

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE FARMÁCIA

LAÍS MAIA RESENDE

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE  
RESÍDUOS DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE BURITI PARA  
PRODUÇÃO DE PÓS RICOS EM FIBRA ALIMENTAR COM  
COMPOSTOS ANTIOXIDANTES ASSOCIADOS

Belo Horizonte

2016

LAÍS MAIA RESENDE

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE  
RESÍDUOS DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE BURITI PARA  
PRODUÇÃO DE PÓS RICOS EM FIBRA ALIMENTAR COM  
COMPOSTOS ANTIOXIDANTES ASSOCIADOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Área de Concentração: Química e Bioquímica de Alimentos

Orientadora: Professora Dra. Adriana Silva França

Belo Horizonte

2016

Aos meus pais, com carinho.

***Dedico.***

## Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora Adriana pela oportunidade de trabalho e pela acolhida em um momento difícil. Agradeço, também, ao professor Leandro pela recepção e orientações oportunas.

Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional, pelo interesse por meu trabalho e por tantas vezes se dedicarem em me ajudar. Agradeço ao meu pai e também ao Alcides pela busca e coleta dos buritis. E à minha mãe pela ajuda com os cuidados e conservação dos mesmos. Agradeço à minha avó pela disponibilidade de compartilhar comigo sua experiência na extração de óleo vegetal e à Fabiana pela ajuda nos dias da extração. Agradeço, ainda, aos meus irmãos, Rafael e Lorena, pelo incentivo e preocupação. E ainda, ao Rafael, pela elaboração do mapa de localização da coleta dos frutos. Agradeço também ao Marcos pelo apoio, por se interessar pelas minhas conversas sobre pesquisa e pela compreensão nos momentos de ausência. E ao tio Bené por continuar me abrindo as portas, me proporcionando um lar acolhedor.

Agradeço aos meus queridos colegas de laboratório por tantas experiências boas. À Andréia por indicar o caminho do laboratório e me recomendar ao grupo. À Daniela por sempre compartilhar conhecimentos e pela disponibilidade de ajuda para experimentos e discussões. Ao Adalberto pela ajuda com os primeiros experimentos. Ao Fernando e, novamente, à Andréia por me ensinarem e me ajudarem com as rotinas do laboratório. À Verônica, Laura, Carolina, Nádia, Karina, Edna, Laís Brito, Michelle, ao Bruno, Vítor, Túlio, Pablo, Wadson e João Paulo pela companhia de sempre, pela ajuda em detalhes e pela flexibilidade na escala de reservas. A todos os meus colegas, muito obrigada por fazerem do ambiente de trabalho um lugar especial, no qual se trabalha com prazer e do qual se sente saudade quando não está.

Agradeço, ainda, à professora Scheilla Vitorino pela disponibilidade do laboratório para a análise de lipídios; e à Ronália por ter me acompanhado nessa atividade. À professora Raquel Linhares pela oportunidade do Estágio Docente.

A todos esses fica registrada minha gratidão. Com certeza, não teria sido possível sem a ajuda de pessoas tão queridas.

“Pergunto coisas ao buriti; e o que ele responde é: a coragem minha. Buriti quer todo azul, e não se aparta de sua água – carece de espelho. Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende. Por que é que todos não se reúnem, para sofrer e vencer juntos, de uma vez?”.

(Guimarães Rosa. In: Grande Sertão: Veredas)

## RESUMO

O buriti é um fruto nativo do Brasil, cujo óleo extraído é usado na produção de cosméticos. O processo de extração é praticado de maneira artesanal e também por processo industrial. A torta artesanal é o resíduo gerado a partir da extração de óleo por fervura dos frutos inteiros. Na indústria, a extração é feita através da prensagem da polpa, gerando como resíduos as cascas, o endocarpo, as sementes e a torta prensada. O buriti é um fruto rico em fibra alimentar e em compostos antioxidantes, produtos esses benéficos à saúde e que podem ser usados pela indústria agregando valor e melhorando as propriedades de alimentos processados. O objetivo deste trabalho foi investigar se os resíduos da exploração do buriti são matérias-primas adequadas para a produção de pós ricos em fibra alimentar com compostos antioxidantes associados. Os frutos foram coletados e caracterizados. Em seguida, procedeu-se a extração do óleo dos frutos inteiros pelo processo artesanal e da polpa com solvente, em substituição ao método industrial. A partir dos resíduos gerados foram produzidos seis potenciais pós ricos em fibra alimentar, usando as cascas branqueadas e não branqueadas, o endocarpo branqueado e não branqueado e as tortas artesanal e de polpa desengordurada quimicamente. Os pós produzidos foram submetidos às seguintes análises: colorimetria; composição centesimal e quantidade de fibras alimentares insolúveis e solúveis; monossacarídeos neutros; atividade antioxidante; teor de polifenóis extraíveis e não extraíveis, antocianinas e carotenoides extraíveis; e propriedades tecnológicas. Todos os pós produzidos apresentaram características encontradas em produtos comerciais semelhantes, tais como granulometria, cores claras, umidade inferior a 9%, baixo teor de lipídios e teor de fibras alimentares totais superior a 50%. Os pós produzidos a partir das cascas e da torta de polpa desengordurada quimicamente apresentaram o melhor potencial antioxidante, intermediário a outros produtos semelhantes descritos na literatura, seguidos pelo pó de torta artesanal e dos pós de endocarpo. Destacam-se, entretanto, os elevados teores de polifenóis não extraíveis em todos os pós produzidos, indicando que a atividade antioxidante avaliada está subestimada. O branqueamento demonstrou preservar os polifenóis extraíveis, mas não os carotenoides, nem os polifenóis não extraíveis dos pós de casca, mas foi eficiente para deixar pós mais claros. Portanto, conclui-se que os resíduos da exploração do buriti têm potencial para serem aproveitados na produção de pós ricos em fibra alimentar com compostos antioxidantes associados.

Palavras-chave: resíduos, buriti, fibras alimentares, compostos antioxidantes.

## ABSTRACT

Buriti is a fruit native to Brazil, whose oil is used in cosmetics. The extraction can be done by a handmade process or by an industrial process. The handmade bran is the residue generated when extracting oil from the whole fruit. In industry, extraction is made by pressing the pulp, this procedure generates some residues such as shells, endocarp, seeds and bran. Buriti is a fruit rich in dietary fiber and antioxidants. These products are beneficial to health and can be used by the industry to add value and improve the properties of processed foods. The objective of this study was to investigate whether the residue generated in the processing of buriti are good raw materials for the preparation of high dietary fiber powders, associated with antioxidant compounds. Fruits were collected and characterized. Two methods were used to extract the oil, a handmade process was used to extract oil from the whole fruit, and the solvent extraction method was used to simulate an industrial procedure for the pulp. From the residues generated by the aforementioned processes, six potential high dietary fiber powders were produced, using bleached shells, unbleached shells, bleached endocarp, unbleached endocarp, handmade bran and bran. The powders were subjected to the following analysis: colorimetry; proximate analysis; insoluble dietary fiber and soluble dietary fiber content; determination of neutral sugars; antioxidant activity; extractable and nonextractable polyphenol contents; anthocyanins content; carotenoids content; and technological properties. All the powders showed similar features found in commercial products: typical particle size, clear color, moisture lower than 9%, low content of lipids, and total dietary fiber content higher than 50%. The powders produced from the shells and bran showed the best antioxidant potential, intermediate to similar products described in the literature. The handmade bran showed intermediate antioxidant potential and the endocarp showed the lowest antioxidant potential. All powders showed high nonextractable polyphenols content. These results demonstrate that the antioxidant activity is underestimated. Bleaching appears to preserve extractable polyphenols content, but not carotenoids and nonextractable polyphenols content, being also sufficient to lighten the powders. The buriti residue has the potential to be utilized in the preparation of high dietary fiber powders associated with antioxidant compounds.

Keywords: residues, buriti, dietary fiber, antioxidant compounds.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Estruturas moleculares. (A) Proantocianidina oligomérica. (B) $\beta$ -caroteno, com destaque para as oito unidades isoprenoides. ....   | 22 |
| Figura 2: Fotos de buritizeiros (A) e de buritis (B). ....   | 27 |
| Figura 3: Fluxograma de obtenção do óleo de buriti. Destaque para os resíduos gerados (com preenchimento em cinza). ....   | 29 |
| Figura 4: Fluxograma de elaboração dos Pós Ricos em Fibra Alimentar (PRFA). Destaque para resíduos em cinza claro e materiais de análise deste estudo em cinza escuro.....   | 30 |
| Figura 5: Mapa de localização da coleta.....   | 31 |
| Figura 6: (A) Palmeira com frutos. (B) Cacho na palmeira, mostrando que parte dos frutos já havia se desprendido. (C) Destaque para cacho coletado. (D) Frutos "de vez" já coletados e armazenados em caixa para transporte. (E) No chão, frutos apodrecidos. (F) Fruto..... | 32 |
| Figura 7: (A) Lavagem dos frutos. (B) Sanitização dos frutos. (C) Separação das estruturas dos frutos. ....  | 33 |
| Figura 8: (A) Maceração artesanal dos frutos. (B) Início do cozimento. (C) Sinais de desprendimento de óleo durante o cozimento. (D) Separação de fases do líquido retirado. (E) Torta no fundo do tacho. (F) Aquecimento para evaporação da água.....                       | 34 |
| Figura 9: Ilustração esquemática da obtenção do PRFA a partir de endocarpo branqueado. ....  | 35 |
| Figura 10: (A) Cascas. (B) Polpa. (C) Endocarpo. (D) Sementes. (E) Visão geral de cerca de 400 g de frutos separados em suas estruturas.....   | 51 |
| Figura 11: Buriti inteiro e em corte longitudinal. Visualização das frações casca, polpa, endocarpo e semente. ....  | 51 |
| Figura 12: Imagem de FRANÇA et al. (1999) de corte longitudinal do fruto.....  | 51 |
| Figura 13: Torta artesanal de buriti.....  | 52 |
| Figura 14: (A) Observação de desprendimento de óleo quando se acrescentava água em temperatura ambiente. (B) Separação de fases quando líquido sobrenadante do cozimento foi deixado em repouso. ....  | 52 |
| Figura 15: (A) Pó da casca de buriti branqueada. (B) Pó da casca de buriti não branqueada. (C) Pó do endocarpo de buriti branqueado. (D) Pó do endocarpo de buriti   |    |

|  |    |
|--|----|
| não branqueado. (E) Pó da torta artesanal de buriti. (F) Pó da torta de polpa<br>desengordurada quimicamente. ....   | 54 |
| Figura 16: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de<br>monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de<br>casa de buriti branqueada. ....                  | 60 |
| Figura 17: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de<br>monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de<br>casa de buriti não branqueada. ....              | 60 |
| Figura 18: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de<br>monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de<br>endocarpo de buriti branqueado. ....             | 61 |
| Figura 19: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de<br>monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de<br>endocarpo de buriti não branqueado. ....         | 61 |
| Figura 20: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de<br>monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de<br>torta artesanal de buriti. ....                  | 62 |
| Figura 21: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de<br>monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir da<br>torta de polpa desengordurada quimicamente. .... | 62 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Medidas biométricas de frutos de buriti. Comparação com diferentes trabalhos.....  | 50 |
| Tabela 2: Proporções das estruturas de frutos de buriti. Comparação com diferentes trabalhos.....  | 50 |
| Tabela 3: Rendimento da produção dos PRFA a partir de resíduos de buriti.....  | 54 |
| Tabela 4: Determinação dos parâmetros de cor para os PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....   | 55 |
| Tabela 5: Umidade dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....  | 56 |
| Tabela 6: Teores de fibra alimentar insolúvel, solúvel e total presentes nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti (base seca).....   | 57 |
| Tabela 7: Composição centesimal dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti (base seca).....  | 58 |
| Tabela 8: Composição de monossacarídeos neutros não celulósicos dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....  | 63 |
| Tabela 9: Atividade antioxidante medida pelo método de redução do DPPH para os PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....   | 66 |
| Tabela 10: Atividade antioxidante medida pelo método de redução do ferro (FRAP) para os PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....  | 66 |
| Tabela 11: Teor de polifenóis encontrados nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....  | 69 |
| Na Tabela 12 estão os resultados encontrados e exemplos de outras amostras para comparação. Tabela 12: Teor de antocianinas extraíveis encontradas nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti..... | 70 |
| Tabela 13: Teor de carotenoides encontrados nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....  | 72 |
| Tabela 14: Teor de polifenóis não extraíveis encontradas nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....   | 74 |
| Tabela 15: Propriedades tecnológicas dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti.....   | 76 |

## LISTA DE SIGLAS

AA – Atividade Antioxidante

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

CB – Casca Branqueada

CG – Cromatografia Gasosa

CNB – Casca Não Branqueada

DCM – Diclorometano

DPPH – 1,1-Difenil-2-Picrylhydrazil

EAG - Equivalentes de Ácido Gálico

EB – Endocarpo Branqueado

EE – Extrato Etéreo

ENB – Endocarpo Não Branqueado

FAI – Fibra Alimentar Insolúvel

FAS – Fibra Alimentar Solúvel

FRAP – Ferric Reducing Antioxidant Power

IAA – Índice de Absorção de Água

IAO – Índice de Absorção de Óleo

ISA - Índice de Solubilidade em Água

PRFA – Pó (s) Rico (s) em Fibra Alimentar

RMF – Resíduo Mineral Fixo

RMR – Razão Molar Relativa

TA – Torta Artesanal

TQ – Torta de Polpa Desengordurada Quimicamente

VI – Volume de Intumescimento

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 14 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA .....  | 17 |
| 2.1 Fibra alimentar .....  | 17 |
| 2.1.1 Conceitos e classificação .....  | 17 |
| 2.1.2 Composição das fibras alimentares .....  | 18 |
| 2.1.2.1 Os principais polissacarídeos não amido .....                                    | 19 |
| 2.1.2.2 Compostos bioativos antioxidantes associados aos polissacarídeos não amido ..... | 20 |
| 2.1.3 Importância das fibras alimentares.....  | 23 |
| 2.1.3.1 Para a saúde humana .....  | 23 |
| 2.1.3.2 Como ingrediente alimentício .....   | 24 |
| 2.1.4 Produtos comerciais de fibras alimentares: pós ricos em fibra alimentar .....      | 25 |
| 2.2 Buriti .....   | 26 |
| 2.2.1 O fruto: origem e usos.....  | 26 |
| 2.2.2 Produtos e subprodutos da extração de óleo do buriti .....                         | 28 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS .....   | 30 |
| 3.1.1 Coleta dos frutos .....  | 31 |
| 3.1.2 Seleção e higienização dos frutos.....   | 32 |
| 3.1.3 Biometria dos frutos .....   | 32 |
| 3.1.5 Extração tradicional do óleo de buriti .....                                       | 33 |
| 3.1.6 Produção da torta de polpa desengordurada quimicamente de buriti .....             | 34 |
| 3.1.7 Produção dos Pós Ricos em Fibras Alimentares (PRFA) .....                          | 35 |
| 3.2 Análises dos Pós Ricos em Fibra Alimentar produzidos .....                           | 36 |
| 3.2.1 Análise colorimétrica .....  | 36 |
| 3.2.2.1 Análise de umidade.....  | 36 |
| 3.2.2.2 Análise de extrato etéreo .....  | 37 |
| 3.2.2.3 Análise de Resíduo Mineral Fixo (RMF).....                                       | 37 |
| 3.2.2.4 Análise de proteína .....  | 38 |
| 3.2.2.5 Análise de fibras alimentares insolúveis e solúveis.....                         | 38 |
| 3.2.3 Perfil de monossacarídeos neutros.....   | 40 |
| 3.2.3.1 Hidrólise dos polissacarídeos.....   | 40 |
| 3.2.3.2 Redução dos monossacarídeos aos acetatos de alditol correspondentes.....         | 41 |
| 3.2.3.3 Acetilação dos alditóis.....   | 41 |
| 3.2.3.4 Determinação por cromatografia gasosa .....                                      | 42 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.4 Análises da capacidade antioxidante dos Pós Ricos em Fibra Alimentar .....                       | 43 |
| 3.2.4.1 Preparação dos extratos para análise dos métodos FRAP, DPPH e Folin-Ciocalteu .....            | 43 |
| 3.2.4.2 Capacidade antioxidante pelo método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power).....              | 43 |
| 3.2.4.3 Capacidade antioxidante pelo método DPPH .....   | 44 |
| 3.2.4.4 Polifenóis extraíveis .....  | 45 |
| 3.2.4.4.1 Antocianinas extraíveis .....  | 46 |
| 3.2.4.5 Carotenoides .....   | 47 |
| 3.2.5 Análise de propriedades tecnológicas.....  | 48 |
| 3.2.5.1 Índice de Absorção de Óleo (IAO).....  | 48 |
| 3.2.5.2 Índice de Absorção de Água (IAA) .....   | 48 |
| 3.2.5.3 Índice de Solubilidade em Água (ISA).....  | 49 |
| 3.2.5.4 Volume de Intumescimento (VI) .....  | 49 |
| 3.3 Análise dos dados.....   | 49 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 49 |
| 4.1 Biometria dos frutos e separação das estruturas .....  | 50 |
| 4.2 Extração do óleo de buriti.....  | 52 |
| 4.3 Produção dos Pós Ricos em Fibras Alimentares (PRFA) .....  | 53 |
| 4.4 Análise colorimétrica dos Pós Ricos em Fibra Alimentar .....                                       | 55 |
| 4.5 Análise físico-química .....   | 56 |
| 4.6 Perfil dos monossacarídeos neutros .....   | 59 |
| 4.7 Análises da capacidade antioxidante e de compostos bioativos dos Pós Ricos em Fibra Alimentar..... | 65 |
| 4.7.1 Análise da atividade antioxidante.....   | 65 |
| 4.7.2 Análise dos compostos bioativos antioxidantes .....  | 68 |
| 4.7.2.1 Análise dos polifenóis extraíveis .....  | 68 |
| 4.7.2.1.1 Análise das antocianinas.....  | 70 |
| 4.7.3 Análise de carotenoides .....  | 71 |
| 4.7.4 Análise dos polifenóis não extraíveis .....  | 73 |
| 4.8 Análise das propriedades tecnológicas .....  | 76 |
| 5 CONCLUSÕES .....   | 78 |
| 6 REFERÊNCIAS.....   | 79 |

# 1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos da agroindústria é um problema mundial. Anualmente são produzidos enormes volumes de resíduos vegetais pelos diferentes segmentos industriais. Parte desses resíduos é descartada, aumentando a carga de efeitos adversos ao ambiente, e parte tem sido aproveitada na fabricação de adubo orgânico, ração animal e, em menor escala, na produção de outros alimentos. O principal desafio neste aspecto é dar destinos alternativos e sustentáveis para os resíduos (MIRABELLA, CASTELLANI e SALA, 2014). No Brasil, devido à sua grande biodiversidade e vasto território para exploração de culturas agrícolas, a produção de resíduos agroindustriais é bastante significativa e diversificada. Atualmente fazem parte deste montante os subprodutos da exploração de frutos nativos, que, com características peculiares, têm conquistado espaço como matérias-primas de diferentes mercadorias, em uma época em que é crescente o apelo por produtos naturais (ZANATTA et al., 2010; AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Entre os frutos nativos do Brasil destaca-se o buriti, fruto do buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L. f.). Trata-se de uma palmeira nativa da América tropical, encontrada no Brasil e em outros países da América do Sul (SAMPAIO, 2012; GILMORE, ENDRESS e HORN, 2013). A espécie tem uso secular praticado pelos nativos e de forma bastante diversificada, o que justifica o significado de seu nome na língua indígena Tupi, “árvore da vida”. Do buritizeiro se extrai alimentação humana e animal, adubo, matéria-prima para cosméticos, artigos para artesanato, material para construção, móveis, remédios, entre outras utilidades. E para tanto, dele se aproveitam os frutos, sementes, folhas, tronco e raízes (SAMPAIO, 2012; MANZI & COOMES, 2009).

