores das variáveis que levam à máxima liberação de AR após a hidrólise ácida.

As substâncias pécicas constituem a classe de polissacarídeos da parede celular que sofrem mais modificações de degradação durante o amadurecimento de frutos como o maracujá, uma vez que a hidrólise e solubilização das pectinas aumentam devido à ação de enzimas pectinolíticas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; PITA, 2012).

Os maiores teores de pectina foram observados nos subprodutos representados pelas cascas das mangas ‘Tommy Atkins’ gerados pelas empresas E2 e E3, com 3,76 e 3,27 mg.100g<sup>-1</sup>, respectivamente, seguidos das cascas das mangas ‘Palmer’ da empresa E1, e ‘Keitt’ e ‘Palmer’ processadas pela empresa E3 (Tabela 5). O subproduto casca da manga ‘Tommy Atkins’ proveniente da empresa E2 apresentou diferenças de 1,28 mg.100g<sup>-1</sup> quando comparada à ‘Palmer’ E3, e 2,51 mg.100g<sup>-1</sup> em relação ao subproduto casca do maracujá da empresa E2.

Os subprodutos correspondentes às sementes de todas as amostras de acerolas exibiram, para o teor de substâncias pécicas, médias de 1,03 a 1,31 mg.100g<sup>-1</sup>, semelhantes ao subproduto casca do maracujá proveniente da empresa E2 (Tabela 5).

Lousada Júnior et al. (2006) observaram que a característica mais marcante dos subprodutos de abacaxi, acerola, goiaba e maracujá estava relacionada com seus teores de pectina em base seca, que foram de 13,33, 16,85, 15,63 e 24,98%, respectivamente, o que pode favorecer seus usos como suplemento alimentar animal por possuírem altos teores de fibra solúvel associados à pectina.

Ao quantificar o teor de pectina em farinha de casca de maracujá amarelo, Pita (2012) observou valor de 10,78% e sugeriu a existência de vários fatores que influenciam a extração da pectina, entre eles a concentração do ácido para extração, o tempo de cocção, a temperatura e a razão soluto/solvente. Outro fator relevante é o teor de água presente no

material avaliado, uma vez que a água é veículo para crescimento de microrganismos e a maior razão soluto/solvente atuaria na sua inibição.

Tabela 5. Teores de substâncias pécnicas totais – Pectina ( $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ) e de amido ( $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ) da matéria-prima (MP) e subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

Material vegetal	Tipo	Pectina	Amido
Abacaxi E2	MP	$0,03 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,03$
	SC	$0,19 \pm 0,02$	$4,44 \pm 0,51$
Abacaxi E3	MP	$0,05 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,03$
	SC	$0,28 \pm 0,02$	$1,70 \pm 0,12$
Acerola E1	MP	$0,05 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,03$
	SS	$1,03 \pm 0,15$	$2,78 \pm 0,47$
Acerola E2	MP	$0,09 \pm 0,03$	$0,21 \pm 0,02$
	SS	$1,16 \pm 0,11$	$4,12 \pm 0,60$
Acerola E3	MP	$0,14 \pm 0,02$	$0,19 \pm 0,03$
	SS	$1,31 \pm 0,05$	$2,56 \pm 0,36$
Carambola E3	MP	$0,04 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,03$
	SC	$0,55 \pm 0,06$	$1,56 \pm 0,17$
Goiaba E1	MP	$0,20 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,07$
	SS	$0,33 \pm 0,02$	$2,44 \pm 0,22$
Goiaba E3	MP	$0,54 \pm 0,07$	$2,18 \pm 0,61$
	SS	$0,38 \pm 0,07$	$3,56 \pm 0,36$
Manga ‘Tommy Atkins’ E2	MP	$0,22 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,01$
	SC	$3,76 \pm 0,22$	$1,52 \pm 0,32$
	SA	$0,57 \pm 0,02$	$27,59 \pm 2,21$
Manga ‘Tommy Atkins’ E3	MP	$0,46 \pm 0,06$	$0,48 \pm 0,02$
	SC	$3,27 \pm 0,14$	$4,16 \pm 0,20$
	SA	$0,38 \pm 0,14$	$28,86 \pm 1,89$
Manga ‘Keitt’ E3	MP	$0,12 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,02$
	SC	$2,55 \pm 0,18$	$3,98 \pm 0,35$
	SA	$0,37 \pm 0,03$	$33,88 \pm 5,55$
Manga ‘Palmer’ E1	MP	$0,24 \pm 0,04$	$0,22 \pm 0,05$
	SC	$3,00 \pm 0,43$	$2,57 \pm 0,44$
	SA	$0,51 \pm 0,05$	$9,32 \pm 1,08$
Manga ‘Palmer’ E3	MP	$0,48 \pm 0,06$	$0,11 \pm 0,01$
	SC	$2,48 \pm 0,08$	$3,55 \pm 0,55$
	SA	$0,44 \pm 0,04$	$33,69 \pm 1,15$
Maracujá E2	MP	$0,04 \pm 0,01$	$0,19 \pm 0,07$
	SC	$1,25 \pm 0,13$	$0,17 \pm 0,02$
	SS	$0,29 \pm 0,06$	$2,23 \pm 0,11$

Souza (2015) estudou a extração de pectina de casca de maracujá utilizando sistema pressurizado e ultrassom. Os resultados mostraram que a estrutura de pectina obtida da casca

de maracujá é um composto formado principalmente por galactose e ácido galacturônico, que pode ser recuperada posteriormente à extração de fenólicos, sem sofrer perdas de rendimento de extrato.

O substrato de subproduto agroindustrial de manga pode ser considerado viável para produção de poligalacturonase, por apresentar condições favoráveis a adaptação do fungo *Aspergillus niger* a níveis de pectina de 9,62% em base seca, com máxima produção da enzima obtida em 43 horas de fermentação sob 28,8°C, e atividade de 7,66 U/g (OLIVEIRA, 2013).

O amido é uma fonte energética de grande destaque na alimentação humana, sendo o principal carboidrato de reserva produzido pelas plantas e consumido pelo homem. Possui ampla possibilidade de utilização direta na dieta humana ou na indústria alimentícia, por contribuir consideravelmente para as propriedades de textura de muitos alimentos e ter várias aplicações industriais, como espessante, estabilizante coloidal, geleificante, agente de volume e viscosidade e retentor de água (MENDES et al., 2012).

O menor teor de amido para os subprodutos representados pelas cascas foi observado para maracujá e manga ‘Tommy Atkins’ gerados na empresa E2, seguido da carambola e do abacaxi, ambos advindos da empresa E3 (Tabela 5). Os subprodutos correspondentes às cascas de abacaxi E2 e das mangas ‘Tommy Atkins’ E3 e ‘Palmer’ E3, como também as sementes de acerola E2 e goiaba E3, corresponderam aos subprodutos que exibiram teores de amido consideravelmente elevados quando comparados aos mesmos subprodutos das outras empresas. Tais diferenças baseiam-se nos estádios de maturação menos avançados das matérias-primas processadas, que repercutiu na concentração de amido nos respectivos subprodutos.

O amido quantificado por Marques et al. (2010) em subproduto representados por casca de manga ‘Tommy Atkins’ mostrou teor de 0,19 g.100g<sup>-1</sup>, bem inferior aos valores dos subprodutos cascas de todas as mangas dessa pesquisa. Subprodutos de acerola estudados por Costa (2012), em diferentes estádios de maturação e etapas diversificadas do processamento, também apresentaram menores teores de amido que os observados neste trabalho.

A parte comestível da carambola e seu subproduto somente apresentaram diferenças marcantes, em relação às variáveis estudadas, para pectina e amido, uma vez que, para as

demais, essas diferenças foram mínimas. Tais características são interessantes, por serem componentes de destaque e frequentemente utilizados na indústria de alimentos, seja para formação de gel por pectinas, na elaboração de doces ou geleias ou, ainda, para conferir viscosidade a determinados produtos como sopas, por exemplo (MENDES et al., 2012).

É notório o conteúdo bastante elevado de amido nas amêndoas das mangas, com destaque para as amêndoas de “Keitt” e “Palmer” da empresa E3, por se tratarem de reservas ricas desse polissacarídeo, uma vez que sua hidrólise pode originar componentes de interesse para a indústria de química fina ou, ainda, pode ter potencial para uso alimentar. Mendes et al. (2012), ao estudarem a composição centesimal do amido nativo extraído das amêndoas das sementes de mangas “Tommy Atkins”, detectaram teor de amido de 71,56 g.100g<sup>-1</sup> e indicaram-no para compor sopas desidratadas, por apresentar baixa temperatura de formação de gel, e produtos cárneos, dada a boa capacidade de retenção de água.

Cavalcanti et al. (2011) avaliaram o teor de amido contido na amêndoa do endocarpo da manga variedade Espada, que foi de 44,76%, e o amido extraído das amêndoas do endocarpo, cujo rendimento médio foi de 72,5% em peso de amêndoas, apresentou-se dentro dos padrões estabelecidos para este tipo de matéria-prima, sendo inodoro e insípido. O amido é constituído praticamente de açúcares, embora substâncias como lipídeos, proteínas e cinzas estejam presentes no material no qual o teor esteja sendo quantificado, o que pode refletir nos métodos de extração e purificação utilizados.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os subprodutos representados pelas sementes das acerolas e casca do maracujá são fontes de pectina. Os altos teores de sólidos solúveis, açúcares solúveis e pectina nos subprodutos do processamento de manga correspondentes às cascas, bem como o alto conteúdo de amido exibido pelas amêndoas, de todas as cultivares, evidenciam o potencial selecionado desses subprodutos. Os subprodutos representados pelas cascas e amêndoas de todas as cultivares de manga destacaram-se, em relação aos demais subprodutos, no tocante às variáveis estudadas, sinalizando maiores oportunidades de aproveitamento, especialmente pela indústria de alimentos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. A. de; RIBEIRO, L. P.; RIBEIRO, V. B.; PEREIRA, M. A. B.; VIEIRA, L. G. M.; BARROSO, M. A. de S. Caracterização dos compostos bioativos presentes na biomassa residual da manga Ubá. In: **Anais... XIX Jornada de Engenharia Química**, 2014. Disponível em: <http://www.peteq.feq.ufu.br/jorneq/anais2014/trabalhos/W104.pdf>. Acesso em fevereiro de 2015.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 108p, 2015.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 11 ed. Washington:AOAC, 1992.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.
- BRAGA, A. C.; LIMA, M. dos S.; AZEVÊDO, L. C. de; RAMOS, M. E. C. Obtenção e caracterização de farinha do resíduo gerado no processo industrial de suco de *Malpighia punicifolia*. **Revista Semiárido De Visu**, v. 2, n. 1, p. 176-183, 2012.
- CAVALCANTI, M. T.; SILVA, V. C.; COSTA, T. S. da; FLORÊNCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R. Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 80-83, 2011.
- CAVALINI, F. C.; JACOMINO, A. P.; LOCHOSKI, M. A.; KLUGE, R. A.; ORTEGA, E. M. M. Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' guavas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 176-179, 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005, 785p.
- COSTA, A. C. S. **Qualidade e atividade antioxidante na porção comestível e resíduos do processamento de acerola produzida no Submédio do Vale do São Francisco**. 2012. 116f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.
- CUNHA, A. M. da; ARAÚJO, R. D. de; MELLO, C. H.; BOEIRA, J. L. F. **Relatório de Acompanhamento Setorial: Frutas Processadas**. 2008. Disponível em: [http://www.funcex.org.br/material/redemercosul\\_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS\\_BRASIL/BRA\\_151.pdf](http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_BRASIL/BRA_151.pdf). Acesso em setembro de 2013.
- FERRARI, R. A.; COLUSSI, F.; AYUB, R. A. Caracterização de subprodutos da industrialização do maracujá – aproveitamento das sementes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 101-103, 2004.
- FIGUEIREDO, P. Valorização de resíduos da indústria agro-alimentar através do desenvolvimento de ingredientes funcionais e nutracêuticos. **Studia**, vol.13, n.2, p. 79-88, 2010.

FREITAS, C. A. S. de; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C. da; FIGUEIREDO, R. W. de; SOUSA, P. H. M. de. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2006.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. v.1. São Paulo: IAL, 1985. 371p.

INSUMOS. **Conservação de alimentos por aditivos químicos**. Revista Aditivos & Ingredientes, n. 3, julho/agosto, 2009. Disponível em://www.insumos.com.br/aditivos\_e\_ingredientes/matérias/125.pdf. Acesso em agosto de 2014.

KAYODE, R. M. O.; SANI, A.; OLADOYE, C. O.; ANNONGU, A. A.; AREKEMASE, M. O.; OBALOWU, M. A.; ABDULSALAM, K. O. Physico-chemical and anti-nutritional characterization of the kernels of some mango (*Mangifera indica*) cultivars grown in Western parts of Nigeria. **Food Science and Quality Management**, v. 22, p. 1-9, 2013.

KOHATSU, D. S.; EVANGELISTA, R. M.; LEONEL, S. Características de qualidade da casca, polpa e miolo de goiaba em diferentes estádios de maturação. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 86-91, 2009.

LAURENTI, C.; CLEMENTE, E. Avaliação da atividade da peroxidase em carambola (*Oxalidacia avertroha*) em diferentes estádios de maturação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 159-163, 2005.

LEMOS, D. M.; OLIVEIRA, E. N. A. de; SANTOS, D. da C.; SOUSA, E. P. de; MATIAS, M. de L. Composição físico-química de resíduos de abacaxi *in natura* e desidratado. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n. 2, p. 53-56, 2010.

LEMOS, D. M.; SILVA, S. F. da; LIMA, J. C. B. de; SILVA, F. B. da; SOUSA, E. P. de. Parâmetros químicos, físicos e físico-químicos de resíduos da manga. **Revista Verde**, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 01-03, 2013.

LOUSADA JUNIOR, J. E. et al. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.

MARQUES, A.; CHICAYBAM, G.; ARAUJO, M. T.; MANHÃES, L. R. T.; SABAA-SRUR, A. U. O. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv. 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1206-1210, 2010.