Do ponto de vista comercial, o principal produto do buritizeiro é o óleo extraído do fruto e explorado pela indústria cosmética (GALDINO, 2007). O óleo é rico em carotenoides, apresenta altos níveis de ácido oleico e quantidades consideráveis de  $\alpha$ -tocoferol, sendo, por isso, bastante utilizado para a produção de cosméticos (ZANATTA et al., 2010). O trabalho de extração é realizado, em grande parte, por empresas processadoras do óleo, que compram a polpa desidratada, também chamada de farinha de buriti, dos extrativistas locais (GALDINO, 2007). O óleo também é extraído de forma artesanal, por um método tradicional de fervura dos frutos (SAMPAIO, 2012).

A extração do óleo de buriti gera a produção de resíduos agroindustriais, tais como as partes não aproveitadas dos frutos (casca, endocarpo e semente) e as tortas prensada (no caso da extração por prensagem a frio) e artesanal (na extração por fervura), utilizadas para ração animal, mas com potencial para uso culinário (RODRIGUES, 2010; SAMPAIO, 2012).

Os resíduos agroindustriais do buriti podem estar sendo subutilizados. De acordo com Ayala-Zavala e colaboradores (2011), subprodutos agroindustriais de frutos exóticos são ricos em fibras alimentares que apresentam propriedades tecnológicas importantes para aditivos de produtos alimentícios. Além disso, possuem compostos bioativos com propriedades antioxidantes que podem auxiliar na melhor conservação dos alimentos e, ainda, contribuir com efeitos na promoção da saúde.

Vários subprodutos agroindustriais já tiveram propriedades nutricionais e tecnológicas investigadas. No caso do bagaço de uva, por exemplo, Saura-Calixto (1998) observou maior capacidade antioxidante em bagaço de uva do que em vinho tinto, cujo consumo moderado já foi demonstrado por estudos *in vitro*, *in vivo* e epidemiológicos estar associado a um risco reduzido de doença cardíaca. Jiménez-Escrig et al. (2001) destacaram que a casca da goiaba (*Psidium guajava* L.) apresenta importante capacidade antioxidante, podendo ser explorada para a obtenção de fibra alimentar com potencial antioxidante. Anming et al. (2010) patentearam um método de extração de grânulos de fibras alimentares solúveis, produzidos a partir de bagaço de maçã, para ser usado como suplemento alimentar e para ser incorporado aos produtos alimentares como agente de volume não calórico em substituição parcial de farinha, gordura ou açúcar. Leão (2013), avaliando pericarpo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), observou elevada atividade antioxidante, associada ao alto teor de polifenóis, e quantidade expressiva de fibras alimentares solúveis, interessantes para o uso em alimentos por suas propriedades de hidratação.

As fibras alimentares com compostos antioxidantes associados têm sido adotadas com um novo produto, que há alguns anos vem adquirindo espaço na pesquisa na área de alimentos. Fibras alimentares antioxidantes podem ser definidas como um produto que contenha quantidades significativas de antioxidantes naturais associados com a matriz de fibra alimentar. Estas fibras têm sido apontadas como um novo ingrediente alimentar, que agrega as propriedades tecnológicas das fibras ao potencial antioxidante, capaz de prevenir a oxidação de lipídios em produtos

alimentares e, ainda, contribuir em termos de saúde e nutrição (SAURA-CALIXTO, 1998).

Em relação ao buriti, alguns estudos elucidaram a composição centesimal e a presença de compostos antioxidantes no fruto inteiro e em suas partes. A presença de fitoesteróis e de polifenóis, principalmente flavonoides, foi identificada por diferentes autores na polpa de buriti (GONÇALVES, 2008; COSTA et al., 2010; DEMBITSKY et al., 2011; KOOLEN et al., 2013; BATAGLION et al., 2014). Albuquerque et al. (2003) e Durães et al. (2006) quantificaram altas concentrações de ácido oleico, tocoferóis e carotenoides, especialmente  $\beta$ -caroteno em óleo de buriti. Considerando a presença de polifenóis e carotenoides já identificados no fruto, pressupõe-se que com a extração de seu óleo, obtenham-se subprodutos que também tenham tais compostos e que sejam fontes de fibras alimentares.

Analisando resíduos de buriti, Rodrigues et al. (2010) investigaram sua composição centesimal, tendo encontrado quantidades elevadas de fibra alimentar total. Todavia, o autor não avaliou o potencial antioxidante desses resíduos, nem suas propriedades tecnológicas.

Portanto, salienta-se a importância de investigar estas lacunas existentes no conhecimento dos resíduos de buriti. A hipótese que se propõe é que os resíduos da extração de óleo de buriti sejam ricos em fibra alimentar e compostos antioxidantes, podendo ser aproveitados como aditivos mais saudáveis para a indústria de alimentos e, paralelamente, contribuir para a gestão de resíduos.

Diante do exposto, o objetivo geral deste estudo é avaliar o potencial de aplicação de resíduos de buriti para produção de pós ricos em fibra alimentar com compostos antioxidantes associados. E os objetivos específicos são:

- Produzir pós ricos em fibra alimentar (PRFA) com compostos antioxidantes associados a partir dos resíduos de buriti (casca, endocarpo e tortas artesanal e de polpa desengordurada quimicamente).
- Caracterizar físico-quimicamente os pós produzidos.
- Avaliar o potencial antioxidante dos pós produzidos.

- Analisar as propriedades tecnológicas (Índice de Absorção em Água, Índice de Absorção em Óleo, Índice de Solubilidade em Água e Volume de Intumescimento) dos pós produzidos.
- Investigar o efeito do branqueamento da casca e do endocarpo nas propriedades analisadas.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Fibra alimentar**

#### **2.1.1 Conceitos e classificação**

De acordo com o Codex Alimentarius (2008), fibra alimentar são polímeros de carboidratos que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas no intestino delgado. E que, se derivada de plantas, pode incluir frações de lignina e/ou outros compostos associados aos polissacarídeos na parede celular, desde que não sejam extraídos e reintroduzidos nos alimentos (CODEX ALIMENTARIUS, 2009).

O conceito de fibra alimentar evoluiu ao longo do tempo e, ainda hoje, comporta diferenças a depender da legislação de cada país. Ainda de acordo com o Codex Alimentarius (2008), cabe às autoridades nacionais decidir sobre o número de unidades monoméricas de carboidratos na definição de fibra alimentar. Há diferenças também quanto à aceitação da origem dos polímeros de carboidratos; se naturalmente presentes nos alimentos; se extraídos de alimentos crus por meios físicos, enzimáticos ou químicos; ou ainda, se sintéticos (JONES, 2014).

Embora essas pequenas diferenças na definição, a principal fonte de fibra alimentar é a parede celular presente nas células vegetais. Nas plantas, elas propiciam suporte mecânico, determinam a estrutura e a forma e proporcionam uma barreira de defesa. A parede celular é formada por compostos de polissacarídeos complexos em quantidades variáveis, incluindo celulose, hemiceluloses e polissacarídeos pécticos. Mas a composição varia conforme a espécie vegetal e a função da célula (WROLSTAD, 2012).

Compostos não polissacarídeos presentes na parede celular das plantas também são considerados no conceito de fibra alimentar, de acordo com nota publicada pelo Codex Alimentarius (2009). Compreendem esses compostos: a lignina, que é um polímero de fenilpropano; e os compostos bioativos antioxidantes, como os polifenóis, carotenoides e fitosteróis (GIUNTINI e MENEZES, 2011). As fibras alimentares ricas nesses compostos antioxidantes são chamadas de “fibra alimentar antioxidante”, conceito proposto Saura-Calixto no final da década de 1990 (SAURA-CALIXTO, 1998).

Existem diferentes métodos de classificação das fibras alimentares, que podem ser baseados no tipo de polissacarídeo, na solubilidade gastrointestinal, no local de digestão, na classificação fisiológica e com base no seu papel na indústria. O mais usado, entretanto, classifica as fibra quanto à solubilidade num tampão a um pH definido e/ou quanto ao seu poder de fermentação, avaliado em um sistema *in vitro* com uma solução aquosa de enzimas correspondentes às humanas. Por essa classificação, as fibras alimentares pertencem a dois grupos: fibras alimentares insolúveis em água e menos fermentadas (celulose, hemicelulose e lignina) e fibras alimentares solúveis em água e mais fermentadas (pectinas, gomas e mucilagens) (DHINGRA et al., 2012).

### **2.1.2 Composição das fibras alimentares**

A composição das fibras alimentares depende de sua origem. Os principais compostos que podem ser encontrados são: polissacarídeos não amido (celulose, hemiceluloses, pectinas, gomas e mucilagens); oligossacarídeos (frutanos); carboidratos análogos (amido resistente e maltodextrinas resistentes, obtidos por síntese química ou enzimática); lignina; compostos associados aos polissacarídeos não amido (polifenóis, carotenoides, proteína de parede celular, oxalatos, fitatos, ceras, cutina, suberina) e fibras de origem animal (quitina, quitosana, colágeno e condroitina) (GIUNTINI e MENEZES, 2011).

A seguir serão descritos os principais polissacarídeos não amido e os compostos bioativos (polifenóis e carotenoides) a eles associados, objetos de investigação deste estudo, dada a importância dos mesmos.

### 2.1.2.1 Os principais polissacarídeos não amido

#### CELULOSE

A celulose é o principal componente da parede celular de plantas e é a mais abundante substância que ocorre naturalmente na Terra, depois da água. Todos os anos as plantas produzem cerca de 1,5 trilhões de toneladas de celulose. Essa substância é composta por unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -1,4, formando cadeias lineares não ramificadas. As cadeias de glicose, por sua vez, se juntam formando microfibrilas bastante resistentes à ação mecânica, conferindo resistência aos vegetais (WROLSTAD, 2012; DHINGRA et al., 2012).

#### HEMICELULOSES

As hemiceluloses são formadas por unidades de monossacarídeos ligados por ligações  $\beta$ -1,4, geralmente com cadeias ramificadas; mas diferem da celulose por serem menores e conter outros açúcares além da glicose, como xilose, galactose, manose, arabinose, principalmente (DHINGRA et al., 2012).

As xiloglucanas correspondem à hemicelulose mais abundante nas frutas e hortaliças; são formadas por ligações de glicose  $\beta$ -1,4 e três de cada quatro glicoses têm uma xilose ligada na posição C-6, formando cadeias laterais. Galactose, fucose e outros açúcares também podem estar presentes nas cadeias laterais. As xiloglucanas participam da expansão da parede celular em tecidos de plantas jovens e no amolecimento durante o amadurecimento dos frutos (WROLSTAD, 2012; DHINGRA et al., 2012). Em relação à saúde humana, já foi observado que xiloglucanas extraídas da parede celular de diferentes frutas comerciais mostraram efeitos inibitórios no crescimento de células tumorais e foi constatado que tal efeito está relacionado aos monossacarídeos presentes na cadeia lateral (fucose e/ou galactose) das xiloglucanas KATO et al. (2001).

Heteroxilanas são hemiceluloses formadas por uma cadeia de resíduos de xilose ligados por  $\beta$ -1,4. Esses resíduos de xilose podem ser substituídos por arabinose na posição C-3 e, às vezes, na posição C-2 para formar arabinoxilanas. As arabinoxilanas são o principal componente das paredes celulares do endosperma de grãos de cereais, estando presentes, portanto, nas farinhas desses grãos (WROLSTAD, 2012).

As (1→3),(1→4)-β-D-glucanas são hemiceluloses encontradas apenas nas paredes celulares de cereais e gramíneas. Correspondem a moléculas de glicose ligadas em β(1→4) com a regularidade interrompida a cada terceira ou quarta unidade de glicose com um ligação β (1→3) (WROLSTAD, 2012).

As mananas são hemiceluloses presentes nas paredes primárias das plantas em crescimento, em pequenas quantidades, com papel estrutural. Apresentam-se, geralmente, como galactoglicomananas ou, por vezes, glicomananas. Algumas ocorrem como polissacarídeos de armazenamento nas paredes celulares de endosperma de sementes como mananas ou galactomananas. São formadas por unidades de manose ligadas por β (1→ 4). Nas galactomananas, a galactose está ligada na posição 6 a alguns dos resíduos de manose (WROLSTAD, 2012).

## POLISSACARÍDEOS PÉCTICOS

Os polissacarídeos pécticos encontrados nas plantas são substâncias complexas, em que o ácido D-galacturônico é o principal constituinte. Além de componentes estruturais da parede celular de plantas, também funcionam como substância de cimentação intercelular (DHINGRA et al., 2012).

Nas paredes celulares das plantas, os polissacarídeos pécticos, geralmente, são formados por uma cadeia principal de ácido galacturônico, intercalados com ramnose, aos quais estão ligadas cadeias laterais de arabinanas, galactanas e arabinogalactanas. A pectina comercial, normalmente, é extraída da polpa de maçã ou de resíduos de laranja e degradada a um polissacarídeo mais simples. Em grande parte, trata-se de um polímero de ácidos D-galacturônico ligados por α-1,4, com pequenas quantidades de ramnose. Na indústria de alimentos, a pectina é usada para melhorar a textura de hortaliças congeladas e enlatadas e na produção de geleias e sucos (WROLSTAD, 2012). Os polissacarídeos pécticos são muito solúveis em água e têm grande capacidade de formar géis, o que contribui para diminuir a taxa de esvaziamento gástrico justificando suas propriedades hipoglicemiantes.

### **2.1.2.2 Compostos bioativos antioxidantes associados aos polissacarídeos não amido**

De acordo com nota publicada no Codex Alimentarius (2009) a respeito da definição de fibra alimentar, quando originada de vegetais, além dos polissacarídeos não digeríveis, compostos a eles associados também fazem parte da constituição das fibras. Conforme esclarece Saura-Calixto (1998), fibras alimentares oriundas de frutas possuem quantidade significativa de compostos bioativos. Pertencem a esse grupo os polifenóis e os carotenoides, principalmente. Em comum eles têm a capacidade de atuar como antioxidantes.

De acordo com Quideau et al. (2011), polifenóis são compostos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas, formados por mais de um anel fenólico, desprovidos de qualquer grupo funcional à base de nitrogênio, sendo originados da via do ácido chiquímico e/ou dos acetatos. Os polifenóis são antioxidantes de quebra de cadeia. Eles atuam interferindo na etapa de propagação radicalar, uma vez que o grupo funcional fenol tem a capacidade de doar um átomo de hidrogênio ou um elétron único para um radical livre.

Os polifenóis correspondem a uma grande classe a que pertencem muitas estruturas. Apenas em espécies vegetais alimentícias já foram identificadas mais de 500. Os polifenóis podem ser divididos em dois grupos, conforme suas características de solubilidade: polifenóis extraíveis e não extraíveis. Os polifenóis extraíveis são aqueles solubilizados por solventes orgânicos aquosos e os não extraíveis são aqueles que permanecem nos resíduos da extração com solventes orgânicos aquosos, não sendo solubilizados nesses, estando associados a proteínas ou à fibra alimentar. Os polifenóis extraíveis podem ser flavonoides (catequinas, proantocianidinas, antocianinas, flavonóis, flavonas e isoflavonas), ácidos fenólicos, lignanas e outros. Entre os não extraíveis estão proantocianidinas, taninos hidrolisáveis e ácidos fenólicos oligoméricos. Grande parte dos polifenóis extraíveis são biodisponíveis no intestino delgado, ao passo que os não extraíveis atravessam o trato gastrointestinal associados às fibras, atingido o cólon intactos, onde, então, são bioacessíveis e atuam como antioxidante após a fermentação dos polissacarídeos pela microbiota intestinal. Os métodos tradicionais de análise de polifenóis analisam apenas a fração extraível. Uma vez que ambos os grupos de compostos possuem atividade antioxidante, a mesma está sendo subestimada quando se ignora a fração de polifenóis não extraíveis. Alguns métodos capazes de liberar os polifenóis das fibras e quantificá-los são investigados. O mais eficiente é o método Porter, um tratamento com butanol em meio ácido feito com o resíduo da extração tradicional. Por esse método é possível quantificar por

espectrofotometria o teor de proantocianidinas não extraíveis, que são polímeros de flavan-3-óis (Figura 1. (A)) amplamente distribuídos em vegetais (ARRAZ; SILVÁN e SAURA-CALIXTO, 2010; PÉREZ-JIMÉNEZ e TORRES, 2011; PÉREZ-JIMÉNEZ e SAURA-CALIXTO, 2015).

Os carotenoides são pigmentos naturais metabolizados pelas plantas, algas e bactérias fotossintéticas, responsáveis pelos tons de amarelo, laranja e vermelho de várias frutas e hortaliças. Quimicamente, são tetraterpenoides  $C_{40}$  compostos de 8 unidades isoprenoides, ligados de tal forma que a molécula é linear e simétrica, com a ordem invertida no centro (Figura 1. (B)). Os carotenoides podem ser divididos em dois grupos: as xantofilas (que têm oxigênio como grupo funcional, exemplos são a luteína e zeaxantina) e os carotenos (que têm apenas cadeia de hidrocarboneto sem grupo funcional, como  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e licopeno) (SAINI, NILE e PARK, 2015).

Os carotenoides parecem ter um mecanismo antioxidante diferente da maioria dos compostos. De acordo com Burton e Ingold (1984), o  $\beta$ -caroteno não é um antioxidante convencional de quebra de cadeia, como os polifenóis e nem um antioxidante preventivo da decomposição de peróxidos, como algumas enzimas. Foi observado que a adição de um radical peroxil ( $ROO^{\cdot}$ ) ao sistema conjugado de  $\beta$ -caroteno leva à formação de um radical inibidor que reage rapidamente com o oxigênio, produzindo um radical peroxila carreador de cadeia, residindo a habilidade do  $\beta$ -caroteno de atuar como antioxidante na etapa reversível.

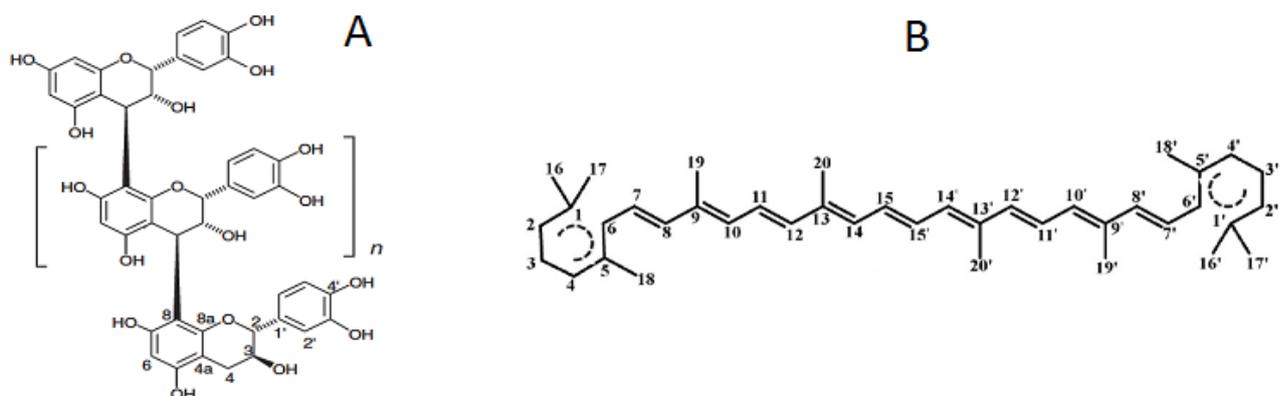


Figura 1: Estruturas moleculares. (A) Proantocianidina oligomérica (Fonte: [www.iqb.es](http://www.iqb.es)). (B)  $\beta$ -caroteno, com destaque para as oito unidades isoprenoides (Fonte: SAINI, NILE e PARK 2015).

### **2.1.3 Importância das fibras alimentares**

#### **2.1.3.1 Para a saúde humana**

As fibras alimentares são, reconhecidamente, importantes para a saúde humana. Muito além de contribuir para a formação do bolo fecal, as fibras alimentares têm efeitos diretos no sistema digestivo e também efeitos sistêmicos no organismo.

Devido sua viscosidade, as fibras alimentares retardam o esvaziamento gástrico, que aliado à distensão do estômago e à modulação de absorção de nutrientes, contribui para aumento da saciação e da saciedade. Pela viscosidade, no intestino delgado, a presença das fibras dificulta a ação das enzimas hidrolíticas, retardando a digestão, além de aumentar a barreira da camada estacionária de água, promovendo uma absorção mais lenta dos nutrientes; o que afeta a resposta pós-prandial, principalmente de glicose e ácidos graxos (GIUNTINI e MENEZES, 2011).

Também por sua propriedade de retenção de água, as fibras contribuem para o retardo da digestão e absorção de nutrientes no intestino delgado. Por capacidade de adsorção e ligação de compostos, contribuem para redução do colesterol plasmático. Por terem volume, promovem a absorção de nutrientes na porção mais distal do intestino delgado e, no cólon, propicia a entrada de material fecal, fornecendo substrato para microbiota, favorecendo o efeito laxante e diminuindo a exposição a produtos tóxicos. Por serem fermentáveis pela microbiota intestinal, promovem sua modulação e a produção de ácidos graxos de cadeia curta, que são substratos para as células da parede intestinal (GIUNTINI e MENEZES, 2011; DHINGRA et al., 2012).

Além de participar de importantes funções fisiológicas, estudos atuais destacam ainda a importância das fibras alimentares na prevenção de certas doenças. O papel das fibras na prevenção do câncer de cólon é vastamente documentado. As fibras alimentares, mais especificamente a pectina, apresentam mecanismos antitumorais com efeitos sobre as células do cólon. Esses mecanismos estão relacionados à atividade probiótica, imunopotenciação, inibição do crescimento tumoral e potencial antimutagênico (ZHANG, PING e ZHANG, 2015).

Uma meta-análise publicada recentemente (KIM e JE, 2016) destaca que o consumo elevado de fibras alimentares está relacionado não apenas à redução do risco de câncer no cólon. O estudo concluiu que a ingestão de fibra dietética está

inversamente associada com a mortalidade por doenças cardiovasculares, doença arterial coronariana e todos os tipos de câncer. Os autores observaram que os participantes que tinham alta ingestão de fibra alimentar tiveram uma redução de 23% na mortalidade por doença cardiovascular, 24% por doença coronariana e 14% por todos os tipos de câncer, em comparação com aqueles que apresentavam baixa ingestão de fibra alimentar. Os autores destacam que tais associações podem ser explicadas por vários mecanismos, alguns deles já discutidos anteriormente. No caso das doenças cardiovasculares, os principais fatores de risco são hipercolesterolemia, hipertensão, obesidade e diabetes tipo 2. Há várias evidências de que as fibras alimentares contribuem para o controle de todos eles. Elas promovem redução das concentrações séricas de colesterol, pelo aumento da excreção de ácidos biliares nas fezes e inibição da síntese dos ácidos graxos no fígado em função da produção dos ácidos graxos de cadeia curta, resultantes da fermentação; ajudam no controle da massa corporal por aumentar a saciedade; contribuem para redução da pressão sanguínea pela diminuição da massa corporal e estão associadas a um risco reduzido de diabetes tipo 2 pelo aumento da sensibilidade à insulina (KIM e JE, 2016).

As fibras alimentares com compostos antioxidantes associados têm, além dos benefícios já citados, também aqueles inerentes aos antioxidantes. A atividade antioxidante desses compostos está relacionada à prevenção de doenças, como o câncer e doenças cardiovasculares. (MINK et al., 2007; SHARONI et al., 2012; KARPPIA et al. 2012; LEÓN-GONZÁLEZ, AUGER e SCHINI-KERTH, 2015). Pérez-Jiménez et al. (2011) argumentam que essas fibras têm uma influência específica sobre a saúde. E Forester e Waterhouse (2009) discutem que o polifenóis que chegam ao cólon são decompostos pela microbiota intestinal, em um processo que envolve desglicosilação, seguido de ruptura das estruturas de anel para produzir aldeídos e ácidos fenólicos, que, então, são absorvidos, e detectados no sangue e urina. Os autores acreditam que os benéficos à saúde, relacionados ao consumo de vinho de uva, podem ser devido a estes metabólitos.

### **2.1.3.2 Como ingrediente alimentício**

As fibras alimentares também podem atuar como ingrediente em preparações alimentícias. De acordo com Saura-Calixto (2006), as fibras alimentares são o principal ingrediente acrescentado em alimentos funcionais, correspondendo a mais de 50% do

total de ingredientes utilizados no mundo. A incorporação das fibras nos alimentos se deve tanto pelas propriedades tecnológicas dos polissacarídeos, como pela atividade antioxidante dos compostos associados.

Pelas propriedades de hidratação e solubilidade, as fibras alimentares têm sido testadas em diferentes preparações. Garcia-Perez et al. (2005) adicionaram 1% de fibra de laranja em iogurte e obtiveram redução da sinérese. Nassar, Abdel-Hamied e El-Naggar (2008) incorporaram casca e polpa de laranja em uma formulação de biscoito e observaram aumento na absorção de água e melhor estabilidade da massa. E Crizel et al. (2013) concluíram que a fibra de laranja, devido sua capacidade de retenção de água e óleo, é uma boa alternativa como substituto de gordura em sorvete de chocolate, pois reduziu em aproximadamente 70% o teor de gordura, sem provocar alterações significativas nas propriedades de cor, odor e textura.

Os compostos antioxidantes, por sua vez, são incrementados em alimentos com os objetivos de controlar o desenvolvimento de ranço, retardar a formação de produtos tóxicos de oxidação, manter a qualidade nutricional e aumentar a vida de prateleira dos produtos (SHAHIDI e AMBIGAIPALAN, 2015).

#### **2.1.4 Produtos comerciais de fibras alimentares: pós ricos em fibra alimentar**

Apesar de todos os benefícios que as fibras alimentares conferem para a saúde, sua ingestão ainda é aquém das necessidades estimadas pelos órgãos competentes. O Institute of Medicine (IOM, 2002) recomenda a ingestão de 38 g de fibra alimentar por dia para homens e 28 g de fibra alimentar/dia para mulheres saudáveis, em idade adulta. A Organização Mundial de Saúde (WHO/FAO, 2003) recomenda o consumo de, pelo menos, 25 g de fibra alimentar por dia para a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (entre elas, as doenças cardiovasculares e câncer). Todavia, estima-se que a ingestão média da população brasileira nos anos de 2008 e 2009 foi da ordem de 12,5 g por dia (BRASIL, 2010). E nos Estados Unidos, um estudo de coorte realizado entre 1993 e 2000, observou uma ingestão média diária de 16,7 g entre os homens e 15,6 g entre as mulheres (ANDERSON *et al.*, 2009).

Diante desse fato, a suplementação de fibras alimentares e sua incorporação em alimentos têm sido avaliadas como estratégias para aumentar a ingestão de fibras. Existem no mercado mundial pós ricos em fibra alimentar para atender a esta

demanda. De acordo com Larrauri (1999), as principais características dos produtos comercializados são: teor de fibra alimentar total superior a 50%, umidade inferior a 9%, baixo teor de lipídios, baixo valor calórico e sabor neutro. Larrauri (1999) e Saura-Calixto (1998) recomendam que além dos polissacarídeos não digeríveis, que essas fibras contenham também compostos antioxidantes associados, tendo-se assim um novo produto, com vantagens associadas aos polissacarídeos não digeríveis e aos antioxidantes. Os autores destacam que os subprodutos de frutos são possíveis fontes naturais dessas fibras com compostos antioxidantes associados.

No Brasil, “fibras alimentares” possuem alegação de propriedade funcional, por auxiliar o funcionamento intestinal, de acordo com a ANVISA. Tal alegação pode ser identificada em um produto quando a porção deste, pronto para o consumo, tiver, pelo menos, 2,5 g de fibra alimentar. No caso de cápsulas, tabletes, comprimidos e similares, a recomendação diária do produto deve contemplar os 2,5 g de fibra (BRASIL, 2016).

Uma prática adotada pela indústria brasileira para aumentar o conteúdo de fibra alimentar de seus produtos é o uso de farinhas fontes de fibra. A Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005) define como farinha, “os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos”. Assim, estão disponíveis no mercado brasileiro diferentes farinhas que são usadas como ingrediente alimentício fonte de fibras alimentares. São exemplos: farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*), farinha de berinjela (*Solanum melongena*) e farinha de maracujá (*Passiflora edulis*) (MOSCATTO, PRUDÊNCIO-FERREIRA e HAULY, 2004; PEREZ e GERMANI, 2007; AMBRÓSIO-UGRI e RAMOS, 2012).

## **2.2 Buriti**

### **2.2.1 O fruto: origem e usos**

Buriti é o fruto do buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L. f.) (Figura 2). Trata-se de uma palmeira, da família Arecaceae, nativa da América tropical, encontrada no Brasil,

Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Trinidad e Tobago, Guiana, Suriname e Guiana Francesa (SAMPAIO, 2012; GILMORE, ENDRESS e HORN, 2013). A espécie é restrita a ambientes alagados, com solos hidromórficos e com conteúdo elevado de materiais orgânicos (KAHN, 199; ENDRESS, HORN e GILMORE, 2013). No Brasil, encontra-se distribuída na floresta Amazônica e no Cerrado, em locais conhecidos como veredas (DRANSFIELD et al., 2008; LORENZI et al., 2010). O fruto é uma drupa elíptica, de casca marrom avermelhado, do tamanho de uma ameixa, e a parte comestível é uma fina camada de polpa amarelo-alaranjado (KAHN e DE GRANVILLE, 1992). O fruto tem elevado valor nutricional, sendo constituído por cerca de 38% de lipídios, 30% de fibras, 28% de carboidratos e 5% de proteínas, além das vitaminas A, E e C, potássio, cálcio, ferro, magnésio e outros (GALEANO, 1992; FERREIRA, et al., 2011). No Peru e na Venezuela, os frutos são consumidos *in natura* (MANZI e COOMES, 2009). Um estudo preliminar mostrou que o alto consumo de buriti está associado à baixa resistência à insulina, juntamente com a ausência de dislipidemia em uma tribo indígena, na Venezuela (CASE et al., 2007).



Figura 2: Fotos de buritizeiros (A) e de buritis (B).

O fruto pode ser aproveitado para fins alimentícios ou para a extração de óleo vegetal. Em 1996, o Brasil produziu quase 5.000 toneladas de frutos para esses fins, de acordo com dados do Censo Agropecuário Brasileiro, única informação disponível (BRASIL, 1998) O óleo de buriti, como é conhecido, pode ser extraído da polpa, casca ou dos frutos inteiros. Ele é rico em ácido oleico, tocoferóis, carotenoides (especialmente  $\beta$ -caroteno) e tem alta concentração de fitoesteróis (principalmente  $\beta$ -sitosterol e sitoestanol). (ALBUQUERQUE et al., 2003; DURÃES et al., 2006; COSTA

et al., 2010). O óleo do buriti é usado no preparo de alimentos (ALBUQUERQUE et al., 2005) e pela indústria para a produção de cosméticos, devido à presença de compostos antioxidantes associados ao antienvhecimento, pela atividade adjuvante na proteção contra os raios solares (especialmente em formulações para uso após a exposição solar) e por suas propriedades emolientes (MANHÃES 2007; MANHÃES e SABAA-SRUR, 2011; ZANATTA et al., 2008 e 2010; FUENTES et al., 2013). Da polpa dos frutos são produzidos suco, sorvete, picolé, geleia, doce e bombom. Esses produtos, que eram usados apenas pelas populações locais, agora são produzidos em escala industrial e comercializados em diferentes partes do país, seja através do trabalho de associações e cooperativas de pequenos produtores e extrativistas ou de pequenas empresas (AFONSO E ÂNGELO, sem ano).

### **2.2.2 Produtos e subprodutos da extração de óleo do buriti**

O óleo de buriti é extraído dos frutos para a fabricação de cosméticos, principalmente, sendo também usado, em menor proporção, para alimentação humana (ALMEIDA, 1998; BRASIL, 2002; ZANNATTA, 2010).

De acordo com Sampaio (2012), a extração do óleo pode ser feita a partir da polpa e da casca. Ou do fruto inteiro, conforme o Instituto Ecológica (vídeo) e AFONSO e ÂNGELO (sem ano). É feita pelo processo tradicional (ou artesanal), usando a fervura, ou seja, o cozimento dos frutos em água e a remoção do óleo sobrenadante, seguida por filtração. Ao final do processo sobra uma torta, chamada neste trabalho de torta artesanal. A extração do óleo também é realizada por prensagem a frio, usando, geralmente, a polpa desidratada. Neste procedimento, produz-se como resíduo a torta prensada. São, portanto, resíduos da extração do óleo de buriti: as tortas já mencionadas; a casca (quando não utilizada para extração de óleo), que pode ser aproveitada para ração animal; o endocarpo do fruto, formado por um tecido esponjoso, delgado, branco a amarelado, que pode também ser aproveitado como ração; e a semente, que pode ser usada para a produção do chamado “café” de buriti, para a confecção de artesanato e para a formação de mudas. De acordo com informações de Almeida (1998), as sementes do buriti, juntamente com o endocarpo também costumam ser utilizados como ração para suínos, após procedimento para amolecerem, que consiste em amontoá-las ao ar livre em local sombreado e úmido.