MARTINS, L. P.; SILVA, S. de M.; SILVA, A. P. da; CUNHA, G. A. P. da; MENDONÇA, R. M. N.; VILAR, L. da C.; MASCENA, J.; LACEDA, J. T. Conservação pós-colheita de abacaxi 'Pérola' produzido em sistemas convencional e integrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 695-703, 2012.

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

MÉLO, B. C. A. de; SILVA, R. de A.; KUGO, G. T. M.; CONRADO, L. S.; SCHIMDELL, W. Avaliação do resíduo agroindustrial de acerola para produção de celulases por fermentação em estado sólido. In: **Anais... XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**,

2014.

Disponível

em:

<http://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1415-9409-146054.pdf>. Acesso em junho de 2015.

MENDES, M. L. M.; BORA, P. S.; RIBEIRO, A. P. L. Propriedades morfológicas e funcionais e outras características da pasta do amido nativo e oxidado da amêndoa do caroço de manga (*Mangifera indica* L.), variedade ‘Tommy Atkins’. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 76-84, 2012.

MENDES, T. P. P. **Estudo dos processos de obtenção de açúcares redutores totais (ART) a partir do bagaço de frutas**. 2014. 94f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

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

OLIVEIRA, A. C. **Estudo da produção de poligalacturonase por fermentação em estado sólido utilizando resíduo agroindustrial de manga (*Mangifera indica* L.)**. 2013. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

OLIVEIRA, L. F. de; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. do N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. flavicarpa) para produção de doce em calda. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 259-262, 2002.

ORDOÑEZ-SANTOS, L. E.; AGUILAR, P. H.; SOLARTE, O. D. R.; JARAMILLO, M. E. A. Concentración de carotenoides totales em resíduos de frutas tropicales. **Producción + Limpia**, v. 9, n. 1, p. 91-98, 2014.

PEREIRA, P. A. P. **Elaboração de geleia utilizando resíduo do processamento de goiaba (*Psidium guajava* L.)**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PITA, J. da S. L. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo**. 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.

SERNA-COCK, L.; TORRES-LEÓN, C.; AYALA-APONTE, A. Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. **Información Tecnológica**, v. 26, n. 2, p. 41-50, 2015.

SILVA, A. P. G. da. **Modificações na parede celular e nas enzimas oxidativas durante a maturação de frutos de goiabeira ‘Paluma’ submetidas à adubação potássica**. 2014. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SOUZA, C. G. de. **Extração de compostos bioativos e pectina da casca de maracujá utilizando sistema pressurizado e ultrassom**. 2015. 75f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C. da; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. de F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós

alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, C. R.; FARIA, T.; AZEREDO, E. M. C. de. Aproveitamento integral de alimentos: desenvolvimento de bolos de banana destinados à alimentação escolar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v.11, n.1, p. 185-194, 2013.

YEMN, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 504-514, 1954.

### **CAPÍTULO III**

#### **COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTAS TROPICAIS E SUBPRODUTOS DA PRODUÇÃO DE POLPAS DE AGROINDÚSTRIAS SEDIADAS NO POLO PETROLINA-PE / JUAZEIRO-BA**

## RESUMO

O valor nutricional das frutas depende da sua composição, registrando-se ampla variação dependendo da espécie, cultivar, estágio de maturação e processamento, o que repercute, também, na composição dos subprodutos agroindustriais. Diante do crescimento de produtos industrializados à base de frutas, houve aumento significativo dos subprodutos gerados nas atividades agroindustriais, especialmente nas transformações primárias, que são associados ao desperdício de materiais que não possuem valor econômico evidente. Ações voltadas à minimização ou reuso de subprodutos são necessárias e, para tal, é imprescindível que sejam devidamente caracterizados, especialmente no tocante à preservação de componentes bioativos, para que seja possível estabelecer novos usos. O objetivo desse trabalho foi caracterizar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de subprodutos agroindustriais provenientes da produção de polpas, em empresas localizadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA, referenciando-as com as frutas frescas. As frutas coletadas, com seus respectivos subprodutos, foram: abacaxis ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’; acerola, representada por uma mistura das variedades Okinawa, Sertaneja e Flor Branca; carambola azeda; goiaba ‘Paluma’; mangas ‘Tommy Atkins’, ‘Keitt’ e ‘Palmer’; e maracujá-amarelo. A avaliação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante das frutas e dos subprodutos gerados considerou as seguintes variáveis: teores de ácido ascórbico, de carotenoides totais e de polifenóis extraíveis totais, bem como a atividade antioxidante pelo método de captura do radical ABTS. Os subprodutos representados por sementes do processamento de acerola apresentaram elevados teores de ácido ascórbico e polifenóis, constituindo-se fontes desses compostos, além de alta capacidade antioxidante. Os subprodutos correspondentes às amêndoas e cascas de todas as cultivares de mangas são fontes de polifenóis e possuem elevada atividade antioxidante pelo método ABTS. Os subprodutos representados pelas cascas de todas as cultivares de manga, bem como pelas sementes de goiabas, apresentaram os maiores teores de carotenoides totais, com possibilidade de uso industrial. Tais características potencializam a recuperação desses compostos nos subprodutos, seja para formulação de novos produtos, ou ainda, incorporação como componente de produtos alimentícios.

**Palavras-chave:** coprodutos; carotenoides; ácido ascórbico; polifenóis; método ABTS.

## ABSTRACT

The nutritional value of the fruit depends on its composition, recording wide variation depending on species, cultivar, ripeness and processing stage, which affects also the composition of agro-industrial by-products. Before the growth of processed products from fruit, a significant increase of by-products generated in the agro-industrial activities, especially in the primary changes, which are associated with waste materials that have no apparent economic value. Actions to minimize or reuse of by-products are necessary and, to this end, it is essential that they are properly characterized, especially regarding the preservation of bioactive components, so that you can establish new uses. The aim of this study was to characterize the bioactive compounds and antioxidant capacity of agro-industrial by-products from pulp production in companies located in Petrolina and Juazeiro-BA, referencing them with fresh fruit. Fruits collected, with their by-products, were: Pineapples 'Pearl' and 'Smooth Cayenne'; acerola, represented by a mixture of varieties Okinawa, Country and White Flower; carambola sour; guava 'Paluma'; mangoes 'Tommy Atkins', 'Keitt' and 'Palmer'; and passion fruit. The evaluation of bioactive compounds and antioxidant activity of fruits and byproducts generated considered the following variables: ascorbic acid content, total carotenoids and total extractable polyphenols and antioxidant activity by capture method of ABTS radical. The by-products represented by acerola processing of seeds showed high levels of ascorbic acid and polyphenols, constituting sources of these compounds, and high antioxidant capacity. The corresponding by-products the almonds and peel all the mangoes cultivars are sources of polyphenols and have high antioxidant activity by ABTS method. The by-products represented by the shells of all cultivars of mango and the guava seed, showed the highest levels of total carotenoids, with the possibility of industrial use. These features leverage the recovery of these compounds in by-products, is to formulate new products, or even incorporated as a component of food products.

**Keywords:** co-products; carotenoids; ascorbic acid; polyphenols; method ABTS.

## 1 INTRODUÇÃO

As frutas têm importante papel na alimentação humana, principalmente por serem excelentes fontes de vitaminas, minerais e fibra dietética (SLAVIN; LLOYD, 2012). Além de nutrirem, esses alimentos também proporcionam benefícios à saúde, por serem constituídos de compostos biologicamente ativos, que atuam como potentes anticancerígenos e reduzem o risco de doenças cardiovasculares, entre outras funções fisiológicas (FIGUEIREDO, 2010).

Muitas dessas desordens ou doenças estão associadas aos ‘radicais livres’, termo utilizado mundialmente para designar as espécies reativas, especialmente do oxigênio, geradas durante os processos metabólicos de um organismo, e que podem danificar severamente as células. Os radicais livres causam processos de oxidação e podem obstruir artérias, transformar células saudáveis em cancerígenas, afetar o sistema nervoso e causar o envelhecimento precoce (CARVALHO et al., 2006). Da perspectiva biológica, existem substâncias capazes de impedir a oxidação celular, ao inibir a formação ou a ação dos radicais livres, os chamados antioxidantes, e que podem ser encontrados na dieta (VICENTE et al., 2009; LIU, 2013).

Entre os alimentos que possuem propriedades antioxidantes e promovem benefícios ao organismo em decorrência de sua ingestão, estão as frutas e as hortaliças, alimentos ricos em componentes como carotenoides, polifenóis e vitaminas C e E (VICENTE et al., 2009; ANGELO; JORGE, 2007; LIU, 2013). Os compostos fenólicos, assim como os carotenoides, originam-se no metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para seu crescimento e reprodução, mas formam-se em condições de estresse, como infecções, ferimentos, radiação ultravioleta - UV, dentre outros (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Assim, é importante estimular o consumo de uma dieta rica em frutas e hortaliças que contenham quantidades recomendadas de antioxidantes, por contribuírem significativamente para a defesa do organismo ao inibir danos em macromoléculas e reduzirem a incidência de doenças associadas ao dano oxidativo (VICENTE et al., 2009; SLAVIN; LLOYD, 2012; LIU, 2013).

O consumidor está cada vez mais ávido por novidades, sendo o apelo de uso das frutas sinérgico à busca por produtos naturais benéficos, seja para seu consumo direto ou, ainda, serem utilizados como componentes de algum produto em especial. Múltiplos segmentos

beneficiam-se das propriedades funcionais das frutas, como as indústrias de processamento, farmacêutica e cosmética. Para a indústria cosmética, o intuito da formulação é o equilíbrio que se pode atingir com suas propriedades no produto, em que a fruta funciona como um aditivo, com atividades antioxidantes e hidratantes (FINETTO, 2009).

Para o segmento de industrialização das frutas, seja para consumo direto como polpas ou como componentes de bebidas e outros produtos, é importante mencionar que o consumo mundial de sucos, néctares e drinques à base de frutas encontrava-se, em 2007, em torno de 53 bilhões de litros (CUNHA et al., 2008). Dentre os itens industrializados mais negociados no exterior, depois do suco de laranja, estão a castanha de caju e o suco de maçã. Além desses itens, em 2014, o Brasil também exportou outros tipos de frutas na forma de suco, secas, em preparados ou em conservas, e somente quatro países, Bélgica, Holanda, Estados Unidos e Japão, compraram 90% do volume total enviado no ano em destaque (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

Diante do crescimento de produtos industrializados à base de frutas, houve aumento significativo dos subprodutos gerados nas atividades agroindustriais, especialmente nas transformações primárias, que são associados ao desperdício de materiais que não possuem valor econômico evidente (ROSA et al., 2011). Ações voltadas à minimização ou reuso de subprodutos são necessárias e, para tal, é imprescindível que os subprodutos agroindustriais sejam devidamente caracterizados, especialmente no tocante à preservação de componentes bioativos, para que seja possível estabelecer novos usos.

O objetivo desse trabalho foi caracterizar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutas tropicais e seus subprodutos agroindustriais provenientes da produção de polpas, em empresas localizadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA, referenciando-as com as frutas frescas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras estudadas nesse capítulo foram representadas pelas frutas *in natura*, coletadas na etapa correspondente à recepção da matéria-prima, e seus subprodutos, foram obtidos na fase de descascamento e descaroçamento (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma geral de obtenção de polpa de fruta congelada, com ênfase para a etapa descascamento e descaroçamento.



Fonte: Adaptado de Moraes (2006).

As matérias-primas, juntamente com seus subprodutos, foram coletados nas empresas Vita Polpa, situada no distrito industrial de Juazeiro-BA, e Paluma e Queiroz Galvão, estas últimas localizadas na zona rural de Petrolina-PE. As frutas coletadas, com seus respectivos subprodutos, foram: abacaxis ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’; acerola, representada por uma mistura das variedades Okinawa, Sertaneja e Flor Branca; carambola azeda; goiaba ‘Paluma’; mangas “Tommy Atkins”, “Keitt” e “Palmer”; e maracujá-amarelo.

Os subprodutos de acerola e goiaba constituíam-se basicamente de sementes com resquícios de casca e polpa aderidas, a depender da eficiência do equipamento das empresas processadoras das frutas. Para os subprodutos de abacaxi e carambola, as amostras eram compostas de cascas, e os materiais gerados no processamento das mangas e maracujá eram separados em cascas e sementes. É importante destacar que, para as amostras relativas aos subprodutos sementes coletadas durante o processamento das mangas, a amêndoa foi retirada do endocarpo com auxílio de uma faca de uso doméstico.

As matérias-primas e seus subprodutos, após a coleta nas respectivas empresas processadoras de frutas para fabricação de polpas, foram acondicionados em isopores e transportados ao Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, com posterior armazenamento em freezers. Para a avaliação dos compostos bioativos nas frutas frescas (matéria-prima) e nos subprodutos do processamento, foram quantificados os seguintes compostos químicos, conforme metodologias indicadas:

✓ Teor de ácido ascórbico: pesou-se uma alíquota (em gramas) para cada amostra em tubo Falcon. Neste, adicionou-se 40 mL de ácido oxálico 0,5% refrigerado e agitou-se manualmente. Posteriormente, centrifugou-se cada amostra a 8°C, a 10.000 rpm e por 5 minutos, transferindo-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 100 mL e completando-se o volume com ácido oxálico 0,5% gelado. Para o doseamento, tomou-se 1 mL do extrato em erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 50 mL de água destilada gelada e titulou-se com solução de Tillman até sua viragem para coloração levemente róseo persistente (STROHECKER; HENNING, 1967).

✓ Teor de carotenoides totais: para a extração, pesou-se uma alíquota (em gramas) da amostra em béquer, que, logo após, foi transferida para almofariz com aproximadamente 3g de celite, onde foi macerada até obter-se uma massa homogênea. Adicionou-se acetona gelada à amostra e filtrou-se à vácuo, em funil de placa sinterizada conectado a kitassato. A lavagem da amostra com acetona foi realizada até a extração completa dos pigmentos, utilizando cerca de 50 mL do reagente. Posteriormente, o conteúdo do kitassato foi transferido lentamente para funil de separação (125 mL), que já continha 30 mL de éter de petróleo. Logo após, a amostra foi lavada com água destilada por aproximadamente 4 vezes, para retirada da acetona, com descarte apenas da fase aquosa inferior do funil de separação. Ao término das lavagens, o extrato de carotenoides foi transferido para balão volumétrico de 25 ou 50 mL, volume dependente da amostra analisada e completou-se com éter de petróleo. A leitura foi realizada

em espectrofotômetro a 450nm, sendo utilizado como “branco” o éter de petróleo P.A. O resultado foi expresso em  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (RODRIGUES-AMAYA, 2001).

✓ Teores de polifenóis extraíveis totais: pesou-se uma alíquota (em gramas) de cada amostra fresca em tubos falcon e colocou-se 20 mL da solução de metanol 50%, que permaneceu em repouso por 1 hora. Logo após, a amostra foi centrifugada a 11000 rpm, a temperatura ambiente, por 15 minutos, sendo o sobrenadante transferido para balão volumétrico de 50 mL. Ao resíduo, foram adicionado 20 mL da solução de acetona 70%, que ficou em repouso por mais 1 hora. Centrifugou-se novamente e transferiu-se o novo sobrenadante ao primeiro balão, completando-se o volume com água destilada. Para quantificação, foi retirada alíquota de até 1,0 mL do extrato e adicionados 2 mL de água destilada, 1 mL do reativo Folin Ciocalteau e 2 mL da solução de carbonato de sódio (20%). As leituras da curva padrão com ácido gálico, bem como de cada extrato, foram realizadas a 700nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em  $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  (LARRAURI et al., 1997).

Complementando a informação do teor de compostos bioativos, foi determinada a atividade antioxidante da matéria-prima e dos subprodutos gerados na produção de polpa. Para determinação da atividade antioxidante total foi utilizado o método de captura do radical ABTS. O extrato obtido para extração de polifenóis extraíveis totais foi o mesmo para essa quantificação. Procedeu-se, inicialmente, ao preparo do radical ABTS, pela reação de 5 mL da solução estoque de ABTS 7 mM com 0,88  $\mu\text{L}$  de persulfato de potássio 140 mM, que foi armazenado em embalagem de vidro envolta por papel alumínio, pelo período de 16 horas. Posteriormente, obteve-se a absorbância equivalente a 1.000  $\mu\text{M}$  de Trolox através da curva padrão de Trolox 2 mM. Foram feitas três diluições e, em ambiente escuro a partir do extrato puro, foram determinadas as absorbâncias das amostras a 734 nm em espectrofotômetro, após 6 minutos de pipetadas (30  $\mu\text{L}$ ) e homogeneizadas com 3 mL do radical ABTS. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{M Trolox}\cdot\text{g polpa}^{-1}$  (MILLER et al., 1993, com adaptações realizadas por RUFINO et al., 2007).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos representados pelas frutas in natura e seus respectivos subprodutos. As matérias-primas e os subprodutos foram analisados em quatro repetições e os resultados das análises foram expressos em média  $\pm$  desvio-padrão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de ácido ascórbico variou entre 31 e 2870,48 mg.100g<sup>-1</sup> nos subprodutos avaliados (Tabela 1). As matérias-primas e os subprodutos da mistura de cultivares de acerola, da carambola e da goiaba, todas processadas em diferentes empresas, apresentaram teores de ácido ascórbico acima de 75 mg.100g<sup>-1</sup>, sendo este o valor recomendado para ingestão diária para mulheres jovens (FNIC, 2012). Entre as frutas, apenas as mangas “Palmer” das empresas E1 e E3 atenderam ao valor mínimo recomendado para ingestão por homens, que é de 90 mg.100g<sup>-1</sup> (Tabela 1).

Os subprodutos provenientes das amêndoas de todas as cultivares de manga e das sementes do maracujá apresentaram os teores mais baixos de ácido ascórbico (Tabela 1). Resultado similar foi indicado por Andrade et al. (2014) para a amêndoa da manga ‘Ubá’.

O subproduto da acerola gerado pela empresa E2 mostrou teor de ácido ascórbico de 366,06 mg.100g<sup>-1</sup>, valor ainda elevado ao considerar que essa matéria-prima foi destinada à produção de polpa concentrada para posterior extração desse componente. O maior teor de ácido ascórbico foi observado no subproduto de acerola da empresa E1, em decorrência do processamento que adota. Nessa, é gerado subproduto que ainda contém quantidades razoáveis de polpa e película, o que refletiu diretamente no teor do componente analisado.

Costa (2012) trabalhou com subprodutos de acerola processada para extração de ácido ascórbico em empresa situada em Petrolina-PE, que apresentaram resultados similares aos relatados aqui para frutos no estágio inicial de maturação e coletados nas etapas de despulpamento e decanter. Pereira et al. (2013), ao avaliarem farinha de resíduo de acerola, observaram teor de ácido ascórbico de apenas 31,03 mg.100g<sup>-1</sup>.

Braga et al. (2012) quantificaram os teores de ácido ascórbico em subprodutos do processamento para produção de suco de acerola nos estádios “de vez” e “maduro”, e observaram valores médios de 730 e 939 mg.100g<sup>-1</sup>, para os respectivos subprodutos. Sousa et al. (2011) caracterizaram compostos de valor nutricional em subprodutos da fabricação de polpas de frutas tropicais, observados para aqueles gerados a partir de goiaba, acerola e abacaxi, teores de ácido ascórbico de 75,90, 89,55 e 40,83 mg.100g<sup>-1</sup>, menores que os obtidos nesse trabalho.

Tabela 1. Teores de ácido ascórbico - AA ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) e de carotenoides totais - CT ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) da matéria-prima (MP) e subprodutos, representados por cascas (SC), amêndoas (SA) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

Material vegetal	Tipo	AA	CT
Abacaxi E2	MP	$61,21 \pm 4,88$	n.d.
	SC	$58,74 \pm 0,02$	$16,86 \pm 0,87$
Abacaxi E3	MP	$53,87 \pm 9,78$	n.d.
	SC	$58,75 \pm 0,03$	$10,40 \pm 2,82$
Acerola E1	MP	$3109,62 \pm 790,04$	$21,74 \pm 2,54$
	SS	$2870,48 \pm 460,26$	$15,79 \pm 1,74$
Acerola E2	MP	$3544,93 \pm 117,79$	$10,69 \pm 0,28$
	SS	$366,06 \pm 85,57$	$28,79 \pm 1,68$
Acerola E3	MP	$2455,46 \pm 204,10$	$16,42 \pm 1,45$
	SS	$2319,20 \pm 292,03$	$12,93 \pm 0,75$
Carambola E3	MP	$75,88 \pm 4,92$	$3,69 \pm 0,84$
	SC	$95,50 \pm 9,37$	$10,41 \pm 0,52$
Goiaba E1	MP	$102,84 \pm 9,83$	$52,00 \pm 3,40$
	SS	$112,71 \pm 9,84$	$21,67 \pm 0,68$
Goiaba E3	MP	$235,12 \pm 44,55$	$29,71 \pm 2,66$
	SS	$235,18 \pm 17,79$	$37,64 \pm 6,74$
Manga ‘Tommy Atkins’ E2	MP	$53,87 \pm 9,77$	$34,85 \pm 8,66$
	SC	$49,00 \pm 11,33$	$67,36 \pm 5,21$
	SA	$39,16 \pm 0,02$	n.d.
Manga ‘Tommy Atkins’ E3	MP	$58,77 \pm 0,04$	$9,74 \pm 1,43$
	SC	$58,79 \pm 0,03$	$30,92 \pm 3,35$
	SA	$39,18 \pm 0,02$	n.d.
Manga ‘Keitt’ E3	MP	$44,06 \pm 9,80$	$13,26 \pm 0,53$
	SC	$40,52 \pm 9,36$	$23,37 \pm 0,30$
	SA	$39,20 \pm 0,03$	n.d.
Manga ‘Palmer’ E1	MP	$93,08 \pm 9,85$	$35,28 \pm 3,34$
	SC	$44,06 \pm 9,77$	$46,99 \pm 1,95$
	SA	$31,82 \pm 4,89$	n.d.
Manga ‘Palmer’ E3	MP	$95,50 \pm 4,90$	$29,97 \pm 2,74$
	SC	$58,77 \pm 0,04$	$28,31 \pm 1,07$
	SA	$39,17 \pm 0,03$	n.d.
Maracujá E2	MP	$48,96 \pm 8,02$	$28,27 \pm 0,49$
	SC	$58,80 \pm 0,01$	$8,96 \pm 0,68$
	SS	$39,17 \pm 0,02$	$6,45 \pm 0,79$

n.d.= não detectado.

Uchoa et al. (2008) quantificaram o teor de ácido ascórbico em pó alimentício proveniente de subproduto agroindustrial de goiaba gerado durante processamento de polpa de fruta congelada de uma indústria do Estado do Ceará, e obtiveram teor de  $21,55 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$

para o material estudado. Subprodutos cascas de goiaba cv. Paluma, em diferentes estádios de maturação, foram analisadas por Kohatsu et al. (2009) em relação ao teor de ácido ascórbico, observando-se valores desde 71 mg.100g<sup>-1</sup>, para casca de frutos maduros, até 209 mg.100g<sup>-1</sup>, para casca daqueles que ainda não iniciaram a maturação, apontando que, com o decorrer do amadurecimento, há redução no teor de ácido ascórbico.

As diferenças quanto os teores analisados nesse estudo ratificam tal informação, uma vez que, tanto nas matérias-primas quanto nos subprodutos correspondentes às sementes de goiaba provenientes da empresa E3, pode ser observado maior teor de AA em frutos que não completaram o amadurecimento, repercutindo também no teor elevado no seu respectivo subproduto. Maior destaque deve ser conferido aos subprodutos representados pelas sementes das acerolas e das goiabas, por seus teores bastante elevados de ácido ascórbico mesmo após o processamento, com vistas ao aproveitamento desse componente, seja pela sua recuperação, seja pelo uso pela indústria alimentícia.

O ácido ascórbico é lábil e, por essa razão, é bastante sensível a temperaturas elevadas. Desta forma, tratamentos térmicos com altas temperaturas, como os utilizados para a obtenção de farinhas de resíduos, podem reduzir drasticamente os teores dessa vitamina, o que não é interessante quando o objetivo é a recuperação de compostos que possam agregar valor a outros produtos.

Subprodutos representados por cascas liofilizadas de mangas “Tommy Atkins” e “Keitt” mostraram teores de ácido ascórbico de 332,96 e 338,09 mg.100g<sup>-1</sup> (SERNA-COCK et al., 2015), valores elevados e que justificariam o uso desse método de secagem em face da preservação de bioativos, para que esses componentes possam ser reutilizados como matérias-primas na formulação de outros produtos pelas indústrias de alimentos, farmacêutica ou cosmética.

Alternativas para obtenção de farinhas ou pós podem ser direcionadas ao uso da liofilização para secagem dos subprodutos, técnica bastante utilizada nas indústrias farmacêutica e em alguns segmentos da alimentícia, na qual uma substância é previamente congelada e então a quantidade de solvente (geralmente água) é reduzida, primeiro por sublimação e posteriormente por dessorção, para valores tais que impeçam atividade biológica e reações químicas (TERRONI et al., 2013).

O ácido ascórbico é empregado na indústria de alimentos como agente antioxidante para estabilizar a cor e o aroma do produto e como conservante, para enriquecer ou restaurar alimentos que tenham perdido esse nutriente durante o processamento (AGUIAR et al., 2010). Subprodutos que ainda detêm teores significativos desse componente, mesmo após o processamento, poderiam ser utilizados como aditivos alimentares ou servirem de fonte para recuperação de ácido ascórbico.

Para os teores de carotenoides totais, os valores observados para os subprodutos representados por sementes de acerola gerados na E2 e de goiaba das empresas E1 e E3, assim como para todos aqueles correspondentes a cascas das mangas, estão acima de  $20 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (Tabela 1), teor mínimo para que um alimento seja considerado fonte desse pigmento. Sousa et al. (2011) relataram teores inferiores em subprodutos de polpas de goiaba, acerola e abacaxi, cujos valores foram de 6,44, 8,81 e  $1,50 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

É importante destacar os maiores valores médios observados nos subprodutos correspondentes às cascas das mangas “Tommy Atkins” gerados pela empresa E2 e da cultivar ‘Palmer’, da empresa E1, em razão da utilização de matérias-primas maduras no processamento. Ao serem comparadas as frutas e seus respectivos subprodutos, observou-se maior concentração de carotenoides nos subprodutos do que nas matérias-primas, exceto para as acerolas das empresas E1 e E3 e a goiaba pertencente à empresa E1, por terem exibido menor atividade de água, o que resultou na concentração de sólidos.

Serna-Cock et al. (2015) verificaram valores de 173,97 e  $192,00 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de carotenoides totais para cascas liofilizadas de mangas “Tommy Atkins” e “Keitt”, e Ajila et al. (2010) encontraram resultado semelhante para casca advinda de manga ‘Badami’ no estágio fisiológico maduro, com  $194 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  em base seca.

Ordoñez-Santos et al. (2014), ao avaliarem a concentração de carotenoides totais em subprodutos de frutas tropicais, destacaram teor de  $42 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  para o subproduto da goiaba, obtido de processamento realizado no laboratório de Tecnologia de Frutas e Hortaliças, pertencente à Universidade Nacional da Colômbia.

Os teores de polifenóis dos subprodutos estudados, por concentrarem os componentes, foram superiores às matérias-primas na maioria dos casos, exceto para as matérias-primas das acerolas, que apresentaram os maiores teores quando comparadas aos seus respectivos

subprodutos representados por sementes (Tabela 2). Paz et al. (2015) observaram teor de polifenóis extremamente alto em polpa de acerola liofilizada, cerca de 12466 mg EAG.100g<sup>-1</sup>.

O subproduto correspondente a casca do maracujá gerado pela empresa E2 apresentou o menor teor de polifenóis extraíveis totais entre os subprodutos, com 60,77 mg.100g<sup>-1</sup> (Tabela 2). Os teores de polifenóis nos subprodutos casca e semente de maracujá superaram o encontrado na porção comestível dos frutos frescos em estudo realizado por Cazarin et al. (2014), onde a farinha da casca de *Passiflora edulis* apresentou média de 253 mg EAG.100g<sup>-1</sup>. As diferenças observadas entre os valores deram-se em razão dos compostos terem sido quantificados em matéria seca pelos autores, que resultaram em maior concentração dos fenólicos. Os autores destacaram ainda que à casca do maracujá têm sido atribuídos efeitos anti-inflamatório e anti-hipertensivo associados aos compostos fenólicos (CAZARIN et al., 2014). Assim, torna-se essencial a obtenção de compostos, a exemplos dos polifenóis, a partir de subprodutos, tendo em vista sua utilização em novos produtos com propriedades funcionais, e reduzindo, em contrapartida, o uso de antioxidantes sintéticos, que são reconhecidamente prejudiciais à saúde.