Na Figura 3, um fluxograma ilustra os resíduos gerados com a extração do óleo de buriti por dois métodos.

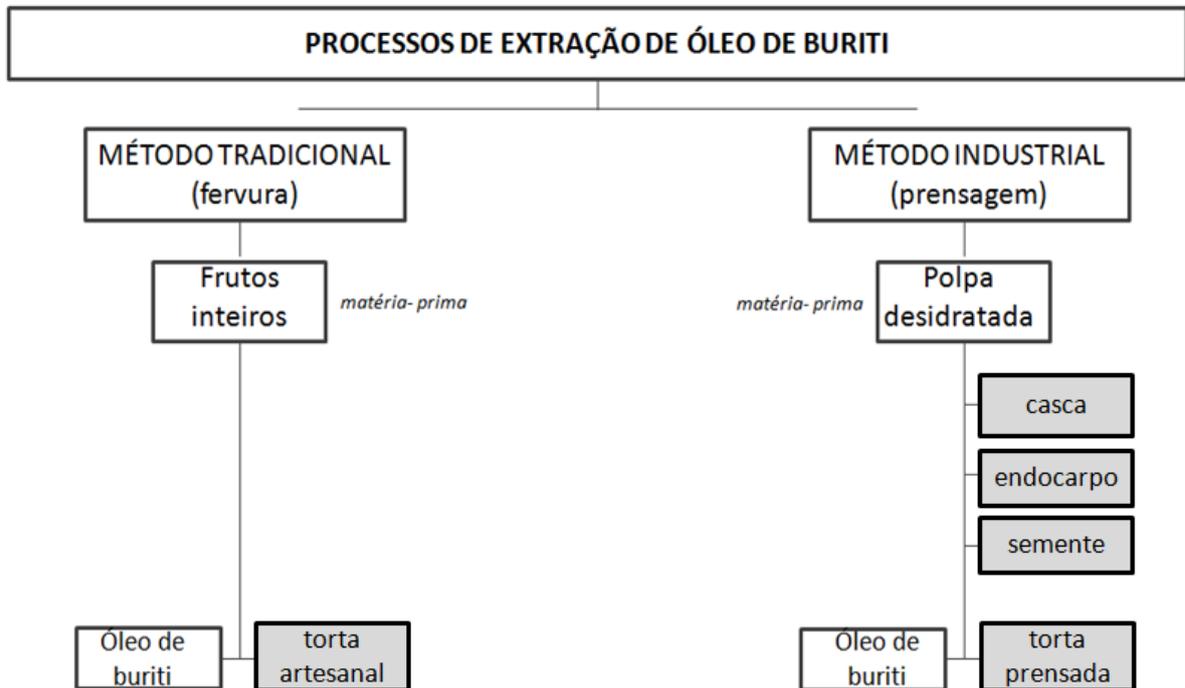


Figura 3: Fluxograma de obtenção do óleo de buriti. Destaque para os resíduos gerados (com preenchimento em cinza).

Analisando a torta prensada do buriti para possível substituição parcial de farinha de trigo em pães, Rodrigues (2010) encontrou: 3,48% de cinzas; 7,81% de extrato etéreo; 4,42% de proteína; 66,63% de fibras insolúveis; 6,37% de fibras solúveis e 11,29% de carboidrato, em base seca. O autor também avaliou outros resíduos do buriti em base seca, sendo: A. casca: 4,03 de cinzas; 8,31% de extrato etéreo; 3,20% de proteína; 74,28% de fibras insolúveis; 0,68% de fibras solúveis e 9,52% de carboidrato; B. semente: 2,80 de cinzas; 0,16% de extrato etéreo; 5,50% de proteína; 82,358% de fibras insolúveis; 0,87% de fibras solúveis e 8,22% de carboidrato; C. endocarpo: 4,58% de cinzas; 8,14% de extrato etéreo; 3,52% de proteína; 67,02% de fibras insolúveis; 7,44% de fibras solúveis e 9,48% de carboidrato. Entre esses resíduos, a semente do buriti foi o que apresentou a coloração mais próxima à da farinha de trigo e que, poderia, ser testada na substituição parcial desta. Destaca-se o elevado teor de fibra alimentar de todos os resíduos.

Barros (2011) também analisou cascas de buriti, estimando a quantidade de polifenóis e da atividade antioxidante, tendo encontrado resultados expressivos. O que sugere que os outros resíduos também possam ter importante potencial antioxidante.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Elaboração dos Pós Ricos em Fibra Alimentar (PRFA)

Os materiais de análise deste estudo foram os Pós Ricos em Fibra Alimentar (PRFA) produzidos a partir de resíduos da exploração de buriti. Na Figura 4 está ilustrado o fluxograma da produção desses pós. A descrição dos processos está relatada nos subitens que se seguem.

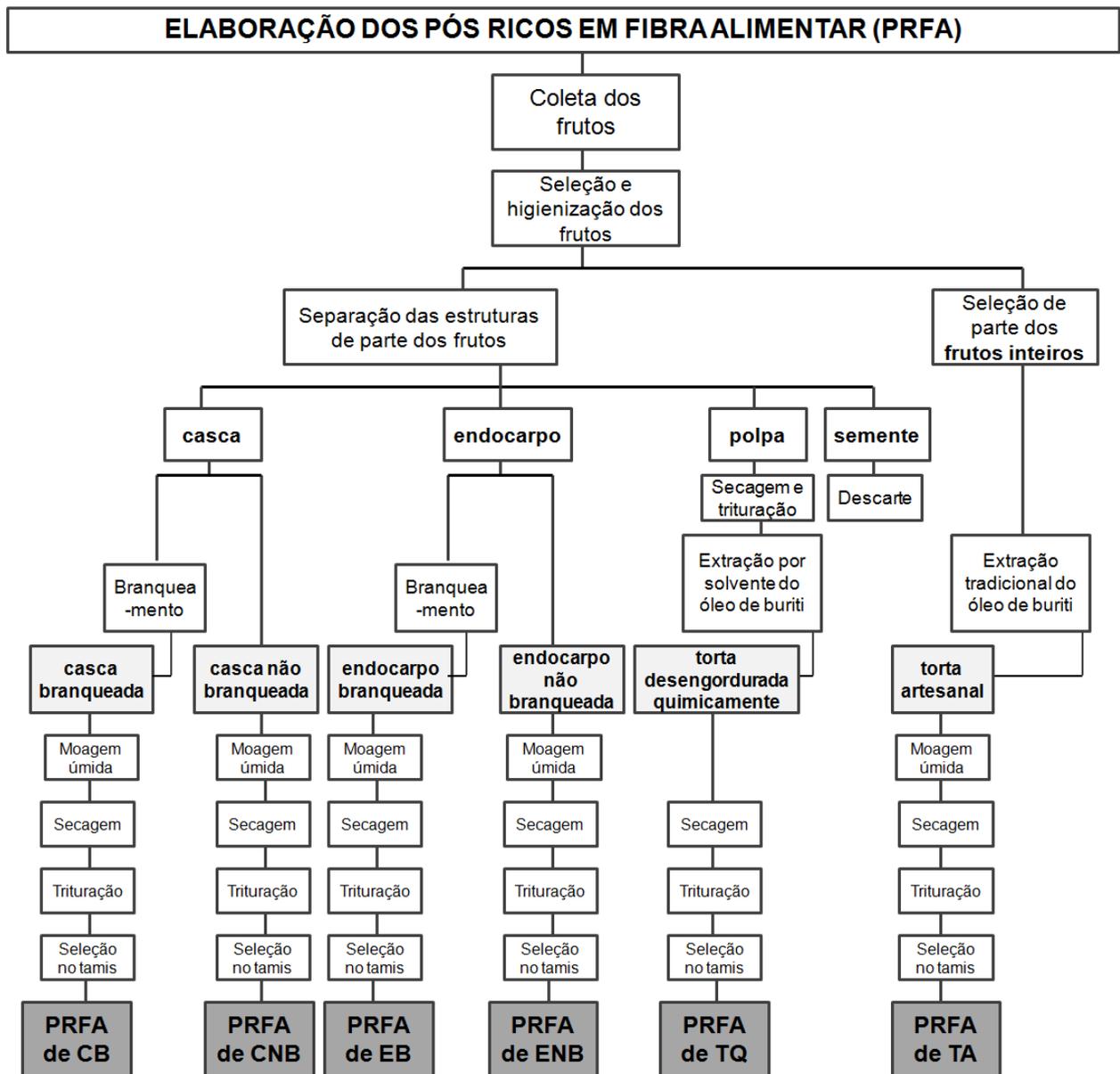


Figura 4: Fluxograma de elaboração dos Pós Ricos em Fibra Alimentar (PRFA). Destaque para resíduos em cinza claro e materiais de análise deste estudo em cinza escuro. Em que: CB = casca branqueada; CNB = casca não branqueada; EB = endocarpo branqueado; ENB = endocarpo não branqueado; TQ = torta de polpa desengordurada quimicamente; TA= torta artesanal.

### 3.1.1 Coleta dos frutos

A coleta foi realizada em maio de 2015 no município de Três Marias, Minas Gerais, região do Cerrado brasileiro (conforme Figura 5, mapa de localização). Os frutos foram coletados de duas palmeiras em estado de maturação classificado como “de vez”, segundo Souza et al. (1984), apresentando as seguintes características: frutos fixos às ramificações do raque, firmes ao toque; casca firmemente aderida à polpa, com escamas coladas, cor verde-amarronzada; polpa amarelo-esverdeada, firme ao tato. Para facilitar o transporte, os frutos foram retirados dos raques. Na Figura 6 de (A) a (E) são apresentadas as fotos da etapa de coleta.

Os frutos foram transportados para a região central do estado de Minas Gerais, onde foram processados. Foram armazenados em caixas de papelão fechadas, em temperatura ambiente. Todos os dias era feita uma inspeção visual para verificar o grau de maturação e eventual perda por processo de decomposição. Passados sete dias, os frutos já estavam em estado de maturação classificado como “maduros”, segundo Souza et al. (1984), apresentando as seguintes características: frutos macios ao toque; casca soltando facilmente da polpa, cor marrom-avermelhada; polpa amarela, macia ao tato. A Figura 6 (F) ilustra os frutos amadurecidos.

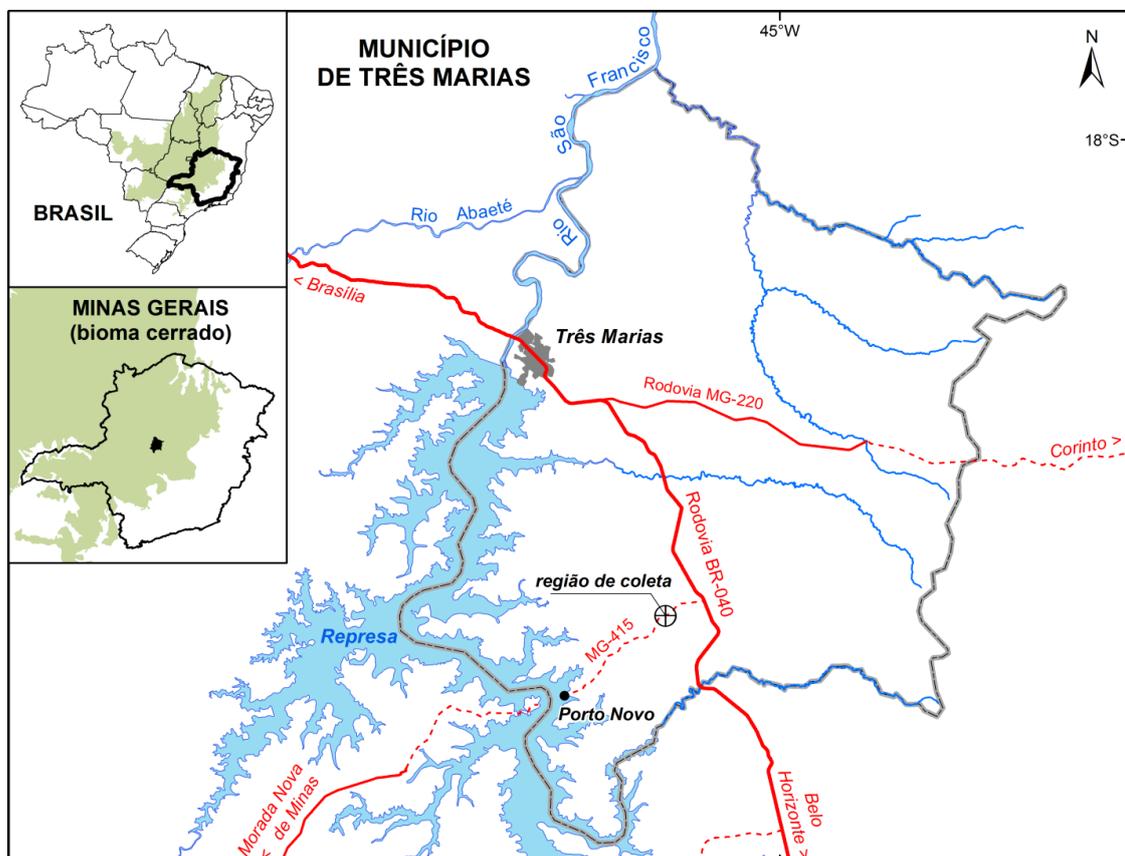


Figura 5: Mapa de localização da coleta. Elaborado por Rafael M. M. Resende, geógrafo.



Figura 6: (A) Palmeira com frutos. (B) Cacho na palmeira, mostrando que parte dos frutos já havia se desprendido. (C) Destaque para cacho coletado. (D) Frutos "de vez" já coletados e armazenados em caixa para transporte. (E) No chão, frutos apodrecidos. (F) Fruto

### 3.1.2 Seleção e higienização dos frutos

Do montante dos frutos, foram selecionados aqueles sadios e descartados os impróprios para o consumo. Os frutos selecionados foram lavados em água corrente e, com o auxílio de uma escova, foram retiradas as sujidades superficiais. Após, foram sanitizados, permanecendo de molho por 10 minutos em solução de hipoclorito de sódio 0,2%. Em seguida, foram enxaguados em água mineral corrente para retirada do excesso de cloro (Figura 7 (A) e (B)).

### 3.1.3 Biometria dos frutos

Com o auxílio de um paquímetro, foram medidos massa, comprimento e largura equatorial de 12 frutos selecionados ao acaso.

### 3.1.4 Separação das estruturas

Parte dos frutos higienizados foi selecionada para este processo. Essa parcela foi pesada em uma balança da marca Filizola, capacidade 20 kg, somando 4,350 kg de frutos inteiros. Com o auxílio de uma faca de material inoxidável, foram separadas

casca, polpa, endocarpo e semente (Figura 7 (C)). As amostras foram pesadas, acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade e armazenadas a -18 °C.



Figura 7: (A) Lavagem dos frutos. (B) Sanitização dos frutos. (C) Separação das estruturas dos frutos.

### 3.1.5 Extração tradicional do óleo de buriti

A extração tradicional do óleo de buriti procedeu-se segundo instruções de Sampaio (2012) e do vídeo produzido pelo Instituto Ecológica (2015), com adaptações. Parte dos frutos higienizados foi selecionada para a extração tradicional do óleo de buriti. Essa parcela foi pesada, somando 11,725 kg de frutos inteiros. Os frutos já se encontravam bastante macios e foram, então, submetidos ao processo de maceração artesanal em pilão tradicional, conforme praticado pelas comunidades tradicionais extrativistas (Figura 8 (A)). Após, foram colocados em tacho de cobre com água mineral na proporção de 1:1 para cozimento (Figura 8 (B)). O processo durou cerca de 10 h 25 min. Durante este tempo foi adicionada mais água totalizando 81 L. O líquido sobrenadante, formado por água e óleo (Figura 8 (C)), era recolhido e deixado em repouso (Figura 8 (D)). No tacho, restava uma parte sólida, a torta (Figura 8 (E)), que ao final do processo foi retirada, pesada, acondicionada em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade e armazenada a -18 °C. A parte líquida era recolhida e submetida à aquecimento em recipiente separado para evaporação da água (Figura 8 (F)). O líquido restante, ainda com água foi transferido para tubos Falcon de 50 mL e centrifugado por 30 minutos em centrífuga de bancada, marca Celm modelo Combate, a 3.500 rpm, na tentativa de separar o óleo da água.



Figura 8: (A) Maceração artesanal dos frutos. (B) Início do cozimento. (C) Sinais de desprendimento de óleo durante o cozimento. (D) Separação de fases do líquido retirado. (E) Torta no fundo do tacho. (F) Aquecimento para evaporação da água.

### 3.1.6 Produção da torta de polpa desengordurada quimicamente de buriti

Por não ter sido possível realizar a extração do óleo pelo método de prensagem, foi realizada a extração por solvente, usando a polpa desidratada. De acordo com Carvalho (2011) os resultados de ambos os métodos são semelhantes, embora a extração com solvente seja um pouco mais eficiente que a realizada por prensa.

A produção da torta de polpa desengordurada quimicamente de buriti foi feita pelo método Soxhlet, de acordo com Dutta, Sarkar e Mukherjee (2014) e Carvalho (2011), utilizando hexano como solvente.