Os subprodutos do processamento de abacaxi conduzido nas empresas E2 e E3, de goiabas advindos das empresas E1 e E3, da casca da manga ‘Tommy Atkins’ de E3 e semente do maracujá em E2, exibiram teores médios de polifenóis totais, entre 101,54 e 479,93 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (Tabela 2). Subprodutos de semente de maracujá amarelo e casca de manga foram avaliadas quanto à sua composição bioativa em base seca por Silva et al. (2014), registrando-se valores médios de polifenóis de 451,06 e 376,12 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, sendo similares aos encontradas nesse trabalho para o subproduto semente de maracujá, porém inferiores aos de cascas de todas as cultivares de manga.

Sousa et al. (2011) avaliaram subprodutos da produção de polpas de frutas tropicais quanto aos teores de fenólicos totais extraídos em diferentes solventes, e registraram teores médios de 24,63, 247,62 e 8,60 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, para os subprodutos de goiaba, acerola e abacaxi, valores menores que o observados nesse trabalho, em virtude da influência da preparação de extrato aquoso para o doseamento dos fenólicos. D’Archivio et al. (2010), destacaram que a metodologia e o solvente utilizados na extração podem influenciar sobremaneira os teores dos fenólicos quantificados em alimentos.

Os subprodutos representados por casca de abacaxi advindos da empresa E2 e sementes de acerola e goiabas, provenientes da empresa E1, apresentaram diferenças quanto ao teor de polifenóis quando comparados aos mesmos subprodutos de outras empresas, o que indica diferenciação no processamento das frutas.

Tabela 2. Teor de polifenóis extraíveis totais – PET (mg ácido gálico.100g<sup>-1</sup>) e atividade Antioxidante - ABTS (µM Trolox.g<sup>-1</sup> polpa) da matéria-prima (MP) e subprodutos, correspondentes a cascas (SC) e sementes (SS), provenientes de indústrias processadoras de polpas de frutas sediadas em Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

Material vegetal	Tipo	PET	ABTS
Abacaxi E2	MP	78,19 ± 3,24	2,99 ± 0,60
	SC	116,62 ± 11,18	13,88 ± 2,61
Abacaxi E3	MP	58,07 ± 4,29	2,01 ± 0,06
	SC	101,54 ± 2,33	7,04 ± 0,18
Acerola E1	MP	1755,31 ± 93,81	689,94 ± 13,07
	SS	1321,38 ± 84,63	151,76 ± 26,77
Acerola E2	MP	2200,57 ± 37,53	726,39 ± 12,86
	SS	813,51 ± 31,18	839,55 ± 33,32
Acerola E3	MP	1566,58 ± 77,93	620,36 ± 11,99
	SS	676,09 ± 22,81	89,84 ± 9,03
Carambola E3	MP	130,60 ± 7,58	22,68 ± 0,62
	SC	1796,16 ± 63,51	357,28 ± 7,94
Goiaba E1	MP	175,31 ± 6,62	40,56 ± 5,76
	SS	180,19 ± 15,02	46,92 ± 2,12
Goiaba E3	MP	160,87 ± 6,95	53,19 ± 4,45
	SS	161,07 ± 3,70	33,79 ± 0,79
Manga ‘Tommy Atkins’ E2	MP	62,69 ± 1,08	4,96 ± 0,83
	SC	534,01 ± 30,44	8,99 ± 0,45
	SA	3896,72 ± 93,08	953,12 ± 30,59
Manga ‘Tommy Atkins’ E3	MP	51,22 ± 1,52	3,29 ± 0,10
	SC	434,58 ± 24,94	49,54 ± 2,85
	SA	4110,40 ± 79,77	457,53 ± 15,46
Manga ‘Keitt’ E3	MP	36,85 ± 1,77	5,37 ± 0,53
	SC	604,86 ± 25,87	249,73 ± 34,86
	SA	3797,97 ± 40,01	670,08 ± 7,70
Manga ‘Palmer’ E1	MP	89,67 ± 3,69	1,93 ± 0,03
	SC	530,05 ± 12,36	855,54 ± 30,83
	SA	3170,61 ± 53,72	648,76 ± 35,98
Manga ‘Palmer’ E3	MP	64,59 ± 6,87	2,76 ± 0,06
	SC	873,32 ± 18,21	364,37 ± 35,66
	SA	3976,89 ± 87,96	573,50 ± 53,10
Maracujá E2	MP	53,59 ± 1,76	7,73 ± 0,15
	SC	60,77 ± 3,21	147,25 ± 25,15
	SS	479,93 ± 36,99	38,65 ± 1,35

Os maiores teores, acima de 500 mg.100g<sup>-1</sup>, foram observados em todos os subprodutos representados pelas sementes das acerolas e das amêndoas de todas as cultivares de manga, bem como as cascas de carambola da empresa E3 e de mangas ‘Tommy Atkins’ da empresa E2, ‘Keitt’ da empresa E3, e ‘Palmer’ das empresas E1 e E3 (Tabela 2). Maisuthisalkul et al. (2007) detectaram teor de polifenóis de 5160 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (base seca) em amêndoa da semente de manga *in natura*. Valores elevados também foram encontrados para amêndoa liofilizada de manga, cujo teor de PET foi de 11700 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (SOONG; BARLOW, 2004), cuja técnica foi utilizada para retirada de água no material, bem como para prevenir a ação de patógenos e outras reações químicas indesejáveis.

Ao estudarem farinhas obtidas diretamente da casca e da amêndoa de manga coletadas após o processamento da variedade Zebda, em indústria localizada no Egito, na formulação de biscoitos, Ashoush e Gadallah (2011) encontraram teores de polifenóis de 1906 e 2390 mg.100g<sup>-1</sup>, evidenciando maiores teores quando quantificados em matéria seca. Os autores indicaram seus usos como fontes potenciais de ingredientes alimentares funcionais. Amêndoa de manga em pó foi avaliada quanto à sua qualidade composicional por Abdalla et al. (2007), que detectaram 112 mg.100g<sup>-1</sup> de fenólicos, com predominância de taninos e vanilina, que assumiram percentuais, em relação aos demais tipos de fenólicos observados, 20,7% e 20,2% do total desses compostos.

Abbasi et al. (2015), ao avaliarem teores de PET em casca fresca de manga ‘Keitt’, observaram teor de 927,2 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, com predomínio dos ácidos clorogênico, protocateico e gálico, nessa ordem. Cascas de mangas das variedades ‘Keitt’ e ‘Tommy Atkins’, após liofilização, exibiram médias de polifenóis de 4671,02 e 3587,71 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (SERNA-COCK; TORRES-LEÓN, 2015), de forma que os autores sugeriram seu uso pela agroindústria na composição de alimentos processados em formulações prebióticas, por serem fontes potenciais de antioxidantes e fibra alimentar.

Imran et al. (2013) avaliaram o perfil químico das cascas de diferentes variedades de manga e identificaram, para os polifenóis, faixas de valores de 45,25 – 67,12 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, para o extrato aquoso, 56,03-71,25 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, para extrato acetônico, e 75,28 – 87,67 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, em meio etanólico. Apesar de os autores indicarem teores diferenciados de acordo com o meio de extração, os valores verificados no presente estudo para as cascas das mangas ‘Tommy Atkins’, ‘Keitt’ e ‘Palmer’, são substancialmente superiores, indicando a eficiência do método utilizado para extração dos polifenóis.

Caetano (2009), ao estudar a extração de compostos fenólicos em subprodutos de acerola em diferentes líquidos extratores, observou que o solvente hidroacetônico, embora tenha propiciado uma maior quantidade de fenólicos totais, a ação antioxidante deste extrato foi inferior à exibida pelos extratos hidroetanólico e hidrometanólico, que exibiram a melhor ação antioxidante. A autora destacou que o resíduo agroindustrial de acerola apresenta-se como fonte de antioxidante natural, permitindo vislumbrar a sua utilização em alimentos em substituição ou em associação aos antioxidantes sintéticos.

Entre os métodos utilizados para determinar a capacidade de um antioxidante para capturar radicais livres, o radical ABTS•+ é um dos mais aplicados, por ser considerado um método de elevada sensibilidade, prático, rápido e muito estável (KUSKOSKI et al., 2005).

A maioria das matérias-primas apresentou menor atividade antioxidante que os seus respectivos subprodutos, exceto para as acerolas das empresas E1 e E3 e goiaba pertencente à empresa E3 (Tabela 2). Os subprodutos casca de maracujá E2 e semente de acerola proveniente da empresa E1 apresentaram atividade antioxidante intermediária. Os subprodutos representados pelas amêndoas das mangas “Tommy Atkins” e “Palmer” pertencentes à empresa E3, e os subprodutos cascas de carambola da empresa E2 e das mangas ‘Keitt’ e ‘Palmer’ da empresa E3, mostraram alta atividade pelo método ABTS, com valores entre 249,73 e 573,50  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  polpa.

Capacidades antioxidantes maiores foram observadas nas partes comestíveis de todas as amostras de acerolas, e nos subprodutos correspondentes às sementes de acerola da empresa E2 e amêndoas de mangas ‘Palmer’ da empresa E1 (648,76  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  polpa), ‘Tommy Atkins’ da empresa E2 (953,12  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  polpa) e ‘Keitt’ advinda da empresa E3, bem como subproduto correspondente à casca da manga ‘Palmer’ proveniente da empresa E1. Amostras liofilizadas de amêndoa de manga *in natura* foram analisadas quanto à atividade antioxidante utilizando o método ABTS, observando-se valores de 1397  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  (SOONG; BARLOW, 2004), superiores aos obtidos nesse trabalho em virtude da concentração dos componentes bioativos pela retirada da água, por meio da técnica da liofilização.

As farinhas das cascas e das amêndoas, advindos de frutos de manga “Tommy Atkins”, foram avaliadas por Arbos et al. (2013), e apresentaram atividade antioxidante superior às porções comestíveis pelo método DPPH, com destaque para a farinha da casca,

graças ao seu elevado teor de compostos fenólicos. Os autores ainda relataram que a farinha da amêndoa possui alta concentração de substância lipídica com importante ação antimicrobiana, o que repercute em maior tempo de armazenamento da farinha sem alterações químicas de grande magnitude.

Silveira (2014), ao estudar o aproveitamento de sementes de goiaba da variedade Paluma para a extração de óleo e investigar o potencial de utilização das sementes como farinha na formulação de biscoitos, concluíram que a farinha obtida a partir deste coproduto é uma alternativa para substituição parcial da farinha de trigo visando melhorar o valor nutritivo dos biscoitos, sem interferir nas características sensoriais.

Os subprodutos correspondentes às cascas de manga ‘Palmer’ proveniente da empresa E1 e de maracujá da empresa E2, bem como de semente da acerola advinda da empresa E2, mostraram maiores valores para atividade antioxidante, determinada usando ABTS e menores teores de polifenóis, indicando, assim, a contribuição de outros compostos para a ação antioxidante. As variações na composição centesimal de diferentes amostras de casca, advinda de fruta fresca, são devido a diferenças de variedades, condições climáticas, localizações topográficas e práticas agronômicas (IMRAN et al., 2013).

O subproduto do processamento da manga caracterizado pela amêndoa é uma fonte potencial de antioxidantes naturais para o uso na indústria de alimentos em substituição aos sintéticos, e pode ser destinado à elaboração de alimentos como sopas, molhos, bebida láctea, produtos de panificação, embutidos, além de seu uso na indústria farmacêutica com os fitoterápicos (CAVALCANTI et al., 2011), e em produtos na indústria de alimentos, como na panificação.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os subprodutos representados por sementes do processamento de acerola apresentaram elevados teores de ácido ascórbico e polifenóis, constituindo-se fontes desses compostos, além de alta capacidade antioxidante. Os subprodutos correspondentes às amêndoas e cascas de todas as cultivares de mangas são fontes de polifenóis e possuem elevada atividade antioxidante pelo método ABTS. Os subprodutos representados pelas cascas de todas as cultivares de manga, bem como pelas sementes de goiabas, apresentaram os maiores teores de carotenoides totais, com possibilidade de uso industrial. Tais características potencializam a recuperação desses compostos nos subprodutos, seja para formulação de novos produtos, ou ainda, incorporação como componente de produtos alimentícios.

## REFERÊNCIAS

- ABBASI, A. M.; GUO, X.; FU, X.; ZHOU, L.; CHEN, Y.; ZHU, Y.; YAN, H.; LIU, R. H. Comparative assessment of phenolic content and *in vitro* antioxidant capacity in the pulp and peel of mango cultivars. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, p. 13507-13527, 2015.
- ABDALLA, A. E. M.; DARWISH, S. M.; AYAD, E. H. E.; EL-HAMAHMY, R. M. Egyptian mango by-product: 1. Compositional quality of mango seed kernel. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1134-1140, 2007.
- AGUIAR, T. M.; RODRIGUES, F. da S.; SANTOS, E. R. dos; SABAA-SRUR, A. U. de O. Caracterização química e avaliação do valor nutritivo de sementes de acerola. **Nutrire**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 91-102, 2010.
- AJILA, C. M.; RAO, L. J.; RAO, U. J. S. P. Characterization of bioactive compounds from raw and ripe *Mangifera indica* L. peel extracts. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 3406-3411, 2010.
- ANDRADE, L. A. de; RIBEIRO, L. P.; RIBEIRO, V. B.; PEREIRA, M. A. B.; VIEIRA, L. G. M.; BARROSO, M. A. de S. Caracterização dos compostos bioativos presentes na biomassa residual da manga Ubá. In: **Anais... XIX Jornada de Engenharia Química**, 2014. Disponível em: <http://www.peteq.feq.ufu.br/jorneq/anais2014/trabalhos/W104.pdf>. Acesso em fevereiro de 2015.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 108p, 2015.
- ARBOS, K. A.; STEVANI, P. C.; CASTANHA, R. de F. Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 161-165, 2013.
- ASHOUSH, I. S.; GADALLAH, M. G. E. Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. **World Journal of Dairy & Food Sciences**, v. 6, n. 1, p. 35-42, 2011.
- BRAGA, A. C.; LIMA, M. dos S.; AZEVÊDO, L. C. de; RAMOS, M. E. C. Obtenção e caracterização de farinha do resíduo gerado no processo industrial de suco de *Malpighia puniceifolia*. **Revista Semiárido De Visu**, v. 2, n. 1, p. 176-183, 2012.
- CAETANO, A. C. da S. **Potencial antioxidante de extratos de resíduos de acerolas (*Malpighia emarginata* D.C.) em diferentes sistemas modelos e na estabilidade oxidativa do óleo de soja**. 2009. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- CARVALHO, P. G. B. de; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. de N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.

CAVALCANTI, M. T.; SILVA, V. C.; COSTA, T. S. da; FLORENCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R. Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 80-83, 2011.

CAZARIN, C. B. B.; SILVA, J. K. da; COLOMEU, T. C.; ZOLLNER, R. de L.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1699-1704, 2014.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COSTA, A. C. S. **Qualidade e atividade antioxidante na porção comestível e resíduos do processamento de acerola produzida no Submédio do Vale do São Francisco**. 2012. 116f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

CUNHA, A. M. da; ARAÚJO, R. D. de; MELLO, C. H.; BOEIRA, J. L. F. **Relatório de Acompanhamento Setorial: Frutas Processadas**. 2008. Disponível em: [http://www.funcex.org.br/material/redemercosul\\_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS\\_BRASIL/BRA\\_151.pdf](http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_BRASIL/BRA_151.pdf). Acesso em setembro de 2013.

D'ARCHIVIO, M.; FILESI, C.; VARÍ, R.; SCAZZOCCHIO, B.; MASELLA, R. Bioavailability of the polyphenols: status and controversies. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, p. 1321-1342, 2010.

FIGUEIREDO, P. Valorização de resíduos da indústria agro-alimentar através do desenvolvimento de ingredientes funcionais e nutracêuticos. **Studia**, vol.13, n.2, p. 79-88, 2010.

FINETTO, M. Frutas da Beleza. **Revista Frutas e Derivados**. 13<sup>a</sup> ed. Ano 4. 2009. p. 27-29. Disponível em [http://www.ibraf.org.br/x\\_files/revista13.pdf](http://www.ibraf.org.br/x_files/revista13.pdf). Acesso em setembro de 2013.

**FNIC** – Food and Nutrition Information Center. 2012. Disponível em: [http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Tables/RDA\\_AI\\_vitamins\\_elements.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf). Acesso em julho de 2014.

IMRAN, M.; BUTT, M. S.; ANJUM, F. M.; SULTAN, J. I. Chemical profiling of different mango peel varieties. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 12, n. 10, p. 934-942, 2013.

KOHATSU, D. S.; EVANGELISTA, R. M.; LEONEL, S. Características de qualidade da casca, polpa e miolo de goiaba em diferentes estádios de maturação. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 86-91, 2009.

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

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.45, p. 1390-1393.1997.

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

LIU, R. H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. **Advances in Nutrition**, v. 4, p. 384-392, 2013.

MAISUTHISAKUL, P.; SUTTAJIT, M.; PONGSAWATMANIT, R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of Thai indigenous plants. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1409-1418, 2007.

MILLER, N.J.; DIPLOCK, A.T.; RICE-EVANS, C.; DAVIES, M.J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v.84, p.407-412, 1993.

MORAES, I. V. M. de. **Dossiê Técnico: Produção de polpa de fruta congelada e suco de frutas.** 2006. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTE3>. Acesso em maio de 2015.

ORDOÑEZ-SANTOS, L. E.; AGUILAR, P. H.; SOLARTE, O. D. R.; JARAMILLO, M. E. A. Concentración de carotenoides totales em resíduos de frutas tropicales. **Producción + Limpia**, v. 9, n. 1, p. 91-98, 2014.

PAZ, M.; GÚLLON, P.; BARROSO, M. F.; CARVALHO, A. P.; DOMINGUES, V. F.; GOMES, A. M.; BECKER, H.; LONGHINOTTI, E.; DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 172, p. 462-468, 2015.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C. R. dos P.; LIMA, A. de; PEREIRA, D. M.; COSTA, C. do N.; CAVALCANTE NETO, A. A. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha de resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 50-56, 2013.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in foods.** Washington: OMNI, 2001. 71p. Disponível em: <http://beauty-review.nl/wp-content/uploads/2014/11/A-guide-to-carotenoid-analysis-in-foods.pdf>. Acesso em outubro de 2011.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: **Palestras... II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais.** 2011. Disponível em: <http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/p12.pdf>. Acesso em setembro de 2013.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

SERNA-COCK, L.; TORRES-LEÓN, C. Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) variedades 'Keitt' y 'Tommy Atkins'. **Acta Agronómica**, v. 64, n. 2, p. 110-115, 2015.

SERNA-COCK, L.; TORRES-LEÓN, C.; AYALA-APONTE, A. Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. **Información Tecnológica**, v. 26, n. 2, p. 41-50, 2015.

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

SILVA, L. M. R. da; FIGUEIREDO, E. A. T. de; RICARDO, N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W. de; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.

SILVEIRA, M. L. R. **Aproveitamento tecnológico e compostos bioativos da semente de goiaba** (*Psidium guajava* L.). 2014. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SLAVIN, J. L.; LLOYD, B. Health benefits of fruits and vegetables. **Advances in Nutrition**, v. 3, p. 506-516, 2012.

SOONG, Y-Y; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, p. 411-417, 2004.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. de J. M. da; LIMA, A. de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ªed. Rio de Janeiro: Artmed, 2013.

TERRONI, H. C.; JESUS, J. M. de; ARTUZO, L. T.; VENTURA, L. V.; SANTOS, R. F.; DAMY-BENEDETTI, P. de C. **Liofilização**. 2013. Disponível em: <http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoanterior/Sumario/2013/downloads/2013/LIOFILIZA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em junho de 2015.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C. da; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. de F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

VICENTE, A. R.; MANGANARIS, G. A.; SOZZI, G. O.; CRISOSTO, C. H. Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. In: FLORKOWSKI, W. J.; SHEWFELT, R. L.; BRUECKNER, B.; PRUSSIA, S. E. (edit.). **Postharvest Handling: A Systems Approach**. 2ªed. Elsevier. 2009. p. 57-106. Disponível em://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123741127000056. Acesso em setembro de 2013.

## **CAPÍTULO IV**

### **QUALIDADE E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE SUBPRODUTOS DO REFINAMENTO DE POLPAS DE FRUTAS**

## RESUMO

Os compostos bioativos contidos nas frutas têm sido utilizados para proteção do organismo humano contra processos oxidativos que levam ao envelhecimento. Como consequência, o interesse por produtos à base de frutas aumentou a ponto de algumas empresas comprarem matérias-primas diretamente de produtores ou de indústrias que fornecem o material pré-processado, voltadas apenas para a transformação secundária. Produtos originados desse segmento incluem as frutas cristalizadas, diversos tipos de conservas, como geleias, doces em massa, sucos, polpas, néctares e drinques. Apesar de não gerarem resíduos volumosos de cascas e sementes, os subprodutos são gerados em etapas diferenciadas, a exemplo do refinamento da polpa, que contém características peculiares em sua composição. Desta maneira, o objetivo desse trabalho foi avaliar características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante em subprodutos do processamento de frutas, provenientes da etapa refinamento. Foram avaliados os subprodutos do refino das seguintes frutas: ameixa, cacau, cajá, caju, cupuaçu, graviola, semente de graviola, jenipapo, mamão, semente de maracujá, morango, tamarindo, semente de tamarindo e umbu. Foram analisadas as seguintes variáveis: atividade de água; acidez titulável; pH; teores de sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, açúcares redutores; amido; substâncias pécnicas totais; ácido ascórbico, carotenoides totais e polifenóis; e, por último, a atividade antioxidante, pelo método ABTS. Os dados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão. Os subprodutos do refinamento da graviola, correspondentes à polpa fibrosa, apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis e substâncias pécnicas, já os representados pelas sementes constituem-se fonte de amido. Os subprodutos do refino da polpa de cajá e mamão são fontes de carotenoides, com possibilidade de utilização industrial. O subproduto do refinamento do caju contém elevado teor de ácido ascórbico. Os maiores teores de amido e polifenóis, bem como elevadas atividades antioxidantes pelo método ABTS, concentraram-se nos subprodutos do refino representados por semente e polpa fibrosa de tamarindo. É imprescindível destacar que, apesar de tais subprodutos serem provenientes de um segundo processamento, ainda detêm teores consideráveis de atributos químicos e componentes bioativos com potencial para aproveitamento na indústria alimentar.

**Palavras-chave:** aproveitamento de subprodutos; carotenoides; polifenóis; refino; ABTS.

## ABSTRACT

The bioactive compounds contained in fruits have been used for protecting the human body against oxidative processes leading to aging. As a result, interest in products from fruit increased to the point that some companies buy raw materials directly from producers or industries that provide pre-processed material, just meant for secondary processing. Originating products in this segment include candied fruits, various types of preserves, like jams, bulk candy, juices, pulps, nectars and drinks. Although not generate bulky waste husks and seeds, by-products are generated in different stages, such as the refinement of the pulp, which contain unique characteristics in its composition. Thus, the aim of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant capacity of by-products of fruit processing, from the refinement stage. We evaluated the refining by-products of the following fruits: plum, cocoa, hog plum, cashew, cupuassu, graviola, soursop seed, jenipapo, papaya, passion fruit seed, strawberry, tamarind, tamarind and umbu seed. The following variables were analyzed: water activity; titratable acidity; pH; soluble solids, total soluble sugars, reducing sugars; starch; total pectic; ascorbic acid, carotenoids and polyphenols; and, finally, the antioxidant activity, the ABTS method. Data were expressed as mean  $\pm$  standard deviation. The graviola refinement of products, corresponding to the fibrous pulp, showed the highest soluble solids and pectic substances as those represented by the seeds are a source of starch. The by-products of the refining of cajá and papaya pulp are sources of carotenoids, with the possibility of industrial use. The byproduct of cashew refinement contains high ascorbic acid content. The higher starch content and polyphenols, as well as high antioxidant activity by ABTS method, concentrated on refining by-products represented by seed and fibrous pulp of tamarind. It is essential to emphasize that, despite such by-products are derived from a second processing, still hold considerable amounts of chemical properties and bioactive components with potential for use in the food industry.

**Keywords:** byproducts recovery; carotenoids; polyphenols; refining; ABTS.

## 1 INTRODUÇÃO

Os princípios ativos contidos nas frutas – ácidos orgânicos, vitaminas, mucilagens, pigmentos polifenólicos, flavonoides, sais minerais, proteínas e aminoácidos – são importantes elementos para combater os traços da idade, bem como doenças crônico-degenerativas. Estudos epidemiológicos mostraram relação entre o consumo de alimentos de origem vegetal e diversos benefícios à saúde, em virtude de componentes bioativos presentes, como polifenóis, terpenoides, ácido ascórbico (FIGUEIREDO, 2010; FINETTO, 2009).

Dentre os componentes bioativos que possuem propriedades antioxidantes, os compostos fenólicos funcionam como antibióticos, pesticidas naturais, atrativos para polinizadores, proteção contra radiação ultravioleta, materiais impermeabilizantes de células e estruturais de plantas (FIGUEIREDO, 2010). Várias plantas têm sido estudadas como fontes de antioxidantes naturais potencialmente seguros para a indústria alimentar e vários compostos foram isolados, muitos deles sendo polifenóis.

Em virtude dos componentes benéficos presentes nos alimentos de origem vegetal, o interesse por produtos à base de frutas só tende a crescer, em decorrência do perfil do consumidor pela busca por produtos e cosméticos que aliem qualidade a resultados no dia-a-dia (FINETTO, 2009). Os produtos oriundos do processamento das frutas podem advir das atividades de empresas que realizam transformações primária ou secundária. A transformação secundária, etapa intermediária do complexo agroindustrial de frutas, consiste na fabricação de produtos elaborados, utilizando matéria-prima semielaborada ou diretamente fornecida da fruticultura. Alguns produtos originados desse segmento são frutas cristalizadas, diversos tipos de conservas de frutas, como geleias, doces em massa, sucos, polpas, néctares e drinques (CUNHA et al., 2008).

Algumas empresas, segundo Finetto (2009), não compram matérias-primas diretamente de produtores, mas de empresas fabricantes de matérias-primas, ou seja, um produto pré-processado. Tais empresas, que realizam processamento secundário, apesar de não gerarem, a princípio, subprodutos volumosos, obtêm subprodutos em etapas diferenciadas, a exemplo do refinamento da polpa, que contém características peculiares e ainda possuem bioativos em sua composição. A autora afirmou que no caso específico do maracujá, as empresas de cosméticos adquirem as sementes de grandes indústrias processadoras de suco, uma vez que apenas esse subproduto é utilizado na extração do óleo.

Os subprodutos representam perdas de biomassa, nutrientes e energia, além de potencializarem problemas ambientais devido ao acúmulo inadequado como a poluição de solos e de corpos hídricos quando da lixiviação de compostos, acarretando, ainda, em problemas de saúde pública, necessitando, assim, de grandes investimentos em tratamento, transporte e disposição dos subprodutos gerados, o que tem efeito direto sobre o preço do produto final (ROSA et al., 2011).