A polpa de buriti, separada dos frutos conforme item 3.1.4, foi descongelada e desidratada a 60 °C por cerca de 20 horas. Após resfriamento em temperatura ambiente, foi triturada em moedor de café, marca Cadence, modelo MDR301, colocada em cartuchos de papel de filtro e levada ao extrator Soxhlet acoplado a uma manta aquecedora a cerca de 70°C, por 8 horas. O material extraído foi coletado em balão de fundo redondo e levado ao evaporador rotativo para separação do solvente por evaporação. O óleo foi pesado para cálculo do rendimento. A torta resultante foi levada para a capela de exaustão por 15 minutos para evaporação do excesso de solvente e, após, seca em estufa com circulação de ar a 60°C por cerca de 12 horas. Após resfriamento em temperatura ambiente, foi pesada e armazenada em embalagem plástica de polietileno de baixa densidade, em temperatura ambiente, ao abrigo de luz.

### 3.1.7 Produção dos Pós Ricos em Fibras Alimentares (PRFA)

Inicialmente as amostras de casca, endocarpo e torta artesanal foram descongeladas à temperatura ambiente. Partes daquelas referentes à casca e endocarpo foram branqueadas (70-75°C por 3 minutos, seguidos de 4 minutos a 2°C) para posterior comparação entre ambos pré-tratamentos. O processo de obtenção dos pós baseou-se na metodologia citada por Hassan et al. (2011), com modificações. De acordo com o método, as amostras descongeladas foram, então, misturadas com água (proporção: 3 g : 2 mL para a torta artesanal e 1:1 para as demais amostras) e trituradas até massa uniforme em liquidificador industrial, marca MetVisa, capacidade 10 kg. A mistura obtida foi espalhada em bandejas metálicas e dispostas em estufa com circulação de ar a 60 °C, conforme resultados de Larraur, Rupérez e Saura-Calixto (1997), para preservação dos polifenóis, por cerca de 24 h. Após a secagem, as amostras foram trituradas em miniprocessador, marca Black & Decker, modelo HC31, e em seguida foram submetidas a tamis da marca Bertel, de 35 mesh, selecionando as partículas com diâmetros menores ou iguais a 425 µm, conforme os pós ricos em fibra comerciais (LARRAURI, 1999). As partículas de maior granulometria que ficaram retidas no tamis foram, reprocessadas em moedor de café, marca Cadence, modelo MDR301 e novamente passadas no tamis. As partículas selecionadas foram estocadas em embalagem plástica de polietileno de baixa densidade, em temperatura ambiente, ao abrigo de luz. Na Figura 9 está ilustrado o procedimento realizado com as amostras de endocarpo. No caso da torta de polpa desengordurada quimicamente, sendo a mesma um pó, após a secagem (conforme descrito no item 3.1.6), foi feito apenas o processo de seleção das partículas, através do tamis.



Figura 9: Ilustração esquemática da obtenção do PRFA a partir de endocarpo branqueado.

## 3.2 Análises dos Pós Ricos em Fibra Alimentar produzidos

### 3.2.1 Análise colorimétrica

Foi realizada utilizando-se um colorímetro HunterLab Colorflex 45/0, modelo tristimulus. Foram colocadas amostras dos pós em quantidade suficiente para completar o recipiente de análise do equipamento e feita a leitura, conforme instruções do fabricante. Utilizou-se ângulo de observação de 10° e observação em luz diurna. Foram avaliados os parâmetros L\* (luminosidade), coordenada a\* (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada b\* (conteúdo de amarelo a azul). Foram calculados os parâmetros h\* (tonalidade) e c\* (intensidade da cor) pelas equações abaixo. As análises foram realizadas em triplicata.

$$h^* = \arctan b^*/a^*$$

$$c^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

### 3.2.2. Análise físico-química

As análises de umidade, extrato etéreo, cinzas e proteínas foram realizadas de acordo com as metodologias preconizadas pela AOAC (2007), com poucas adaptações. A análise de fibra alimentar foi realizada de acordo com o método enzimático gravimétrico proposto por Asp et al., 1998.

#### 3.2.2.1 Análise de umidade

Placas de vidro devidamente identificadas foram secas em estufa com circulação de ar a 105°C por 1 h. Após, as mesmas foram deixadas por 30 minutos em dessecador para resfriamento, seguindo-se daí a pesagem das mesmas. Cerca de 3 g de cada amostra foram transferidos para cada placa e levados à secagem em estufa com circulação de ar a 105°C por 12 h. Após, as placas com as amostras foram transferidas para dessecador por 30 minutos e em seguida, medidas as massas. As amostras foram novamente levadas à estufa por mais 1 h. Esse procedimento foi repetido até alcançar-se peso constante ou diferença entre as aferições menores ou iguais a 0,0020 g ou ser observado ganho de massa. As análises foram feitas em

triplicada e a umidade calculada pela fórmula:  $U (\% \text{ m/m}) = (\text{massa úmida} - \text{massa seca}) / \text{massa úmida} * 100$ .

### 3.2.2.2 Análise de extrato etéreo

As amostras provenientes da análise de umidade foram novamente secas a 105°C por 12 horas e após resfriadas em temperatura ambiente, em dessecador, foram pesadas em cartuchos de papel de filtro, aos quais foram colocados pequenos volumes de algodão desengordurado, para evitar extravasamento de amostra. Os cartuchos foram colocados em equipamento de Soxlet modificado, juntamente com copos de vidro identificados, secos e resfriados, contendo 4 pérolas de vidro e já pesados. A extração foi feita com éter de petróleo por 20 minutos em submersão e 40 minutos sob gotejamento, com uma taxa de refluxo de 3 a 5 gotas por segundo. Após a recuperação do solvente, as amostras e os copos foram retirados e deixados em capela de exaustão para evaporação do excesso de solvente. Os copos foram secos em estufa a cerca de 100°C por 30 minutos para remoção da umidade e após resfriados, à temperatura ambiente em dessecador, tiveram suas massas medidas novamente. As amostras foram separadas para análise de fibras alimentares. As amostras foram analisadas em triplicata, bem como o branco para análise. O percentual de extrato etéreo (EE) foi calculado a partir das equações abaixo:

$$EE (\%m/m) = \text{massa do EE} / \text{massa da amostra} * 100$$

$$\text{massa do EE} = \text{massa final do copo} - \text{massa inicial do copo}$$

### 3.2.2.3 Análise de Resíduo Mineral Fixo (RMF)

As amostras foram colocadas em cadinhos de porcelana (previamente secos em mufla a 550 °C por 1 hora e pesados após resfriamento). O sistema foi levado à mufla a 550 °C por um período de cerca 20 horas, variando conforme a necessidade até a obtenção de cinzas brancas ou acinzentadas. Após, foram deixados em repouso por 30 minutos em dessecador e tiveram suas massas aferidas. A análise foi feita em triplicata e o teor de RMF foi calculado a partir da seguinte equação:  $\%RMF = (\text{massa final do cadinho} - \text{massa inicial}) / \text{massa da amostra} * 100$ .

#### **3.2.2.4 Análise de proteína**

A análise foi realizada pelo método de Kjeldahl, em três etapas: digestão, destilação e titulação.

Para a digestão, foram pesados cerca de 0,25 g de amostra em papel de seda (6 cm x 6 cm). Os papéis foram fechados cuidadosamente e colocados em tubos digestores, juntamente com cerca de 0,3 g de mistura digestora (contendo sulfato de potássio, óxido de selênio e sulfato cúprico) também pesada e acondicionada em papel de seda (6 cm x 6 cm). Em seguida, foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico ao tubo de digestão. O sistema foi transferido para um bloco digestor, que foi aquecido gradativamente até a temperatura de 350 °C. O procedimento foi encerrado após a completa digestão da amostra, cerca de 5 horas após o início.

Após o resfriamento dos tubos, seguiu-se a etapa de destilação, realizada em destilador de Kjeldahl Quimis. Em erlenmeyers de 250 mL foram adicionados 10 mL da solução de ácido bórico e colocadas 10 gotas de indicador misto. Aos tubos com as amostras foram adicionados 10 mL de água e os mesmos foram acoplados ao destilador, através do qual foram adicionados 20 mL de NaOH 40% aos tubos. Em seguida, ocorreram a neutralização, alcalinização e destilação dos produtos da digestão.

Finda a destilação, o produto final desta foi titulado com ácido clorídrico 0,1 mol/L padronizado, até viragem de cor do indicador de verde azulado para alaranjado. O volume de ácido clorídrico gasto foi anotado. Foram realizados brancos para a análise.

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo volume de ácido clorídrico gasto na titulação, multiplicado por 0,0014 e pelo fator de correção da padronização do ácido, dividido pela massa da amostra e multiplicado por 100. Para o cálculo do percentual de proteína, multiplicou-se o teor de nitrogênio pelo fator de conversão 6,25.

#### **3.2.2.5 Análise de fibras alimentares insolúveis e solúveis**

Pelo método enzimático-gravimétrico determinaram-se as frações de fibras alimentares insolúveis e solúveis. Amostras secas e desengorduradas foram digeridas pelas enzimas alfa amilase, pepsina e pancreatina, nesta ordem e conforme o pH ótimo

para cada uma, obtendo-se os produtos resistentes à digestão, a partir dos quais foram obtidas as frações de fibras.

Para a digestão, as amostras tiveram a massa aferida em um erlenmeyer e solubilizadas com solução de tampão fosfato 0,1mol/L . Em seguida adicionou-se alfa amilase e procedeu-se a digestão em banho-maria a 100°C por 15 minutos, com agitação a cada 5 minutos. O sistema foi deixado em repouso para resfriamento em temperatura ambiente e o pH foi ajustado para 1,5; acrescentado-se a pepsina em seguida. A digestão se deu a 40° C, por 1 hora, com agitação constante. Após o resfriamento, o pH foi ajustado para 6,8 e a pancreatina foi acrescentada. A digestão também ocorreu a 40° C, por 1 hora, com agitação constante.

Concluída a digestão, o produto resultante foi filtrado à vácuo em cadinhos de vidro com fundo poroso, secos e desengordurados, contendo celite tratada. Os materiais retidos nos cadinhos foram reservados para análise das frações de fibra insolúvel. Os filtrados foram transferidos para béqueres e a eles foram adicionados cerca de 200 mL de etanol 78%; as misturas foram deixadas em repouso por 12 horas para solubilização das fibras solúveis. Após, o conteúdo dos béqueres foi filtrado à vácuo, como anteriormente e os cadinhos reservados para análise das frações de fibra solúvel.

Todos os cadinhos foram, então, reunidos e levados à estufa com circulação de ar a 105°C por 1 hora. Após resfriados em temperatura ambiente dentro de dessecador, tiveram suas massas aferidas e foram colocados em mufla a 550 °C por 5 horas, para incineração das fibras. Após, foram novamente levados à estufa com circulação de ar a 105°C por 1 hora e, após resfriados em temperatura ambiente dentro de dessecador, tiveram suas massas novamente aferidas. Por diferença entre as massas antes e após a incineração, as frações de fibra alimentar foram indiretamente calculadas, conforme as equações 1 e 2:

$$FAI (\%) = \frac{M_1 - M_2 - B}{M_A} \times 100 \quad (1)$$

$$FAS (\%) = \frac{M_1 - M_2 - B}{M_A} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

FAI = Fibra alimentar insolúvel

FAS = Fibra alimentar solúvel

$M_1$  = massa do cadinho + resíduo após secagem antes da incineração

$M_2$  = massa do cadinho + resíduos após secagem pós incineração a 550°C

$B = (M_1 - M_2)$  do branco

$M_A$  = massa da amostra

### 3.2.3 Perfil de monossacarídeos neutros

A análise de monossacarídeos neutros foi realizada com uma amostra (sem replicatas) de cada PRFA produzido, através da cromatografia gasosa de seus acetatos de alditol correspondentes, de acordo com Melton e Smith (2001). O método consiste em, primeiramente, hidrolisar os polissacarídeos para os seus monossacarídeos com um ácido forte e, em seguida, convertê-los em acetatos de alditol, por redução com borohidreto de sódio ao alditol correspondente e, em seguida, acetilar os grupos hidroxilo de cada alditol. Os acetatos de alditol formados são voláteis e podem ser identificados e quantificados por cromatografia gasosa (MELTON e SMITH, 2001).

#### 3.2.3.1 Hidrólise dos polissacarídeos

Cerca de 5 mg de amostra foram colocados em tubos de vidro limpos, aos quais foi adicionado 0,5 mL de ácido trifluoroacético 2 mol/L. Aos tubos foi adicionado gás nitrogênio para remoção de todo vestígio de ar. Os mesmos foram tampados e agitados em vórtex. Em seguida, foram incubados por 60 minutos a 121 °C, em bloco de aquecimento. Após resfriamento em temperatura ambiente, foram adicionados 25 µL de alose 20 mg/mL (padrão interno). E os tubos foram novamente agitados. O hidrolisado foi, então, filtrado para tubos de vidro limpos, através de uma seringa descartável, acoplada em filtro para seringa. Foi adicionado cerca de 0,5 mL de água Milli-Q-purificada para ajudar na filtração. Após, o filtrado foi evaporado até a secura numa corrente suave de gás nitrogênio.

### 3.2.3.2 Redução dos monossacarídeos aos acetatos de alditol correspondentes

Outros 2 tubos de vidro foram preparados como controles. Em um, foi adicionado 100 mL de água Milli-Q- purificada (controle de água) e no outro, 100  $\mu$ L de uma mistura de 13 padrões de monossacarídeos (preparo descrito abaixo).

Preparo dos 13 padrões de monossacarídeos: os seguintes monossacarídeos foram secos usando dessecante pentóxido de fósforo: eritritol (i-eritritol, meso-eritritol), 2-desoxi-D-ribose, L(+)-ramnose,  $\alpha$ -D(+)-fucose (6-desoxi-D-galactose), D(-)-ribose, L(+)-arabinose, D(+)-xilose, 2-desoxi-D-glucose,  $\beta$ -D-alose, D(+)-manose, D(+)-galactose,  $\alpha$ -D(+)-glucose, mio-inositol. Foram, então, pesados 20 mg de cada monossacarídeo seco em frascos individuais e adicionado 1 mL de água Milli-Q- purificada em cada um. As misturas foram reunidas em um tubo de vidro e armazenadas em *freezer* até o momento de uso.

Em todos os tubos de vidro foram adicionados 100  $\mu$ L de água Milli-Q-purificada, 20  $\mu$ L de amônia 15 mol/L e 1 mL de borohidreto de sódio 0,5 mol/L em dimetilsulfóxido (DMSO). Os tubos foram tampados e agitados em vórtex para misturar. E, em seguida, incubados por 90 minutos a 40 °C, em banho de água aquecida. Após, foram adicionados em cada tubo 100  $\mu$ L de ácido acético 18 mol/L. Os tubos foram agitados.

### 3.2.3.3 Acetilação dos alditóis

Foram adicionados em cada tubo 200  $\mu$ L de 1-metilimidazol e 2 mL de anidrido acético. Os tubos foram agitados. Após 10 minutos em temperatura ambiente, adicionou-se 5 mL de água Milli-Q-purificada, para neutralizar o excesso de anidrido acético, e os tubos foram novamente agitados. Após resfriamento em temperatura ambiente, foi adicionado 1 mL de diclorometano (DCM) para extrair os acetatos de alditol e os tubos foram agitados. Após a separação de fases, a fase inferior (de DCM) foi transferida para um tubo de vidro limpo, usando uma pipeta de *Pasteur*. O processo com DCM foi repetido com a fase aquosa. E, então foram adicionados 4 mL de água Milli-Q-purificada para os extratos de DCM e os tubos foram agitados. A fase aquosa (superior) foi removida e descartada. Esse procedimento de lavagem foi realizado mais três vezes. Após, o DCM foi completamente evaporado em uma corrente de gás nitrogênio. E os tubos de vidro armazenados em *freezer* até o uso.

### 3.2.3.4 Determinação por cromatografia gasosa

Aos tubos de vidro secos foram adicionados 2 mL de DCM.

A separação dos acetatos de alditol por cromatografia gasosa foi realizada utilizando um cromatógrafo a gás Varian 3900, equipado com detector de ionização de chama. Foi usada coluna capilar BPX-70 (30 m x 0.32 mm x 0,25 µm; SGE Chromatography Products) e nitrogênio como gás de arraste a um fluxo de 1,5 mL/min. A temperatura inicial do forno foi de 38 °C , mantida por 30 segundos; sendo em seguida elevada a 170 °C a uma taxa de 50 °C/min e ao final elevada a 230 °C a 2 °C/min e mantida por 5 minutos. O detector foi aquecido a 250 °C e o injetor a 230 °C. Foram injetados 2 µL de amostra. O tempo total de corrida foi de 38 minutos.

Os acetatos de alditol foram identificados pelos tempos de retenção relativos aos padrões. As áreas e os tempos de retenção foram obtidos através do *software* Varian Star #1.

Os cálculos foram feitos conforme descrito por FERRAZ (1991). A relação entre a concentração de cada monossacarídeo e as áreas nos cromatogramas de cada derivado de alditol correspondente foi avaliada pelo cálculo da razão molar relativa (RMR) em relação ao padrão interno utilizado, a alose (RMR=1), conforme a equação 3:

$$RMR_{m/alose} = (A_m/m_m/MM_m) / (A_{alose}/m_{alose}/MM_{alose}) \quad (3)$$

Em que:

$RMR_{m/alose}$  = razão molar relativa do monossacarídeo em relação à alose;

$A_m$  = área do pico do derivado do monossacarídeo;

$m_m$  = massa do monossacarídeo (em gramas);

$MM_m$  = massa molar do monossacarídeo;

$A_{alose}$  = área do pico do derivado da alose;

$m_{alose}$  = massa da alose (em gramas);

$MM_{alose}$  = massa molar da alose.

A composição monossacarídica foi determinada calculando-se as porcentagens molares relativas (% mol), a partir dos cálculos da RMR para cada monossacarídeo, conforme a equação 4:

$$\% \text{ mol} = [(A_m/RMR_{m/aloës}).100] / (\Sigma A_m/RMR_{m/aloës}) \quad (4)$$

### **3.2.4 Análises da capacidade antioxidante dos Pós Ricos em Fibra Alimentar**

#### **3.2.4.1 Preparação dos extratos para análise dos métodos FRAP, DPPH e Folin-Ciocalteu**

O procedimento de preparo dos extratos baseou-se no trabalho de Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), com adaptações. Foi pesado 1 g de cada amostra em tubos Falcon envolvidos por papel alumínio e adicionados 40 mL de solução de metanol 50%. Os tubos foram homogeneizados em vórtex e deixados em repouso por 60 min. Após, foram centrifugados a 3.500 rpm por 15 min. O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Aos resíduos foram adicionados 40 mL de solução de acetona 70%. Os tubos foram, então, homogeneizados em vórtex e deixados em repouso por 60 min. Após, foram centrifugados a 3.500 rpm por 15 min. O sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico de 100 mL, em que já continha o sobrenadante da primeira extração. O mesmo foi completado com água destilada até o menisco. Os extratos foram armazenados em tubos Falcon a -18 °C até o uso. O resíduo foi utilizado para análise dos polifenóis não extraíveis.

#### **3.2.4.2 Capacidade antioxidante pelo método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)**

O ensaio do método FRAP foi conduzido segundo Benzie e Strain (1996), com pequenas adaptações.

O método de redução do ferro, FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) baseia-se na redução do Fe (III) do complexo TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina), de cor azul claro, em Fe (II), formando um composto de cor azul escuro, por compostos antioxidantes da amostra. Uma curva padrão é feita usando sulfato ferroso e o resultado é expresso em termos da quantidade equivalente de sulfato ferroso que

produz dada redução por grama de amostra analisada. Assim, quanto maior o valor encontrado, maior a atividade antioxidante da amostra analisada (EMBRAPA, 2006).

A partir dos extratos das amostras foram preparadas 4 diluições. Para tubos Falcon de 15 mL, protegidos contra a luz, foram transferidos 90 µL das diluições, mais 270 µL de água destilada, mais 2,7 mL de solução FRAP (preparada com tampão acetato, solução de TPTZ e solução de  $\text{Fe}_3\text{Cl}$ ). Os tubos foram homogeneizados em vórtex e mantidos em banho-maria por 30 minutos a cerca de 37°C. Após, foi realizada a leitura de absorbância das amostras em espectrofotômetro, marca Micronal modelo AJX 1900, a 595 nm, usando o reagente FRAP como branco para calibração do equipamento. As análises foram feitas em triplicata.

Para cada uma das amostras, foi plotado um gráfico no *Excel*, com a concentração dos extratos (mg/L) no eixo x e a absorbância (a 595 nm) no eixo y. Foi feita uma curva-padrão com  $\text{FeSO}_4$  para o cálculo da atividade antioxidante total.

### **3.2.4.3 Capacidade antioxidante pelo método DPPH**

A análise da atividade pelo método de DPPH (1,1-difenil-2-picrylhidrazil) foi realizada conforme descrito por Aziz et al. (2011), com modificações.

O método de redução do radical 2,2- diphenyl -1- picryl-hidrazil (DPPH) baseia-se na captura do radical DPPH por compostos que têm atividade redutora. A absorbância máxima do radical em UV visível é a 515 nm. À medida que o radical é capturado pelos compostos antioxidantes, nota-se a redução na absorbância. Para a análise dos compostos antioxidante, a redução da absorbância é monitorada ao longo do tempo até a estabilização da leitura da solução analisada. Os resultados são medidos pela quantidade de amostra necessária para reduzir determinada quantidade do radical DPPH. Geralmente é expresso em g de amostra por g de DPPH ou pela EC50, que corresponde à quantidade de amostra necessária para reduzir à metade a concentração inicial de DPPH. Assim, quanto menor o valor expresso na análise de DPPH, maior a atividade antioxidante da amostra analisada (HUANG, OU e PRIOR, 2005; ANISSI et al., 2014).

Para tanto, foram preparadas quatro diluições dos extratos, tal como para a análise pelo método FRAP. Para tubos Falcon de 15 mL foram transferidos 0,1 mL de cada diluição dos extratos, mais 3,9 mL de solução de DPPH. Foi feito um controle com

0,1 mL de solução de água-metanol-acetona usada no preparo dos extratos e mais 3,9 mL da solução de DPPH. Os tubos foram agitados em vórtex por 5 segundos e em seguida, prosseguiram-se as leituras de absorvância no espectrofotômetro, a 515 nm. As leituras foram repetidas até sua estabilização (última leitura maior ou igual a anterior). Foram usados os menores valores de absorvância para o cálculo do EC50. Foi feita uma curva de calibração com diferentes concentrações da solução de DPPH. Os resultados foram expressos em g/g DPPH. A análise foi conduzida em triplicata.

#### **3.2.4.4 Polifenóis extraíveis**

A análise dos polifenóis extraíveis foi de acordo com o método Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999), com algumas adaptações.

O método consiste em reagir as amostras com o reagente Folin-Ciocalteu em meio alcalino. O reagente Folin-Ciocalteu é formado por uma mistura dos ácidos fosfomolibídico e fosfotungstístico, no qual o molibdênio e o tungstênio encontram-se no estado de oxidação 6<sup>+</sup> e são reduzidos na presença de certos agentes redutores, como os polifenóis, tornando-se molibdênio azuis, com a média do estado de oxidação entre 5 e 6. A coloração permite a determinação da concentração das substâncias redutoras, que não necessariamente são de natureza fenólica, observação que deve ser considerada na análise dos resultados (NACZK e SHAHIDI, 2004).

Para tubos Falcon de 15 mL, protegidos contra a luz, foi transferido 1 mL dos extratos concentrados das amostras, mais 5 mL de solução do reagente Folin-Ciocalteu 10% (m/v). Os tubos foram agitados em vórtex por 5 segundos e deixados em repouso à temperatura ambiente por cerca de 3 a 5 segundos. Em seguida, foram adicionados 4 mL de solução de carbonato de sódio 7,5 % (m/v). Os tubos foram novamente agitados por 5 segundos e deixados em repouso à temperatura ambiente por 2 h na ausência de luz. Após, foi realizada a leitura de absorvância das amostras em espectrofotômetro, a 765 nm, usando uma solução igual às demais, porém sem extrato, como branco para calibração do equipamento. As análises foram feitas em triplicata.

Para a curva, plotou-se no *Excel*, a concentração dos extratos (mg/mL) no eixo x e a absorvância no eixo y. Foi feita uma curva-padrão de calibração usando ácido gálico. A quantidade de polifenóis extraíveis das amostras foi calculada em equivalentes de ácido gálico (EAG).

### 3.2.4.4.1 Antocianinas extraíveis

A extração das antocianinas foi feita de acordo com Silva (1996) e o método de análise conforme descrito por Giusti e Wrolstad (2001), com modificações.

Para a extração, cerca de 1 g de amostra foi pesado em tubos Falcon de 50 mL, cobertos com papel alumínio. A essa massa foram adicionados 40 mL de etanol 70%. O pH da solução foi corrigido com uma solução diluída de HCl para pH=2. A mistura foi agitada em vórtex e deixada em repouso por 24 horas, a cerca de 5 °C, ao abrigo da luz. Após, o material foi prensado com bastão de vidro e filtrado em balão volumétrico de 50 mL, tendo seu volume completado com etanol 70%. O conteúdo do balão foi, então centrifugado por 10 minutos a 3500 rpm e filtrado em papel de filtro. O filtrado foi transferido para funil de separação e lavado 3 vezes com 10 mL de solução de éter etílico:éter de petróleo (1:1) para purificação do extrato.

A análise das antocianinas foi feita pelo método pH diferencial. O extrato preparado foi diluído em duas soluções tampões, separadamente. Tampão de cloreto de potássio 0,025 mol/L (pH 1) e tampão de acetato de sódio 0,4 mol/L (pH 4,5). Após cerca de 30 minutos da diluição, tempo necessário para equilíbrio das soluções, mediu-se a absorbância da solução em pH 1, identificando por espectroscopia de varredura o comprimento de onda de máxima absorção. As replicatas foram, então, lidas no comprimento de onda de 520 nm e 700 nm. Foi usada água destilada para zeragem do espectrofotômetro UV.

O teor das antocianinas totais (AT) foi calculado pela equação 5 e depois convertido para mg/100g, sendo expresso em equivalente de cianidina-3-glicosídeo.

$$AT \text{ (mg cianidina-3-glicosídeo/L)} = (A \times MW \times DF \times 10^3) / (\epsilon \times l) \quad (5)$$

Em que:

$$A = (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 1} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 4,5}$$

$$MW = \text{massa molecular} = 449,2 \text{ g/mol}$$

$$DF = \text{fator de diluição}$$

$$10^3 = \text{fator de conversão de gramas para miligramas}$$

$$\epsilon = \text{coeficiente de extinção molar} = 26900 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$l = \text{caminho ótico} = 1 \text{ cm}$$

### 3.2.4.5 Carotenoides

A metodologia adotada foi a proposta por Lichtenthaler e Buschmann (2001).

O extrato usado para esta análise foi feito usando acetona pura. Em tubos Falcon de 50 mL foram colocados 3 g de amostra dos PRFA e 10 mL de acetona para os pós feitos a partir de casca e torta; e 5 mL para os pós feitos a partir de endocarpo. Os tubos foram agitados por cerca de 5 segundos no vórtex e deixados em repouso por 1 h. Após, foram centrifugados por 30 minutos. O sobrenadante foi filtrado em balões de 10 mL (exceto para os pós feitos a partir do endocarpo, em que foi usado balão volumétrico de 5 mL) e o precipitado lavado por 2 vezes com acetona. Após, foram feitas as leituras no espectrofotômetro, a 470 nm, 644 nm e 661 nm. O cálculo das concentrações de clorofila a ( $C_a$ ), clorofila b ( $C_b$ ) e carotenoides totais foram feitos, respectivamente, pelas equações 6 a 8:

$$C_a (\mu\text{g/ml}) = 11,24 A_{661} - 2,04 A_{644} \quad (6)$$

$$C_b (\mu\text{g/ml}) = 20,13 A_{644} - 4,19 A_{661} \quad (7)$$

$$C(x+c) (\mu\text{g/mL}) = (1000 A_{470} - 1,90C_a - 63,14C_b)/214 \quad (8)$$

### 3.2.4.6 Polifenóis não extraíveis

A análise foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Zurita, Díaz-Rubio e Saura-Calixto (2012) para análise de proantocianidinas não extraíveis, com pequenas modificações.

Neste experimento são analisados os polifenóis que ficaram presentes nos resíduos do processo de extração dos polifenóis extraíveis. Esses resíduos foram recolhidos em placas de petri e secos a 35°C em estufa de circulação de ar por 16 h. Os resíduos secos foram pesados e separados em três tubos Falcon de 50 mL, em que foram adicionados 10 mL de solução de HC/butanol (5:95 v/v), contendo 0,7 g/L de  $\text{FeCl}_3$ . Foram, então, submetidos à agitação em banho-maria a cerca de 100°C por 1 h. Após este prazo, o material foi centrifugado a 3500 rpm, por 10 min. Os sobrenadantes foram recolhidos em balões volumétricos de 25 mL e os resíduos foram lavados mais duas vezes com 5 mL da solução de HC/butanol (5:95 v/v) e centrifugados. Os sobrenadantes foram reunidos nos balões volumétricos de 25 mL, que foram completados com a solução de HC/butanol (5:95 v/v) até o menisco. Esta solução foi diluída até uma concentração de 2.000 mg amostra/L e procedeu-se a leitura em

espectrofotômetro a 450 nm e 550 nm. O cálculo foi feito conforme Zurita, Díaz-Rubio e Saura-Calixto (2012), usando as duas leituras.

### 3.2.5 Análise de propriedades tecnológicas

As propriedades tecnológicas analisadas para todos os PRFA produzidos foram: Índice de Absorção de Óleo (IAO); Índice de Absorção de Água (IAA); Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Volume de Intumescimento (VI). Foram analisadas de acordo com a metodologia descrita por Seibel (2006), com pequenas modificações.

#### 3.2.5.1 Índice de Absorção de Óleo (IAO)

Foi misturado cerca de 1 g de cada amostra em 20 mL de óleo de soja comercial, a temperatura ambiente, em tubos Falcon de 50 mL. A massa dos sistema foi registrada. Em seguida, os tubos foram mantidos sob agitação constante a 150 rpm, por 30 minutos em mesa giratória. Após, foram centrifugados a 3500 rpm por 10 minutos em centrífuga de bancada. O sobrenadante de cada tubo foi descartado e a massa do tubo contendo o resíduo embebido em óleo foi aferida. Para o cálculo do IAO, o valor da massa do sedimento embebido em óleo foi dividido pelo valor da massa da amostra seca, conforme a equação 9. O resultado foi expresso em grama de óleo absorvido por grama de matéria seca.

$$\text{IAO} = \frac{\text{massa (g) da amostra com óleo}}{\text{massa (g) da amostra seca}} \quad (9)$$

#### 3.2.5.2 Índice de Absorção de Água (IAA)

Foi realizado do mesmo modo que o IAO, porém substituindo-se o óleo de soja comercial por água destilada. O resultado foi calculado, conforme a equação 10. O sobrenadante foi recolhido para cálculo do ISA.

$$\text{IAA} = \frac{\text{massa (g) da amostra com água destilada}}{\text{massa (g) da amostra seca}} \quad (10)$$

### 3.2.5.3 Índice de Solubilidade em Água (ISA)

Cápsulas de porcelana foram secas em estufa com circulação de ar a 105 °C por 12 horas e resfriadas em seguida, à temperatura ambiente, por cerca de 30 minutos, armazenadas em dessecador. Após, foram aferidas suas massas. O sobrenadante obtido na determinação do IAA foi transferido para cápsulas de porcelana previamente secas e pesadas e as mesmas foram secas, novamente, em estufa com circulação de ar a 105 °C por 12 horas e resfriadas, em seguida, à temperatura ambiente, por cerca de 30 minutos, armazenadas em dessecador; tendo a massa aferida na sequência. O ISA foi calculado pela equação 11:

$$\text{ISA} = \frac{(\text{massa da cápsula com resíduo seco} - \text{massa da cápsula vazia}) \times 100}{\text{massa da amostra}} \quad (11)$$

### 3.2.5.4 Volume de Intumescimento (VI)

Foram adicionados cerca de 150 mg de amostra em erlenmeyers de 250 mL. Em seguida, foi adicionado excesso de água destilada e o sistema agitado continuamente por 2 horas em mesa agitadora. Após, o conteúdo dos erlenmeyers foi transferido para provetas de 10 mL, que foram deixadas em repouso até completa decantação, por cerca de 12 horas. O volume final ocupado pela amostra na proveta foi adotado como o volume de intumescimento e expresso em mL/grama de amostra seca.

## 3.3 Análise dos dados

Todos os ensaios, à exceção dos monossacarídeos neutros, foram feitos em triplicata e calculou-se a média e o desvio-padrão. A normalidade dos dados foi verificada pelo método Shapiro-Wilk. Foi feita análise de variância (ANOVA) e o teste de comparação de médias Tukey, a 5% de significância. A análise estatística foi feita no *software* IBM SPSS Statistics, versão 19.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 Biometria dos frutos e separação das estruturas

Os frutos apresentaram peso médio de  $33,78 \pm 3,05$  g, comprimento de  $4,3 \pm 0,5$  cm, largura equatorial de  $3,9 \pm 0,2$  cm. Os valores estão coerentes com os apresentados por outros autores, conforme Tabela 1.

**Tabela 1: Medidas biométricas de frutos de buriti. Comparação com diferentes trabalhos**

|                                | <b>ESTE ESTUDO</b> | <b>BARBOSA, LIMA e MOURÃO JÚNIOR (2009)</b> | <b>CARNEIRO e CARNEIRO (2011)</b> | <b>ROSSI et al. (2014)</b> | <b>MATOS et al. (2014)</b> |
|--------------------------------|--------------------|---|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Peso (g)</b>                | $33,78 \pm 3,05$   | 51,24                                       | $33,66 \pm 5,12$                  | $60,85 \pm 0,01$           | $19,60 \pm 5,93$           |
| <b>Comprimento (cm)</b>        | $4,3 \pm 0,5$      | 4,30  | $5,25 \pm 4,83$                   | $5,16 \pm 0,01$            | $4,50 \pm 0,57$            |
| <b>Largura equatorial (cm)</b> | $3,9 \pm 0,2$      | 3,71  | $3,91 \pm 2,70$                   | $4,49 \pm 0,02$            | $3,65 \pm 0,54$            |
| <b>Origem</b>                  | Minas Gerais       | Roraima                                     | Piauí                             | Mato Grosso                | Minas Gerais               |

<sup>†</sup> Todos os frutos deste trabalho foram pesados sem o cálice, assim como os de BARBOSA, LIMA e MOURÃO JÚNIOR (2009). O cálice representa, em média, aproximadamente 2% do peso do fruto após a separação da raque.