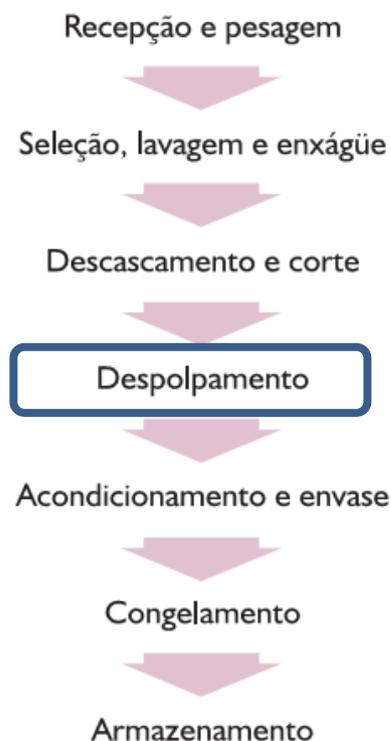
O pseudofruto do caju, por exemplo, é bastante desperdiçado nas agroindústrias de fabricação de bebidas, cujo bagaço é transformado em adubo ou ração para animais. Este poderia ser melhor aproveitado na alimentação humana em decorrência de seu valor nutritivo (SANTANA; SILVA, 2008). Porém, para que os subprodutos, advindos de diferentes etapas do processamento das frutas, sejam transformados em materiais de valor agregado, faz-se necessário caracterizar os componentes que atribuem qualidade, a exemplo de açúcares, pectinas, amido, ácido ascórbico, carotenoides, entre outros.

Desta maneira, o objetivo desse trabalho foi avaliar características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante em subprodutos do processamento de frutas, provenientes da etapa refinamento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os subprodutos avaliados nesse capítulo, normalmente descartados pelas agroindústrias, foram obtidos da etapa do processamento de frutas denominada refinamento ou despulpamento (Figura 1), que tem a finalidade de eliminar sementes, restos florais, fibras, bem como melhorar a qualidade da polpa quanto à aparência, consistência e até mesmo a cor.

Figura 1. Fluxograma geral do processamento de frutas para produção de polpas, com destaque para a etapa despulpamento.

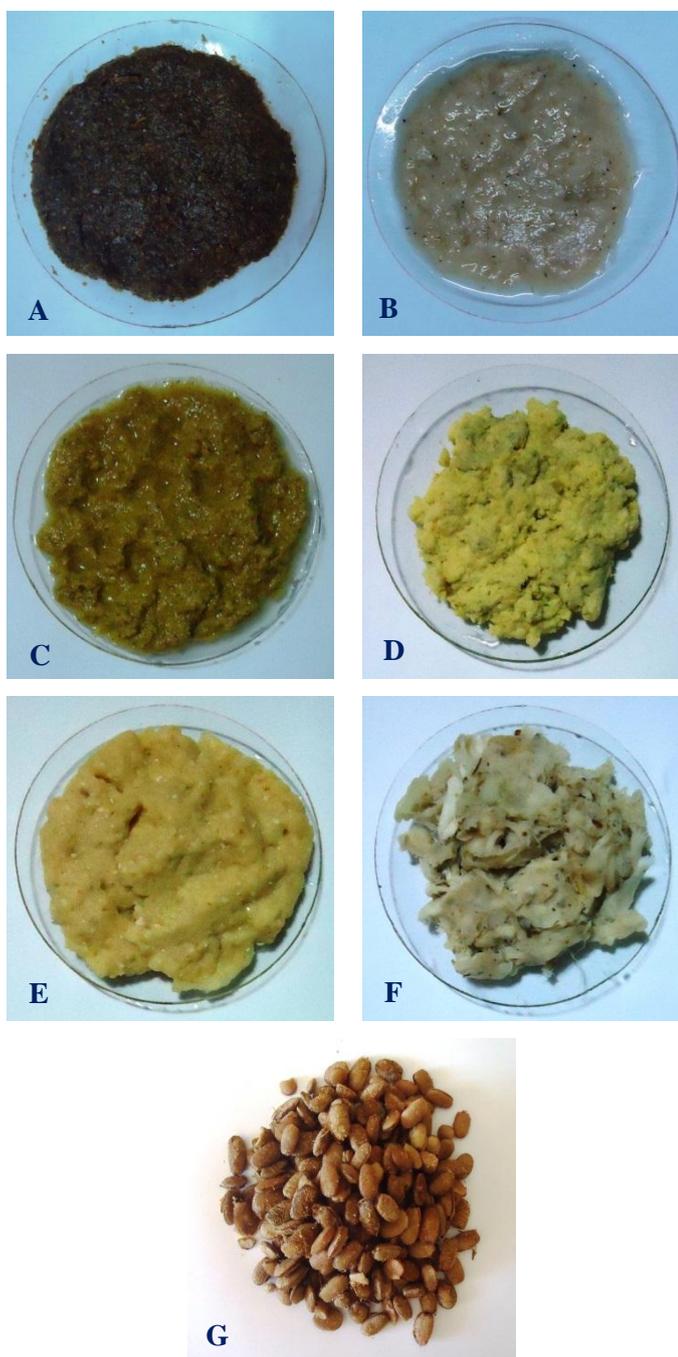


Fonte: Matta et al. (2005).

A indústria de processamento de frutas para produção de polpas, fornecedora dos subprodutos, processa algumas frutas tropicais para produção direta de polpa, e também realiza a transformação secundária, cujas matérias-primas são adquiridas pré-processadas e congeladas, em tambores com capacidade média de 180L, provenientes de empresas de transformação primárias de frutas. Os subprodutos gerados foram obtidos do refino da elaboração de polpas das seguintes frutas: ameixa; cacau; cajá; caju; cupuaçu; graviola, da qual se obteve material fibroso de polpa e semente; jenipapo; mamão; maracujá

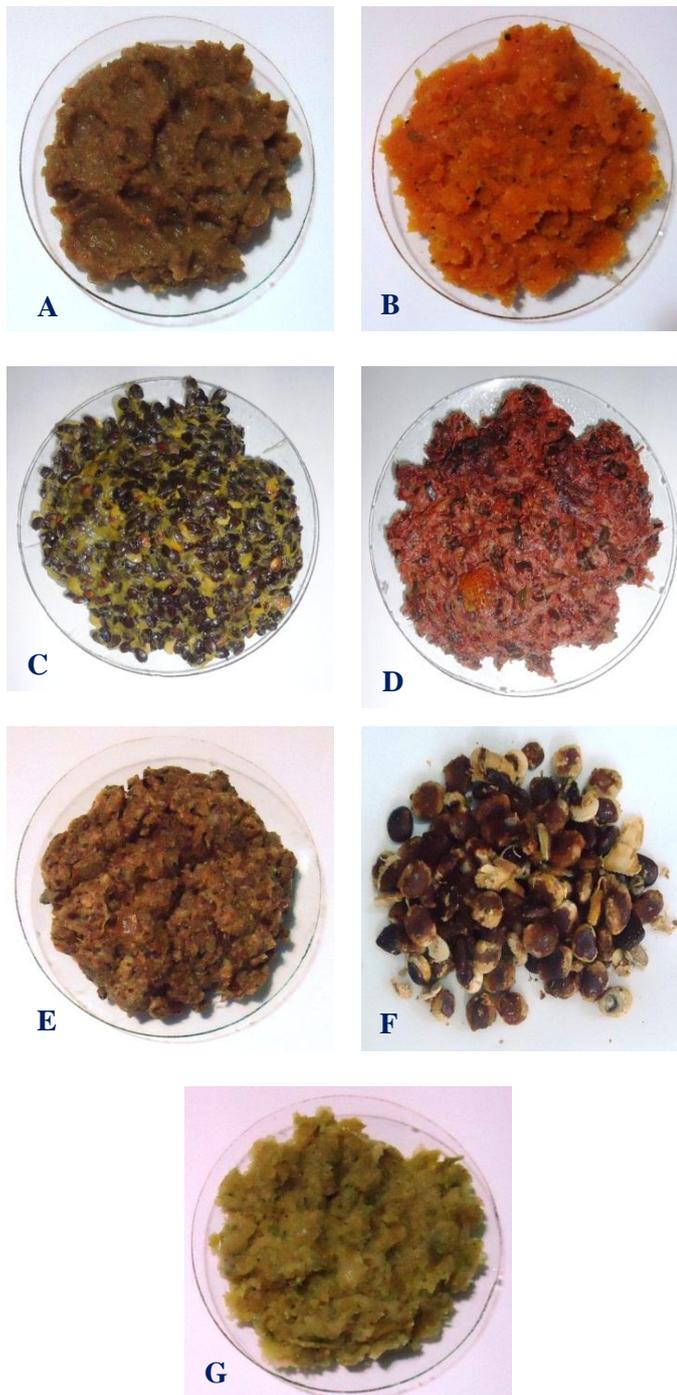
correspondendo a sementes; morango; tamarindo, em que se tinha polpa e semente, separadamente; e umbu (Figuras 2 e 3).

Figura 2. Subprodutos do refinamento de ameixa (A), cacau (B), cajá (C), caju (D), cupuaçu (E), graviola (F) e semente de graviola (G).



Fotos: Andreia Amariz.

Figura 3. Subprodutos do refinamento de jenipapo (A), mamão (B), semente de maracujá (C), morango (D), tamarindo (E), semente de tamarindo (F) e umbu (G).



Fotos: Andreia Amariz.

Assim, os materiais coletados eram constituídos basicamente de subprodutos polposos, exceto as sementes de graviola e de tamarindo que foram separadas de seus respectivos subprodutos de polpa, e do refino do umbu, por terem sido selecionadas apenas as suas cascas.

Para avaliar a qualidade, os componentes bioativos e a atividade antioxidante dos subprodutos do refinamento, foram analisadas as seguintes variáveis:

- ✓ Atividade de água ( $A_w$ ), através de medidor marca Pawkit;
- ✓ Teor de sólidos solúveis (SS), representado em °Brix (AOAC, 1992);
- ✓ Acidez titulável (g de ácido predominante.100 mL<sup>-1</sup>): titulação com solução de NaOH 0,1N usando fenolftaleína como indicador (IAL, 1985);
- ✓ Potencial hidrogeniônico - pH (AOAC, 1992), com imersão do eletrodo diretamente na amostra para a maioria dos subprodutos, exceto para as sementes de graviola e tamarindo, em que se utilizou 1g de amostra diluída em 10 mL de água destilada, para posterior determinação no equipamento;
- ✓ Teores de açúcares solúveis totais – AST, com doseamento feito com o reagente antrona (YEMN; WILLIS, 1954), e redutores – AR (MILLER, 1959), quantificados com o DNS, ambos expressos em g.100g<sup>-1</sup>;
- ✓ Teor de amido, com extração em hidrólise ácida e doseamento com DNS, expresso g.100 g<sup>-1</sup> (MILLER, 1959);
- ✓ Substâncias pécticas totais (mg.100g<sup>-1</sup>), com extração descrita por McReady e MacComb (1952) e doseamento com padrão de ácido galacturônico, segundo Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973);
- ✓ Teor de ácido ascórbico, expresso em mg.100g<sup>-1</sup> (STROHECKER; HENNING, 1967);
- ✓ Teor de carotenoides totais, quantificado com éter de petróleo e expresso em µg.g<sup>-1</sup> (RODRIGUES-AMAYA, 2001);
- ✓ Polifenóis extraíveis totais (PET), com resultados expressos em mg ácido gálico.100 g<sup>-1</sup> (LARRAURI et al., 1997);
- ✓ Atividade antioxidante total pelo método de captura do radical ABTS, com os resultados expressos em µM Trolox.g polpa<sup>-1</sup> (RUFINO et al., 2007).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com os tratamentos correspondentes aos subprodutos do refinamento. Os subprodutos foram

representados por quatro repetições cada, que continham cerca de 2 kg de material. Os dados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais analisados apresentaram valores distintos para a maioria das variáveis estudadas. Os subprodutos representados por sementes de graviola e de tamarindo apresentaram os menores valores para a variável atividade de água, de 0,52 e 0,59 (Tabela 1). Os demais subprodutos obtidos do refinamento mostraram elevada  $A_w$ , superior a 0,89.

Tabela 1. Atividade de água –  $A_w$  de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.

Polpa Pré-Processada	$A_w$
Ameixa	0,92 ± 0,01
Cacau	0,95 ± 0,01
Cajá	0,90 ± 0,03
Caju	0,91 ± 0,01
Cupuaçu	0,92 ± 0,01
Graviola	0,94 ± 0,00
Graviola semente	0,52 ± 0,02
Jenipapo	0,91 ± 0,01
Mamão	0,94 ± 0,00
Maracujá semente	0,94 ± 0,01
Morango	0,95 ± 0,01
Tamarindo	0,89 ± 0,02
Tamarindo semente	0,59 ± 0,01
Umbu	0,94 ± 0,01

Os sólidos solúveis mais baixos foram exibidos pelas sementes de graviola e tamarindo, com 1,8 e 3,23°Brix, e as médias mais elevadas, de 12,33, 12,90 e 13,70°Brix corresponderam aos subprodutos representados por semente de maracujá, cacau e ameixa (Tabela 2). Valores intermediários foram apresentados pelos subprodutos do processamento de caju, morango, umbu, cajá, jenipapo e cupuaçu, entre 5,4 e 7,3°Brix (Tabela 2). Subprodutos de mamão, graviola e tamarindo mostraram teores de SS por volta de 9°Brix.

Tabela 2. Teor de Sólidos Solúveis – TSS (°Brix), Acidez Titulável – AT (g de ácido predominante.100 mL<sup>-1</sup>) e pH, de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.

Polpa Pré-Processada	TSS	AT	pH
Ameixa	13,7 ± 0,45	0,32 ± 0,03	3,66 ± 0,27
Cacau	12,9 ± 0,08	0,78 ± 0,01	3,92 ± 0,03
Cajá	6,5 ± 0,71	1,68 ± 0,08	2,90 ± 0,07
Caju	5,5 ± 0,83	0,55 ± 0,05	4,01 ± 0,11
Cupuaçu	7,3 ± 0,62	2,13 ± 0,03	3,12 ± 0,01
Graviola	9,6 ± 0,97	0,65 ± 0,04	3,28 ± 0,34
Graviola semente	1,8 ± 0,08	0,61 ± 0,04	3,89 ± 0,81
Jenipapo	6,9 ± 0,93	1,04 ± 0,10	3,41 ± 0,03
Mamão	9,5 ± 0,08	0,19 ± 0,01	5,31 ± 0,25
Maracujá semente	12,3 ± 0,21	1,53 ± 0,16	3,61 ± 0,23
Morango	5,5 ± 0,10	0,96 ± 0,08	3,17 ± 0,04
Tamarindo	9,8 ± 0,50	10,11 ± 1,21	2,52 ± 0,29
Tamarindo semente	9,9 ± 0,24	0,62 ± 0,11	4,52 ± 0,16
Umbu	5,5 ± 0,30	1,32 ± 0,08	2,67 ± 0,13

O subproduto correspondente à polpa de tamarindo apresentou 10,11% de ácido cítrico, destacando-se entre os materiais (Tabela 2). Os subprodutos do refinamento da polpa de jenipapo, umbu, semente de maracujá, cajá e cupuaçu, tiveram valores médios de acidez entre 1,04 e 2,13% de ácido cítrico, sendo que os demais apresentaram abaixo de 1%. O ácido cítrico, além de antioxidante, é um agente quelante usado juntamente com o ácido ascórbico, para formar quelatos de baixo peso molecular com o ferro, e assim, elevam sua absorção pelo organismo (ANDRADE et al., 2014).