As proporções de casca, polpa, endocarpo e semente dos frutos avaliados estão indicadas na Tabela 2. A proporção de casca foi semelhante ao encontrado por outros autores. As proporções das estruturas variaram bastante entre diferentes trabalhos. Destaca-se o baixo percentual de semente e elevada proporção de endocarpo das amostras do presente estudo. A quantidade de polpa encontrada é considerada baixa (< 20%), de acordo com critério de classificação da EMBRAPA (CARVALHO & MULLER, 2005). A Figura 10 de (A) a (E) mostra as estruturas separadas e uma visão geral de cerca de 400 g de frutos separados em suas estruturas.

**Tabela 2: Proporções das estruturas de frutos de buriti. Comparação com diferentes trabalhos**

|                      | <b>ESTE ESTUDO</b> | <b>FRANÇA et al. (1999)</b> | <b>CARVALHO &amp; MULLER (2005)</b> | <b>BARBOSA, LIMA e MOURÃO JÚNIOR (2009)</b> | <b>CARVALHO (2011)</b> | <b>CARNEIRO &amp; CARNEIRO (2011)</b> |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|------------------------|---------------------------------------|
| <b>Casca (%)</b>     | <b>24,0</b>        | 20,0                        | <b><math>22,2 \pm 2,8</math></b>    | $11,1 \pm 5,8$                              | <b>22,03</b>           | <b><math>25,13 \pm 0,19</math></b>    |
| <b>Polpa (%)</b>     | <b>11,8</b>        |                             | $25,0 \pm 4,5$                      | <b><math>12,8 \pm 5,9</math></b>            | 23,58                  | <b><math>10,98 \pm 1,14</math></b>    |
| <b>Endocarpo (%)</b> | <b>62,4</b>        | 30,0                        | $37,1 \pm 5,8$                      | $10,5 \pm 4,3$                              | 54,40                  | $63,88 \pm 0,74$                      |
| <b>Semente (%)</b>   | <b>1,8</b>         | 50,0                        |                                     | $16,9 \pm 6,4$                              |                        |                                       |
| <b>Origem</b>        | Minas Gerais       | Pará                        | Amazônia                            | Roraima                                     | Amazons                | Piauí                                 |



Figura 10: (A) Cascas. (B) Polpa. (C) Endocarpo. (D) Sementes. (E) Visão geral de cerca de 400 g de frutos separados em suas estruturas.

De acordo com MATOS et al. (2014), as variações morfométricas dos frutos do buriti encontradas em diferentes locais, podem ser explicadas por fatores exógenos e endógenos, como condições de umidade do solo, fotoperíodo e luminosidade, produção total de frutos, impactos por predadores, fatores hormonais e genéticos, entre outros. Essas diferenças implicam em diferentes composições absolutas e centesimais das partes do fruto.

Na Figura 11 podem-se observar as estruturas citadas. Através do corte longitudinal de uma unidade do fruto, é possível perceber a importância do endocarpo e pequena quantidade de polpa. Quando comparada à imagem da Figura 12, nota-se que o fruto apresentado por FRANÇA et al. (1999) tem a semente mais desenvolvida e o endocarpo menor.

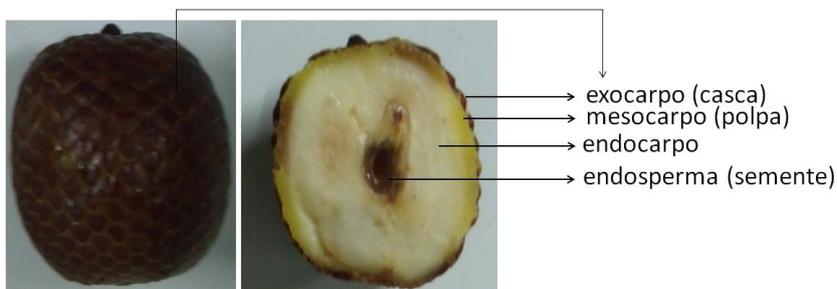


Figura 11: Buriti inteiro e em corte longitudinal. Visualização das frações casca, polpa, endocarpo e semente.

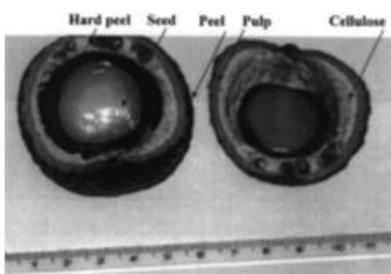


Figura 12: Imagem de FRANÇA et al. (1999) de corte longitudinal do fruto. Comparação.

## 4.2 Extração do óleo de buriti

O processo tradicional de extração de óleo de buriti apresentou um rendimento de 7,07 kg (60,0%) de torta artesanal de buriti (Figura 13).



Figura 13: Torta artesanal de buriti.

Quanto ao rendimento da produção de óleo; com os processos de cozimento dos frutos inteiros, evaporação da água do líquido sobrenadante e centrifugação desse líquido; não foi possível produzir uma quantidade mensurável de óleo de buriti, como mostram as referências Sampaio (2012) e Instituto Ecológica (vídeo). Todavia, pôde ser observada de maneira qualitativa a presença de óleo em cada uma das etapas, indicando que os processos foram eficientes, mas que a quantidade de óleo nos frutos coletados era pequena. As evidências qualitativas da presença de óleo foram: observação de desprendimento de óleo quando se acrescentava nova quantidade de água em temperatura ambiente durante o cozimento (Figura 14 (A)); separação de fases quando o líquido sobrenadante do cozimento foi deixado em repouso (Figura 14 (B)); presença de brilho intenso na borra que sobrou ao final do processo de evaporação prolongada, feita como teste; e formação de uma fina camada de separação no tubo Falcon após a centrifugação, não mensurável e não perceptível por lentes fotográficas.



Figura 14: (A) Observação de desprendimento de óleo quando se acrescentava água em temperatura ambiente. (B) Separação de fases quando líquido sobrenadante do cozimento foi deixado em repouso.

O baixo rendimento da extração de óleo do buriti pelo método tradicional é discutido por outros autores. Vale (2008) descreve a produção de apenas 500 mL de

óleo a partir de 48 kg de frutos (mais de 4 vezes a quantidade utilizada neste trabalho), em uma comunidade no interior do estado brasileiro do Pará, tendo sido considerada uma extração muito produtiva. Carvalho (2011) comparou a extração artesanal do óleo de buriti com os métodos de prensagem hidráulica e extração por solvente, com frutos colhidos no estado brasileiro do Amazonas (com cerca de 21% de polpa), e encontrou um rendimento de cerca de apenas 4% com o método tradicional contra 21,5% e 23,5%, com a prensagem e o solvente, respectivamente. A autora ainda destaca que o óleo extraído pelo processo artesanal apresentava muita umidade e foi submetido ao processo de centrifugação para a separação desta. Mas, apesar do baixo rendimento, destaca a importância do método, muito praticado na região Amazônica pelos moradores de comunidades ribeirinhas e rurais, cujo uso se justifica pelos costumes tradicionais, a baixa condição de renda da população e falta de projetos de implementação de outras técnicas na comunidade.

A quantidade de óleo presente nos frutos é um fator intrínseco que também interfere no rendimento da produção de óleo de buriti. A quantidade de óleo pode variar nos frutos de buriti conforme a quantidade de polpa e de lipídio presente nesta, o que muda de acordo com o grau de maturação; a região de coleta, incluindo estágio de conservação, condições do solo e do clima; época do ano; safra; entre outros (MATOS, et al., 2014). Carneiro e Carneiro (2011) encontraram 18,16% de lipídios em polpa *in natura* de frutos de buriti colhidos no estado brasileiro do Piauí em 2009, superior a 4 vezes o que Tavares (2003) encontrou no estado de São Paulo. Os frutos colhidos para o presente trabalho apresentaram percentuais menores de polpa que a maioria daqueles utilizados em outros trabalhos. Tendo em vista que a polpa concentra a maior quantidade de lipídios do fruto e as limitações do método, justifica-se a produção não mensurável de óleo a partir desses frutos pelo método tradicional de extração.

O rendimento da extração de óleo pelo processo químico foi de 1,90%. Mesmo com um processo mais eficiente o rendimento ainda foi baixo, comprovando o baixo teor de óleo nas amostras coletadas.

### **4.3 Produção dos Pós Ricos em Fibras Alimentares (PRFA)**

Os rendimentos da produção dos PRFA (Tabela 3), à exceção da torta de polpa desengordurada quimicamente, foram todos inferiores a 12%. Destaca-se a elevada proporção de umidade das matérias-primas utilizadas, uma vez que o rendimento foi

calculado a partir da matéria-prima *in natura* para casca e endocarpo e da torta artesanal gerada no processo artesanal de extração do óleo. Barros (2011) obteve rendimento muito semelhante (11,85%) também com cascas de buriti liofilizadas. No caso da torta de polpa desengordurada quimicamente, foi considerado o rendimento a partir do resíduo produzido, ou seja, da massa de torta gerada no processo químico de extração do óleo, que parte da polpa já desidratada; o que justifica o rendimento elevado. Quando calculado a partir da polpa *in natura*, o rendimento do PRFA produzido da torta de polpa desengordurada quimicamente é de apenas 8,50%, comparável aos outros pós produzidos. A Figuras 15 de (A) a (F) ilustra o aspecto dos PRFA produzidos.

**Tabela 3: Rendimento da produção dos PRFA a partir de resíduos de buriti**

| PRFA (a partir de)                         | Rendimento (%) |
|--|----------------|
| Casca branqueada                           | 11,49          |
| Casca não branqueada                       | 11,34          |
| Endocarpo branqueado                       | 2,53           |
| Endocarpo não branqueado                   | 3,26           |
| Torta artesanal                            | 11,84          |
| Torta de polpa desengordurada quimicamente | 92,37          |

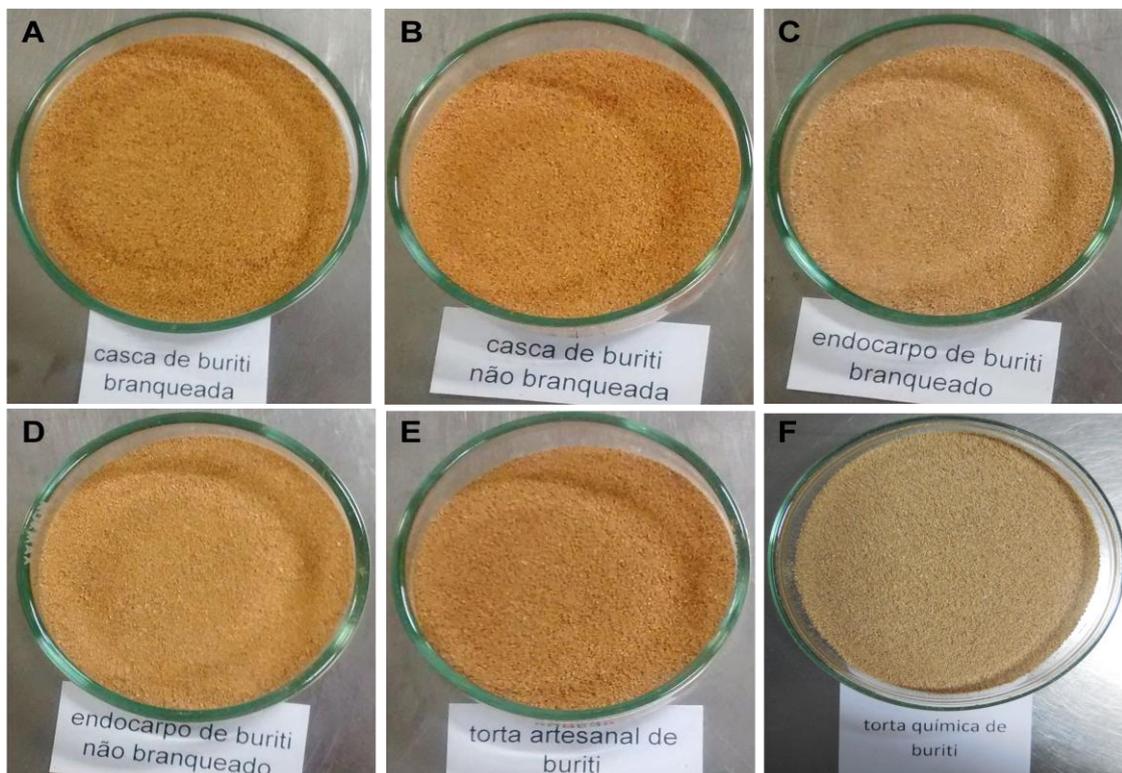


Figura 15: (A) Pó da casca de buriti branqueada. (B) Pó da casca de buriti não branqueada. (C) Pó do endocarpo de buriti branqueado. (D) Pó do endocarpo de buriti não branqueado. (E) Pó da torta artesanal de buriti. (F) Pó da torta de polpa desengordurada quimicamente.

#### 4.4 Análise colorimétrica dos Pós Ricos em Fibra Alimentar

Os resultados para os parâmetros medidos encontram-se na Tabela 4. O aspecto dos pós pode ser visto na Figura 15, conforme já indicado.

**Tabela 4: Determinação dos parâmetros de cor para os PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| PRFA (a partir de)                         | L*             | a*             | b*             | c*             | h*             |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Casca branqueada                           | 56,92 ± 0,46 c | 13,22 ± 0,19 b | 26,27 ± 0,16 b | 29,41 ± 0,20 b | 63,24 ± 0,29 c |
| Casca não branqueada                       | 55,05 ± 0,91 d | 15,16 ± 0,16 a | 28,43 ± 0,62 a | 32,22 ± 0,58 a | 61,94 ± 0,44 d |
| Endocarpo branqueado                       | 61,15 ± 0,19 a | 11,08 ± 0,05 d | 24,80 ± 0,06 c | 27,16 ± 0,06 c | 65,91 ± 0,15 b |
| Endocarpo não branqueado                   | 58,79 ± 0,40 b | 11,61 ± 0,23 c | 26,19 ± 0,45 b | 28,65 ± 0,50 b | 66,10 ± 0,14 b |
| Torta artesanal                            | 53,13 ± 0,37 e | 10,95 ± 0,23 d | 22,18 ± 0,25 d | 24,74 ± 0,25 d | 63,77 ± 0,52 c |
| Torta de polpa desengordurada quimicamente | 62,38 ± 0,47 a | 8,77 ± 0,03 e  | 21,81 ± 0,15 d | 23,51 ± 0,13 e | 68,09 ± 0,23 a |

<sup>1</sup> Em que: Luminosidade (L\*); coordenada a\* (conteúdo do vermelho ao verde); coordenada b\* (conteúdo do amarelo ao azul); h\* (tonalidade); c\* (intensidade).

<sup>2</sup> Médias seguidas de mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si a 5% de significância; (n=3).

O parâmetro luminosidade (L\*) representa a escala de cor preto (L\* = 0) e branco (L\* = 100); quanto maior o valor de L\*, mais clara é amostra. Analisando os resultados, os pós mais claros são aqueles produzidos a partir do endocarpo, seguidos pela casca e torta. As amostras branqueadas são todas mais claras que as não branqueadas, demonstrando o efeito de clareamento do pré-tratamento. O branqueamento inativa as enzimas que oxidam os fenóis a ortoquinonas, que por sua vez polimerizam-se facilmente formando as melaninas de cor escura.

Rodrigues (2010) também avaliou a luminosidade de resíduos de buriti e encontrou resultados semelhantes. As amostras do presente estudo são mais claras que os pós produzidos a partir de outros resíduos, como casca de pequi (LEÃO, 2013) e grãos defeituosos de café (grãos pretos e ardido escuros) no trabalho de Penna (2015). Pós mais claros são importantes, porque podem ser adicionados a uma gama maior de produtos, e em maior quantidade, sem comprometer a cor característica destes, como em pães e iogurtes de diferentes sabores. No caso de pães, Gomez et al. (2007) explica que a cor original da fibra alimentar adicionada parece não influenciar a cor da crosta, uma vez que essa está associada principalmente com as reações de Maillard e de caramelização; em contraste, a cor do miolo é, geralmente, semelhante à

cor da fibra adicionada, já que o mesmo não atinge temperatura tão elevada, não havendo, portanto, a reação de caramelização, responsável pelo escurecimento. Portanto, fibras que alterem muito a cor do miolo podem comprometer a aceitação pelo consumidor. Os iogurtes também tem a cor alterada pela adição de fibras alimentares. Garcia-Perez et al. (2005) observaram que a adição de 1% de fibra de laranja em iogurte provocou escurecimento nos mesmos. Todavia, destacam que valores mais baixos de luminosidade ( $L^*$ ) estão associados a produtos lácteos integrais, que são preferidos por uma parcela de consumidores, desde que o escurecimento não seja muito expressivo. Pós mais claros provocarão menor escurecimento, o que favorece a adição de maior quantidade dos mesmos, aumentando o teor de fibra alimentar no produto final.

As variáveis  $a^*$  e  $b^*$  indicam a posição da cor nos eixos vermelho-verde e amarelo-azul, respectivamente. Esses parâmetros são mutuamente dependentes e não podem ser analisados separadamente para justificar a cor dos pós produzidos. Para tanto, avalia-se os parâmetros  $h^*$  e  $c^*$ . O parâmetro  $h^*$  descreve a tonalidade da cor e o parâmetro  $c^*$ , a intensidade. As amostras não branqueadas apresentaram cor mais intensa que as branqueadas, conforme esperado. Quanto à tonalidade da cor, os PRFA produzidos a partir de endocarpo branqueado e não branqueado não diferiram entre si, assim como os PRFA produzidos a partir da torta artesanal e de casca branqueada; os pós produzidos a partir da polpa desengordurada quimicamente e da casca não branqueada apresentaram cores distintas de todos os pós.