A variável pH dividiu os subprodutos em dois grupos apenas, o primeiro correspondente ao pH pouco ácido, acima de 4,5, com a inclusão dos subprodutos do refinamento da polpa de mamão e da semente de tamarindo, e o outro grupo de pH bastante ácido, que contempla os demais materiais (Tabela 2).

Santiago-Silva et al. (2011) avaliaram a qualidade da parte comestível do mamão, e obtiveram sólidos solúveis que variaram entre 8,7 e 13,5°Brix, acidez titulável de 0,07 g.100g<sup>-1</sup> e pH 5,36, semelhantes aos obtidos nessa pesquisa. Valores mais elevados para acidez e pH foram obtidos por Ordoñez-Santos et al. (2014) para subproduto de mamão, com 0,27% de ácido cítrico e pH 5,22.

Tiburski et al. (2011) estudaram a composição físico-química de polpa de cajá e detectaram pH e acidez semelhantes aos obtidos nessa pesquisa para o subproduto do refinamento, pH 2,83 e 1,46 % de ácido cítrico. Porém, quanto ao teor de sólidos solúveis, o valor foi de 14,9°Brix.

Graviola comercializada em Sergipe foi avaliada por Marcellini et al. (2003) quanto aos parâmetros físico-químicos, que obtiveram teor de SS de 12,21°Brix, acidez de 0,57 e pH 4,36. Os valores detectados pela presente pesquisa para o subproduto do refinamento da polpa pré-processada da graviola foram inferiores, o que pode estar associado ao estágio menos avançado de maturação da matéria-prima processada.

Os subprodutos que exibiram maiores teores de açúcares solúveis totais foram cacau, com 9,51 g.100g<sup>-1</sup>, seguido de graviola, mamão e ameixa, com teores por volta de 6 g.100g<sup>-1</sup> (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de Açúcares Solúveis Totais – AST (g.100 g<sup>-1</sup>) e Açúcares Redutores – AR (g.100 g<sup>-1</sup>) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.

Polpa Pré-Processada	AST	AR
Ameixa	6,74 ± 0,07	4,71 ± 0,27
Cacau	9,51 ± 0,23	3,76 ± 0,12
Cajá	4,76 ± 0,46	4,20 ± 0,16
Caju	4,54 ± 0,73	3,89 ± 1,03
Cupuaçu	3,61 ± 0,11	3,41 ± 0,34
Graviola	6,11 ± 0,08	6,07 ± 0,48
Graviola semente	1,15 ± 0,06	1,00 ± 0,11
Jenipapo	5,06 ± 0,76	4,79 ± 0,18
Mamão	6,28 ± 0,09	5,28 ± 0,14
Maracujá semente	3,51 ± 0,08	3,21 ± 0,16
Morango	3,11 ± 0,10	2,74 ± 0,14
Tamarindo	5,19 ± 0,75	4,60 ± 0,29
Tamarindo semente	5,53 ± 0,14	4,80 ± 0,22
Umbu	2,55 ± 0,06	2,24 ± 0,09

Os teores de açúcares solúveis totais, em relação aos sólidos solúveis, apresentaram percentual acima de 60% para os subprodutos do refinamento de polpa de cacau, cajá, caju, graviola, jenipapo, mamão, e as sementes de graviola e de tamarindo.

Para os açúcares redutores, os subprodutos graviola e mamão expressaram os maiores teores, de 6,07 e 5,28 g.100g<sup>-1</sup> (Tabela 3). De forma geral, o teor de AR dos subprodutos indicou comportamento similar, ao compor o maior teor dos açúcares totais, exceto para o cacau, em que os açúcares redutores representaram apenas 39% dos AST. Maldonado-Astudillo et al. (2014) reuniram informações acerca do conteúdo de AR em polpa de cajá, e os dados exibiram uma faixa de 3,8-8,0 g.100g<sup>-1</sup>, o que inclui o resultado encontrado pela presente pesquisa.

De todos os subprodutos avaliados, apenas ameixa e graviola expressaram maiores teores de substâncias pécicas, de 1,71 e 1,40 mg.100g<sup>-1</sup> (Tabela 4), comparáveis à casca do maracujá estudada no capítulo 2, seguidos do subproduto do refino do umbu, com valor médio de 0,99 mg.100g<sup>-1</sup>.

Tabela 4. Teores de substâncias pécicas totais – Pectina (mg.100 g<sup>-1</sup>) e de amido (g.100 g<sup>-1</sup>) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.

Polpa Pré-Processada	Pectina	Amido
Ameixa	1,71 ± 0,11	2,53 ± 0,18
Cacau	0,55 ± 0,02	0,22 ± 0,03
Cajá	0,30 ± 0,08	1,02 ± 0,11
Caju	0,31 ± 0,08	1,01 ± 0,07
Cupuaçu	0,25 ± 0,06	0,43 ± 0,07
Graviola	1,40 ± 0,10	1,04 ± 0,22
Graviola semente	0,23 ± 0,04	12,50 ± 0,45
Jenipapo	0,82 ± 0,05	1,64 ± 0,20
Mamão	0,86 ± 0,15	0,20 ± 0,03
Maracujá semente	0,31 ± 0,06	1,40 ± 0,18
Morango	0,58 ± 0,07	0,63 ± 0,05
Tamarindo	0,57 ± 0,08	1,32 ± 0,04
Tamarindo semente	0,76 ± 0,04	31,10 ± 1,79
Umbu	0,99 ± 0,10	1,52 ± 0,47

Os subprodutos representados pelas sementes de tamarindo e graviola apontaram os maiores teores de amido, com 31,10 e 12,50 g.100g<sup>-1</sup> (Tabela 4). Os teores mais baixos foram observados nos subprodutos cacau, cupuaçu, mamão e morango.

Dentre os compostos bioativos, o ácido ascórbico é um excelente antioxidante, atuando no sequestro de radicais livres e na prevenção do estresse oxidativo (LIU, 2013). De

acordo com FNIC (2012), para homens e mulheres acima de 19 anos, a ingestão diária recomendada é, nessa ordem, de 90 e 75 mg. No presente estudo, apenas os subprodutos do refino representados por polpa de tamarindo e de caju expressaram valores acima do recomendado, de 75,91 e 232,60 mg.100g<sup>-1</sup> (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de ácido ascórbico - AA (mg.100g<sup>-1</sup>) e de carotenoides totais - CT (µg.g<sup>-1</sup>) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.

Polpa Pré-Processada	AA	CT
Ameixa	34,17 ± 0,01	3,92 ± 0,57
Cacau	39,16 ± 0,01	n.d.
Cajá	71,00 ± 9,34	70,60 ± 4,36
Caju	232,60 ± 12,37	9,33 ± 0,37
Cupuaçu	63,67 ± 9,78	6,18 ± 0,68
Graviola	39,19 ± 0,01	n.d.
Graviola semente	39,18 ± 0,03	n.d.
Jenipapo	30,62 ± 8,36	n.d.
Mamão	39,17 ± 0,01	49,76 ± 1,33
Maracujá semente	56,32 ± 4,89	11,11 ± 1,30
Morango	63,69 ± 9,83	13,32 ± 1,02
Tamarindo	75,91 ± 16,74	2,84 ± 0,12
Tamarindo semente	39,19 ± 0,02	n.d.
Umbu	68,58 ± 19,54	7,44 ± 0,45

Contreras-Calderón et al. (2011) estudaram teor de ácido ascórbico em frutas exóticas da Colômbia, e identificaram conteúdo de 228 mg.100g<sup>-1</sup> para o caju, média similar quando comparada ao subproduto analisado no presente estudo. Por sua vez, subprodutos do refinamento de polpa de graviola e cupuaçu foram avaliados nutricionalmente por Sousa et al. (2011), que encontraram médias, respectivamente, de 64,35 e 14,47 mg.100g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, não sendo consideradas fontes significativas dessa vitamina. Omena et al. (2012) obtiveram valor elevado de ácido ascórbico em subproduto de casca de umbu, cerca de 152 mg.100g<sup>-1</sup> em base seca, porém não detectaram esse nutriente na polpa do jenipapo.

Frutos como umbu, tamarindo, graviola e mamão, foram analisados quanto aos teores de ácido ascórbico por Almeida et al. (2011), que registraram valores de 12,1, 3,1, 3,3 e 8,6 mg.100g<sup>-1</sup> (ALMEIDA et al., 2011). Lim et al. (2007) estudaram propriedades antioxidantes em diversos frutos tropicais e detectaram teor de ácido ascórbico de 108 mg.100g<sup>-1</sup> em polpa de mamão cv. Solo. Mamão das cultivares Formosa e Sunrise apresentaram teores de ácido

ascórbico de 64,2 e 77,1 mg.100g<sup>-1</sup> (VALENTE et al., 2011). Os trabalhos de Lim et al. (2007) e Valente et al. (2011) indicaram teores de ácido ascórbico elevados quando comparados ao obtido na presente pesquisa.

Estima-se que existam mais de 600 carotenoides distintos, cuja coloração varia de amarelo, laranja a vermelho, e que têm recebido considerável atenção devido às suas funções fisiológicas únicas, como provitaminas e efeitos antioxidantes, especialmente na captura do oxigênio singleto (LIU, 2013).

Subprodutos do cajá e mamão, dentre os avaliados, apresentaram maiores teores de carotenoides totais, de 70,60 e 49,76 µg.g<sup>-1</sup> (Tabela 5). Resultado similar foi encontrado por Murillo et al. (2010), com 45,8 µg.g<sup>-1</sup> em polpa de cajá. Ambos são classificados, de acordo com os mesmos autores, em materiais com níveis muito altos desse pigmento e, mesmo os subprodutos que se encontram na faixa de 5-20 µg.g<sup>-1</sup>, são considerados de alto conteúdo de carotenoides.

Carotenoides totais foram avaliados por Sousa et al. (2011) em subprodutos do refino de cupuaçu e graviola, com valores de 1,27 e 0,21 µg.g<sup>-1</sup>, e em mamão, por Ordoñez-Santos et al. (2014), que obtiveram 58,8 µg.g<sup>-1</sup>. Farinha de subproduto do processamento de umbu, proveniente de frutos semi-maduros, apresentou teor de carotenoides de 7,47 µg.g<sup>-1</sup> (MELO; ANDRADE, 2010), semelhante ao obtido nessa pesquisa para o subproduto fresco.

Os subprodutos que exibiram elevado teor de polifenóis foram cajá, caju, morango, tamarindo e sua semente, com valores acima de 500 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (Tabela 6). Os subprodutos do refino de ameixa e morango exibiram teores de polifenóis extraíveis totais de 80,72 e 814,76 mg EAG.100g<sup>-1</sup>.

Vasco et al. (2008) encontrou valor inferior de PET para morango, de 238 mg EAG.100g<sup>-1</sup> e média elevada para a ameixa, de 440 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, ambas frutas *in natura*. Já Fu et al. (2011) obtiveram teores variando de 73,04 a 102,43 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, de acordo com o resultado do presente estudo. As diferenças podem estar relacionadas às condições e local de cultivo da matéria-prima, que podem promover incrementos em certos compostos bioativos, e à composição do subproduto do morango analisado, que pode ter contribuído para aumento no teor de PET.

Tabela 6. Teor de polifenóis extraíveis totais – PET (mg ácido gálico.100g<sup>-1</sup>) e atividade Antioxidante - ABTS (µM Trolox.g<sup>-1</sup> polpa) de subprodutos do refinamento de polpas pré-processadas, provenientes de agroindústria de polpas de frutas.

Polpa Pré-Processada	PET	ABTS
Ameixa	80,72 ± 5,89	30,24 ± 3,84
Cacau	104,79 ± 2,87	7,74 ± 0,67
Cajá	502,32 ± 58,28	115,24 ± 3,77
Caju	753,25 ± 20,07	77,24 ± 4,13
Cupuaçu	118,01 ± 4,42	19,45 ± 0,98
Graviola	188,23 ± 6,36	50,31 ± 4,85
Graviola semente	37,13 ± 1,44	63,44 ± 2,64
Jenipapo	83,62 ± 2,22	5,47 ± 0,04
Mamão	84,00 ± 8,10	99,17 ± 7,33
Maracujá semente	296,71 ± 14,29	17,44 ± 1,91
Morango	814,76 ± 22,51	174,20 ± 18,12
Tamarindo	1011,34 ± 85,56	264,16 ± 10,45
Tamarindo semente	5919,64 ± 97,51	7782,69 ± 78,20
Umbu	23,96 ± 1,53	8,81 ± 0,89

Os teores de polifenóis nos subprodutos tamarindo e sua semente apresentaram os maiores valores entre os materiais avaliados, de 1011,34 e 5919,64 mg EAG.100g<sup>-1</sup>. Maisuthisalkul et al. (2007) quantificaram 13440 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de fenólicos totais em semente de tamarindo com película, em base seca. Amostras liofilizadas de polpa e semente de tamarindo apresentaram, respectivamente, 390 e 9450 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (SOONG; BARLOW, 2004), e extrato de semente de tamarindo estudada por Luzia e Jorge (2011) apresentou 4930 mg EAG.100g<sup>-1</sup>. Para o presente estudo, destacam-se os potenciais selecionados desses subprodutos como fontes de compostos fenólicos.

Partes comestíveis de cajá, graviola e tamarindo foram liofilizadas e posteriormente quantificadas quanto aos teores de polifenóis, que apresentaram, respectivamente, 744, 817 e 474 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (PAZ et al., 2015). Rufino et al. (2010) avaliaram os compostos bioativos de 18 frutas não tradicionais consumidas no Brasil, dentre essas cajá, caju e umbu, que exibiram teores de polifenóis extraíveis totais de 72, 118 e 90,4 mg EAG.100g<sup>-1</sup>.

Contreras-Calderón et al. (2011) pesquisaram os teores de PET em frutas exóticas e, para o caju, material constituído de polpa e casca, obtiveram 445 mg EAG.100g<sup>-1</sup>. Polpa de jenipapo e casca de umbu foram analisadas em base seca por Omena et al. (2012) quanto ao teor de polifenóis advindos de extratos etanólicos, cujos valores foram de 6160 e 5250 mg

EAG.100g<sup>-1</sup>. Umbu, tamarindo, graviola e mamão apresentaram, em suas partes comestíveis, teores de fenólicos de 44,6, 83,8, 54,8 e 53,2 mg EAG.100g<sup>-1</sup> (ALMEIDA et al., 2011).

Fenólicos totais foram quantificados por Sousa et al. (2011) em subprodutos frescos de frutas tropicais e observaram teores de 4,66 e 18,60 mg.100g<sup>-1</sup> para extratos aquosos de cupuaçu e graviola, respectivamente. Ao estudarem a aplicação de vários métodos químicos para determinar a atividade antioxidante em polpas de frutos, Kuskoski et al. (2005) relataram valores de 20,5 e 84,3 mg EAG.100g<sup>-1</sup> para cupuaçu e graviola, respectivamente, abaixo das médias atingidas por essa pesquisa, o que pode estar associado ao solvente de extração e que culminou com maiores teores de polifenóis nesses subprodutos do presente estudo.

Lako et al. (2007) quantificaram polifenóis em polpas de graviola e mamão ‘Havaí’, 42 e 26 mg.100g<sup>-1</sup>, enquanto Lim et al. (2007) observaram teor similar para polpa de mamão, de 28 mg EAG.100g<sup>-1</sup>. Huang et al. (2010) analisaram teores de PET em polpa e semente de graviola, observando médias de 1500 e 300mg EAG.100g<sup>-1</sup> em matéria seca, e a polpa fresca mostrou 236 mg EAG.100g<sup>-1</sup> de polifenóis, média superior à obtida nesse trabalho.

A biodisponibilidade dos polifenóis pode ser afetada por fatores ambientais, como radiação e grau de amadurecimento; de processamento, a exemplo de tratamentos térmicos e homogeneização; e fatores internos, como interação com outros compostos como proteínas e até mesmo outros polifenóis com mecanismo similar de absorção (D’ARCHIVIO et al., 2010). É essencial destacar que a metodologia e o solvente utilizados na extração podem influenciar sobremaneira os teores dos fenólicos em alimentos.

Diversos solventes podem ser utilizados com sucesso na extração de compostos e o aumento do rendimento depende diretamente da polaridade dos mesmos. É interessante ressaltar que os frutos contêm inibidores de oxidação, a exemplo dos compostos fenólicos, ácido ascórbico e ácidos hidroxicarboxílicos, e carotenoides, e que a extração desses fitoquímicos também é influenciada pela polaridade do solvente usado (PEREIRA et al., 2013).

A atividade antioxidante observada nos subprodutos de cajá, de morango e de polpa de tamarindo foi elevada, entre 115,24 e 264,16 µM Trolox.g<sup>-1</sup> (Tabela 6). Acompanhando o elevado teor de PET, o subproduto representado pela semente de tamarindo exibiu a maior capacidade antioxidante pelo método ABTS, de 7782,69 µM Trolox.g<sup>-1</sup>, indicando que essa atividade está diretamente relacionada à rica composição em polifenóis. Soong e Barlow

(2004) avaliaram subprodutos de polpa e sementes de tamarindo liofilizados quanto à ação antioxidante pelo método de captura do radical ABTS e encontraram valores de 30 e 1160  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ .

Para o subproduto do morango, a média encontrada de 174,20  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  polpa foi consideravelmente superior ao obtido por Vasco et al. (2008), que avaliaram a capacidade antioxidante em frutas no Equador e verificaram valores aproximados de 36 e 22  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  para morango e ameixa. Capacidade antioxidante também foi estudada por Fu et al. (2011) em 62 frutas, e para as ameixas vermelha e preta, os valores encontrados foram 5,22 e 6,48  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ . Machado et al. (2013) estudaram o efeito do processamento sobre os teores de compostos fenólicos em ameixa preta e morango, observando médias de 57,67 e 107,30 mg EAG.100g<sup>-1</sup>, obtidos em extratos aquosos.

O subproduto casca de umbu e a polpa do jenipapo, mostraram atividade antioxidante pelo ABTS de 400 e 530  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  de extrato seco (OMENA et al., 2012). Polpa e semente de graviola avaliadas por Huang et al. (2010), exibiram, em base seca, 125 e 28  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$ . Cajá, caju e umbu, frutas não tradicionais consumidas no Brasil, apresentaram teores de polifenóis de 7,8, 11,2 e 6,3  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  de polpa (RUFINO et al., 2010).

Polpas de mamão e graviola foram analisadas pelo método ABTS, e apresentaram médias para atividade antioxidante de 100 e 72  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  (LAKO et al., 2007). Kuskoski et al. (2005) identificaram capacidade antioxidante pelo método ABTS de 4,8 e 2,0  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  polpa para graviola e cupuaçu, valores inferiores aos obtidos nos subprodutos nesse trabalho. Almeida et al. (2011) avaliaram atividade antioxidante variando de 1,07 a 8,32  $\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$  para as partes comestíveis de umbu, mamão, graviola e tamarindo.

## 4 CONCLUSÕES

Os subprodutos do refinamento da graviola, correspondentes à polpa fibrosa, apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis e substâncias pécicas, já os representados pelas sementes constituem-se fonte de amido. Os subprodutos do refino da polpa de cajá e mamão são fontes de carotenoides, com possibilidade de utilização industrial. O subproduto do refinamento do caju contém elevado teor de ácido ascórbico. Os maiores teores de amido e polifenóis, bem como elevadas atividades antioxidantes pelo método ABTS, concentraram-se nos subprodutos do refino representados por semente e polpa fibrosa de tamarindo. É imprescindível destacar que, apesar de tais subprodutos serem provenientes de um segundo processamento, ainda detêm teores consideráveis de atributos químicos e componentes bioativos com potencial para aproveitamento na indústria alimentar.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho caracterizou os subprodutos do processamento de frutas, advindos das etapas de descascamento das frutas e refinamento das polpas, através de atributos físico-químicos, químicos, dos compostos bioativos e da capacidade antioxidante. Os resultados obtidos apontaram que os subprodutos do processamento de frutas representados por sementes de acerola e pelas cascas e sementes de todas as cultivares de manga, bem como pelas sementes provenientes do refinamento da polpa de tamarindo, em geral, apresentaram elevadas concentrações dos compostos químicos de interesse e alta atividade antioxidante, abrindo, assim, perspectiva para um melhor aproveitamento desses subprodutos.

Os teores estudados não foram uniformes entre as formas de processamento (subprodutos do processamento de frutas e do refinamento de polpas), nem para as frutas *in natura* e seus respectivos estádios de maturação, o que conduz a formas diferenciadas de aproveitamento dos subprodutos entre as agroindústrias processadoras de frutas para produção de polpas. Com o intuito de evidenciar o aproveitamento dos subprodutos, faz-se necessário avaliar seus perfis de fitoquímicos a fim de identificar e isolar algum composto específico que possua uma função biológica interessante. Incentivar estudos de caracterização dos subprodutos em base seca seria outra possibilidade a ser abordada, com vistas à concentração e preservação de compostos.

Enfim, a utilização de subprodutos do processamento de frutas e do refinamento de polpas na formulação de novos produtos ou incorporação em produtos já existentes, poderá ser vantajosa e agregará valor às agroindústrias produtoras de polpas de Petrolina-PE e Juazeiro-BA.

## REFERÊNCIAS

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

ANDRADE, L. A. de; RIBEIRO, L. P.; RIBEIRO, V. B.; PEREIRA, M. A. B.; VIEIRA, L. G. M.; BARROSO, M. A. de S. Caracterização dos compostos bioativos presentes na biomassa residual da manga Ubá. In: **Anais... XIX Jornada de Engenharia Química**, 2014. Disponível em: <http://www.peteq.feq.ufu.br/jorneq/anais2014/trabalhos/W104.pdf>. Acesso em fevereiro de 2015.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 11 ed. Washington:AOAC, 1992.

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.

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, p. 2047-2053, 2011.

CUNHA, A. M. da; ARAÚJO, R. D. de; MELLO, C. H.; BOEIRA, J. L. F. **Relatório de Acompanhamento Setorial: Frutas Processadas**. 2008. Disponível em: [http://www.funcex.org.br/material/redemercosul\\_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS\\_BRASIL/BRA\\_151.pdf](http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_BRASIL/BRA_151.pdf). Acesso em setembro de 2013.

D'ARCHIVIO, M.; FILESI, C.; VARÍ, R.; SCAZZOCCHIO, B.; MASELLA, R. Bioavailability of the polyphenols: status and controversies. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, p. 1321-1342, 2010.

FIGUEIREDO, P. Valorização de resíduos da indústria agro-alimentar através do desenvolvimento de ingredientes funcionais e nutracêuticos. **Studia**, vol.13, n.2, p. 79-88, 2010.

FINETTO, M. Frutas da Beleza. **Revista Frutas e Derivados**. 13ª ed. Ano 4. 2009. p. 27-29. Disponível em [http://www.ibraf.org.br/x\\_files/revista13.pdf](http://www.ibraf.org.br/x_files/revista13.pdf). Acesso em setembro de 2013.

**FNIC** – Food and Nutrition Information Center. 2012. Disponível em: [http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI\\_Tables/RDA\\_AI\\_vitamins\\_elements.pdf](http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Tables/RDA_AI_vitamins_elements.pdf). Acesso em julho de 2014.

FU, L.; XU, B-T; XU, X-R; GAN, R-Y; ZHANG, Y.; XIA, E-Q; LI, H-B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. **Food Chemistry**, v. 129, p.345-350, 2011.

HUANG, W-Y; CAI, Y-Z.CORKE, H.; SUN, M. Survey of antioxidant capacity and nutritional quality of selected edible and medicinal fruit plants in Hong Kong. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 510-517, 2010.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. v.1. São Paulo: IAL, 1985. 371p.

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.

LAKO, J.; TRENERRY, V. C.; WAHLQVIST, M.; WATTANAPENPAIBOON, N.; SOTHEESWARAN, S.; PREMIER, R. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1727-1741, 2007.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.45, p. 1390-1393.1997.

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1003-1008, 2007.

LIU, R. H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. **Advances in Nutrition**, v. 4, p. 384-392, 2013.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Antioxidant activity, fatty acid profile and tocopherols of *Tamarindus indica* L. seeds. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 497-501, 2011.

MACHADO, W. M.; PEREIRA, A. D.; MARCON, M. V. Efeito do processamento e armazenamento em compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças. **UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 19, n. 1, p. 17-30, 2013.

MAISUTHISAKUL, P.; SUTTAJIT, M.; PONGSAWATMANIT, R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of Thai indigenous plants. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1409-1418, 2007.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, p. 193-206, 2014.

MARCELLINI, P. S.; CORDEIRO, C. E.; FARAONI, A. S.; BATISTA, R. A.; RAMOS, A. L. D.; LIMA, A. S. Comparação físico-química e sensorial da atemoia com a pinha e a graviola produzidas e comercializadas no Estado de Sergipe. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 14, n. 2, p. 187-189, 2003.

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

MELO, E. de A.; ANDRADE, R. A. M. de S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.

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

MILLER, N.J.; DIPLOCK, A.T.; RICE-EVANS, C.; DAVIES, M.J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v.84, p.407-412, 1993.

MURILLO, E.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.; PORTUGAL, F. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. **Food Chemistry**, v. 122, p. 167-172, 2010.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. da S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; SAWAYA, A. C. H. F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G. da; FERREIRA, R. C. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 49, p. 334-344, 2012.

ORDOÑEZ-SANTOS, L. E.; AGUILAR, P. H.; SOLARTE, O. D. R.; JARAMILLO, M. E. A. Concentración de carotenoides totales em resíduos de frutas tropicales. **Producción + Limpia**, v. 9, n. 1, p. 91-98, 2014.

PAZ, M.; GÚLLON, P.; BARROSO, M. F.; CARVALHO, A. P.; DOMINGUES, V. F.; GOMES, A. M.; BECKER, H.; LONGHINOTTI, E.; DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 172, p. 462-468, 2015.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C. R. dos P.; LIMA, A. de; PEREIRA, D. M.; COSTA, C. do N.; CAVALCANTE NETO, A. A. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante in vitro da farinha de resíduo de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 50-56, 2013.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in foods**. Washington: OMNI, 2001. 71p. Disponível em: <http://beauty-review.nl/wp-content/uploads/2014/11/A-guide-to-carotenoid-analysis-in-foods.pdf>. Acesso em outubro de 2011.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: **Palestras... II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**. 2011. Disponível em: <http://www.sbera.org.br/2sigera/obras/p12.pdf>. Acesso em setembro de 2013.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

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

SANTANA, M. de F. S. de; SILVA, I. C. **Elaboração de biscoitos com resíduo da extração de suco de caju**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 4p, (Comunicado Técnico, 214). ISSN 1517-2244.

SANTIAGO-SILVA, P.; LABANCA, R. A.; GLORIA, M. B. A. Functional potential of tropical fruits with respect to free bioactive amines. **Food Research International**, v. 44, p. 1264-1268, 2011.

SOONG, Y-Y; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, p. 411-417, 2004.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. de J. M. da; LIMA, A. de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011.

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

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, p. 2326-2331, 2011.

VALENTE, A.; ALBUQUERQUE, T. G.; SANCHES-SILVA, A.; COSTA, H. S. Ascorbic acid content in exotic fruits: a contribution to produce quality data for Food composition databases. **Food Research International**, v. 44, p. 2237-2242, 2011.

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

YEMN, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 504-514, 1954.