#### 4.5 Análise físico-química

Todos os PRFA produzidos apresentaram teor de umidade inferior a 9% (Tabela 5), conforme os pós ricos em fibras alimentares comerciais (LARRAURI, 1999) e apresentam valores próximos entre os seis grupos amostrais.

**Tabela 5: Umidade dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| PRFA (a partir de)                         | Umidade (g/100g) |
|--|------------------|
| Casca branqueada                           | 3,57 ± 0,36 b    |
| Casca não branqueada                       | 4,21 ± 0,58 ab   |
| Endocarpo branqueado                       | 4,08 ± 0,20 ab   |
| Endocarpo não branqueado                   | 4,29 ± 0,13 ab   |
| Torta artesanal                            | 4,26 ± 0,93 ab   |
| Torta de polpa desengordurada quimicamente | 5,32 ± 0,03 a    |

<sup>1</sup> Médias com a mesma letra não diferem entre si a 5% de significância; (n=3).

Todas as amostras têm mais de 50% de fibra alimentar total (Tabela 6), conforme os pós ricos em fibras alimentares comerciais (LARRAURI, 1999) e conforme recomenda Saura-Calixto (1998). Os percentuais de fibra alimentar total encontrados para os PRFA produzidos a partir das cascas branqueada e não branqueada, torta artesanal e torta de polpa desengordurada quimicamente são bem expressivos e não diferem entre si estatisticamente. As amostras produzidas a partir de endocarpo apresentaram teores menores de fibra. Amostras equivalentes (casca, endocarpo e fruto inteiro de buriti liofilizados e torta prensada da polpa de buriti) apresentaram percentuais de fibra alimentar semelhantes aos encontrados, porém menores (RODRIGUES, 2010). As funções botânicas das frações justificam a distribuição de fibra entre casca e endocarpo. As cascas têm por função proteger os frutos de agentes externos e devem, portanto, ser mais fibrosas. O endocarpo protege a semente e será mais ou menos fibroso dependendo do fruto (VIDAL e VIDAL, 1990).

Em relação às fibras alimentares solúveis, os percentuais foram próximos às amostras de Rodrigues (2010). Os resultados encontrados indicam menor percentual de fibras solúveis na casca e maiores no endocarpo e nas tortas.

**Tabela 6: Teores de fibra alimentar insolúvel, solúvel e total presentes nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti (base seca)**

| Amostras                    | Fibras              | Fibras            | Fibra Alimentar Total |
|-----------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| PRFA a partir de            | Insolúveis (g/100g) | Solúveis (g/100g) | (g/100g)              |
| <b>CB</b>                   | 87,76 ± 7,19 a      | 0,94 ± 0,45 cd    | 88,69                 |
| <b>CNB</b>                  | 88,06 ± 5,41 a      | 0,86 ± 0,21 d     | 88,91                 |
| <b>EB</b>                   | 47,91 ± 0,80 b      | 2,70 ± 0,66 ab    | 50,61                 |
| <b>ENB</b>                  | 49,21 ± 0,04 b      | 1,12 ± 0,68 bcd   | 50,33                 |
| <b>TA</b>                   | 84,22 ± 0,16 a      | 3,17 ± 0,31 a     | 87,39                 |
| <b>TQ</b>                   | 80,88 ± 0,14 a      | 2,51 ± 0,09 abc   | 83,39                 |
| Cb liofilizada <sup>3</sup> | 78,28 ± 0,23        | 0,68 ± 0,04       |                       |
| Eb liofilizado <sup>3</sup> | 67,02 ± 0,18        | 7,44 ± 0,07       |                       |
| Bl liofilizado <sup>3</sup> | 66,38 ± 0,41        | 2,20 ± 0,11       |                       |
| TB prensada <sup>3</sup>    | 66,63 ± 0,49        | 6,37 ± 0,23       |                       |

<sup>1</sup> Em que: CB = casca branqueada; CNB = casca não branqueada; EB = endocarpo branqueado; ENB = endocarpo não branqueado; TA = torta artesanal; TQ = torta de polpa desengordurada quimicamente; Cb = casca de buriti; Eb = endocarpo de buriti; Bl = buriti integral; TB = torta de buriti.

<sup>2</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância; (n=3).

<sup>3</sup> RODRIGUES (2010)

Na tabela 7 está expressa a composição centesimal dos pós produzidos, em base seca.

**Tabela 7: Composição centesimal dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti (base seca)**

| Amostras<br>PRFA a partir de | Extrato Etéreo<br>(g/100g) | Proteína<br>(g/100g) | Resíduo Mineral<br>Fixo (g/100g) | Carboidratos<br>(g/100g) |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------|
| <b>CB</b>                    | 0,52 ± 0,09 ab             | 2,59 ± 0,20 c        | 1,02 ± 0,04 d                    | 95,87                    |
| <b>CNB</b>                   | 0,55 ± 0,08 a              | 3,17 ± 0,20 c        | 1,88 ± 0,15 b                    | 94,40                    |
| <b>EB</b>                    | 0,71 ± 0,17 a              | 2,71 ± 0,01 c        | 3,40 ± 0,03 a                    | 93,18                    |
| <b>ENB</b>                   | 0,71 ± 0,09 a              | 2,95 ± 0,53 c        | 3,45 ± 0,02 a                    | 92,89                    |
| <b>TA</b>                    | 0,78 ± 0,09 a              | 4,62 ± 0,25 b        | 1,46 ± 0,03 c                    | 93,14                    |
| <b>TQ</b>                    | 0,20 ± 0,02 b              | 6,20 ± 0,01 a        | 1,01 ± 0,06 d                    | 92,59                    |
| Cb liofilizada <sup>4</sup>  | 8,31±0,04                  | 3,20±0,17            | 4,03±0,03                        |                          |
| Eb liofilizado <sup>4</sup>  | 8,14±0,02                  | 3,52±0,27            | 4,58±0,19                        |                          |
| BI liofilizado <sup>4</sup>  | 8,02±0,04                  | 4,36±0,09            | 2,96±0,03                        |                          |
| TB prensada <sup>4</sup>     | 7,81±0,26                  | 4,42±0,09            | 3,48±0,04                        |                          |

<sup>1</sup> Em que: CB = casca branqueada; CNB = casca não branqueada; EB = endocarpo branqueado; ENB = endocarpo não branqueado; TA = torta artesanal; TQ = torta de polpa desengordurada quimicamente; Cb = casca de buriti; Eb = endocarpo de buriti; BI = buriti integral; TB = torta de buriti.

<sup>2</sup> Carboidratos calculados por diferença: carboidratos (g/100g) = 100 – (umidade + extrato etéreo + RMF + proteína).

<sup>3</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância; (n=3).

<sup>4</sup> RODRIGUES (2010)

Em relação ao extrato etéreo, todos os pós produzidos têm baixo teor de lipídios, conforme os pós ricos em fibras comerciais (LARRAURI, 1999). Em relação às amostras equivalentes de Rodrigues (2010), as amostras do presente estudo têm percentuais de extrato etéreo consideravelmente mais baixos, o que já era esperado conforme observado no processo de extração artesanal do óleo de buriti. Os resultados entre os grupos amostrais são muito próximos, conforme análise estatística, com destaque para o PRFA produzido a partir da torta de polpa desengordurada quimicamente que teve o menor percentual encontrado, o que também já era esperado, uma vez que a mesma é um produto da extração do óleo de buriti pelo método de Soxhlet e, conforme já discutido é mais eficiente que o método artesanal de extração do óleo. É importante destacar que a extração química do óleo foi feita usando como

solvente hexano puro; e a análise de extrato etéreo presente no pó produzido foi feita com éter de petróleo. Apesar de ambos os solventes serem eficientes para extração de extrato etéreo, eles apresentam diferenças, ainda que pequenas, de afinidades com os diferentes compostos.

Não existe uma recomendação, nem observação quanto ao percentual de proteína presente em pós ricos em fibra alimentar comerciais. Todos os pós produzidos neste trabalho apresentaram valores inferiores a 7% e próximos àqueles relatados na literatura para amostras semelhantes (RODRIGUES, 2010). Entre os diferentes grupos, os pós produzidos a partir das tortas química e artesanal apresentaram valores estatisticamente maiores que os pós produzidos a partir de casca e endocarpo, sugerindo que a polpa seja a fração do fruto com maior quantidade de proteína.

Os teores de RMF foram próximos, porém um pouco menores que os descrito por Rodrigues (2010) para amostras de buriti. Entre os PRFA, aqueles produzidos a partir de endocarpo tiveram os maiores teores e o pó produzido a partir da polpa desengordurada quimicamente apresentou o menor teor, o que também foi observado por Rodrigues (2010).

Quanto à influência do branqueamento na composição centesimal, não foram observadas diferenças estatísticas entre as amostras branqueadas e não branqueadas, indicando que o tratamento não interferiu nos compostos analisados. Exceto para os teores de RMF na casca, em que as cascas branqueadas apresentaram teor estatisticamente menor que as não branqueadas. Corcuera, Cavalieri e Powers (2004) discutem que o branqueamento em água quente pode provocar a lixiviação de minerais e vitaminas. Sugere-se, portanto, que houve a perda de minerais por lixiviação durante o branqueamento das cascas.

#### **4.6 Perfil dos monossacarídeos neutros**

Os cromatogramas obtidos na análise dos acetatos de alditol correspondentes aos monossacarídeos neutros não celulósicos dos PRFA produzidos podem ser observados nas Figuras 16 a 21.

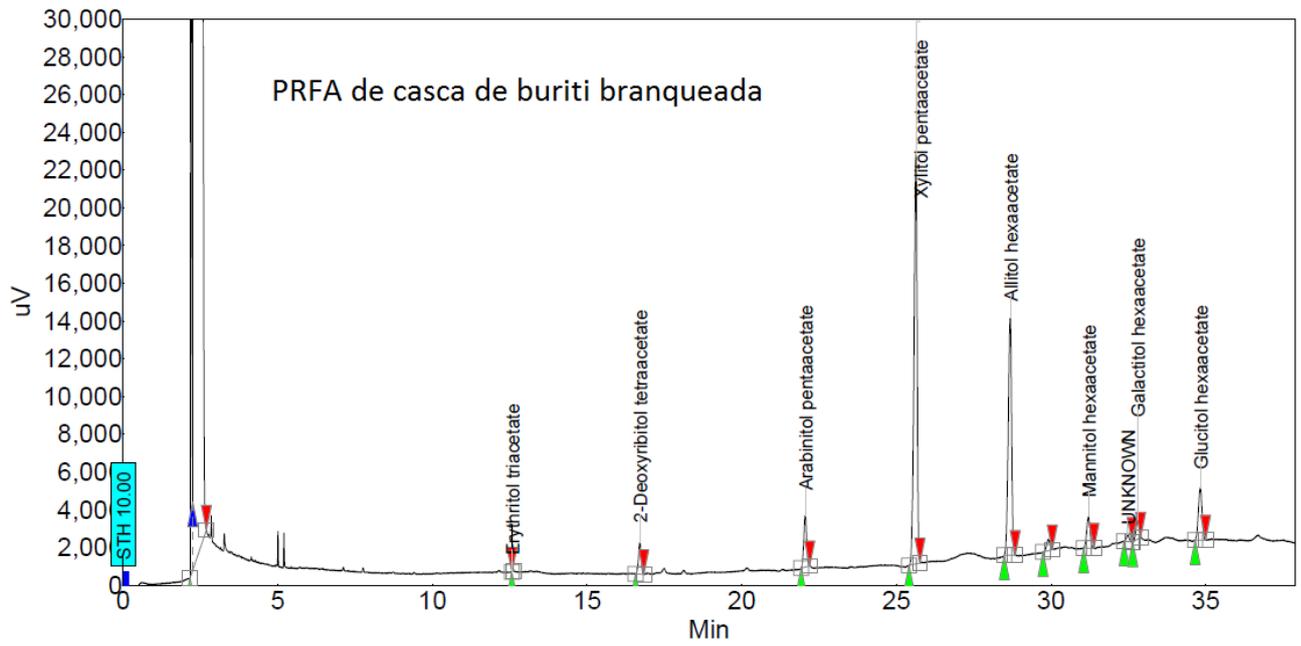


Figura 16: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de casa de buriti branqueada.

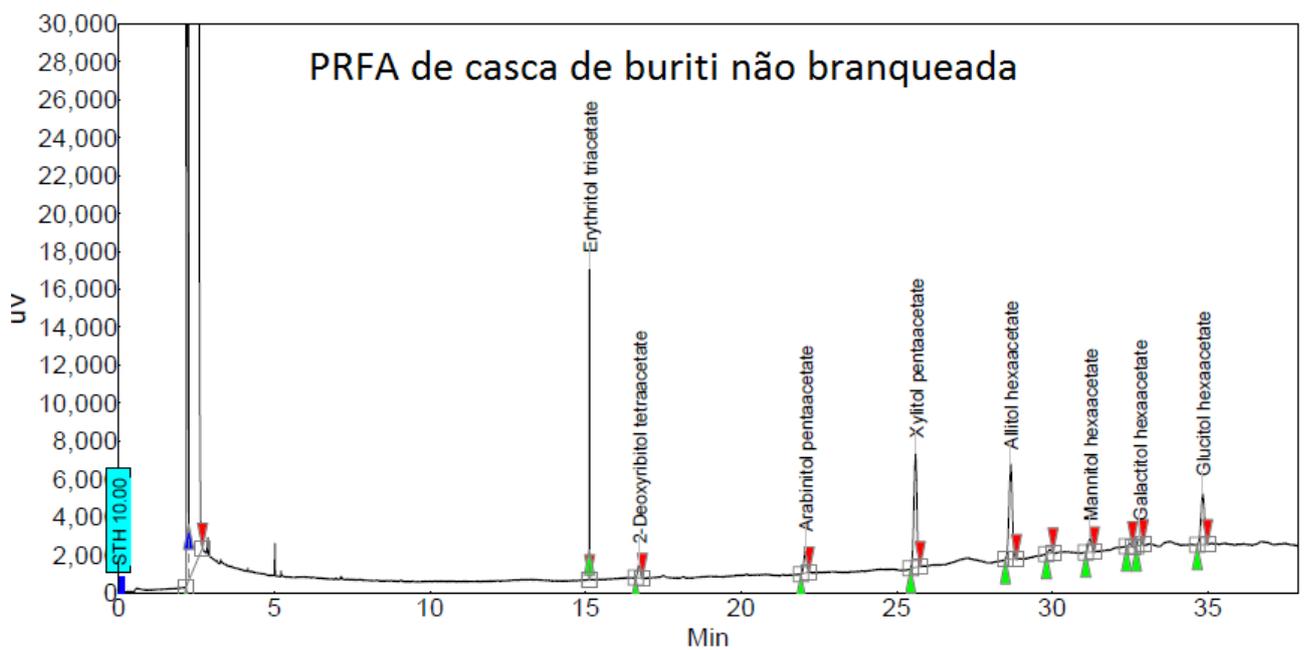


Figura 17: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de casa de buriti não branqueada.

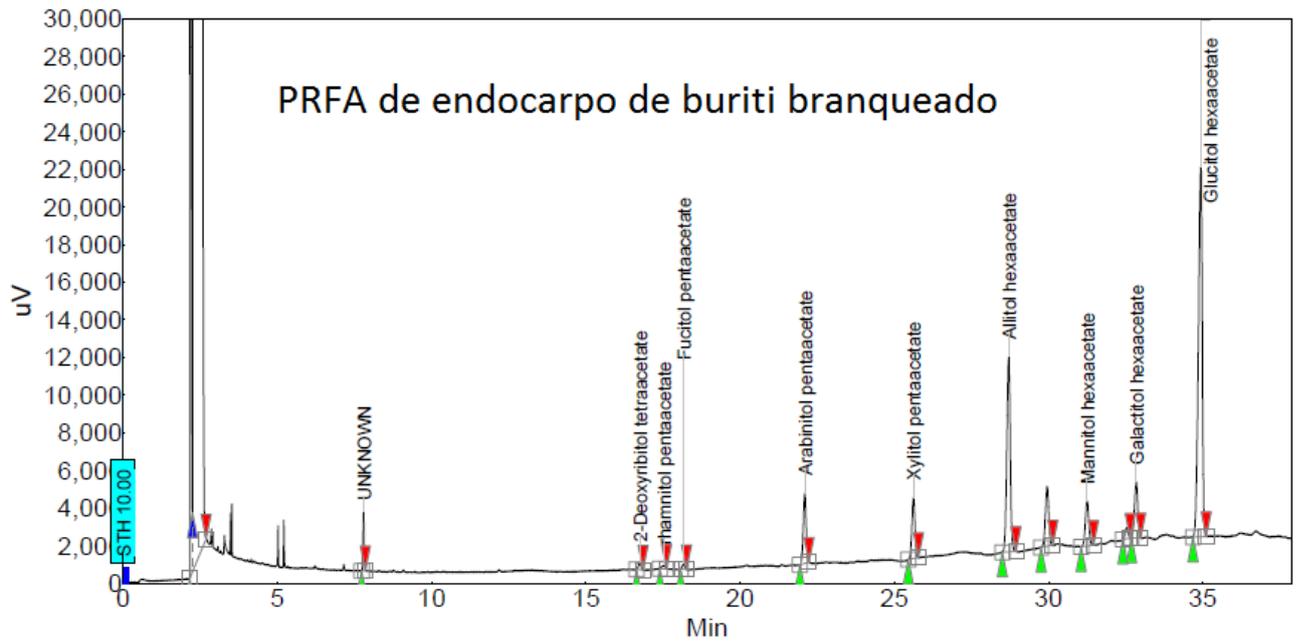


Figura 18: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de endocarpo de buriti branqueado.

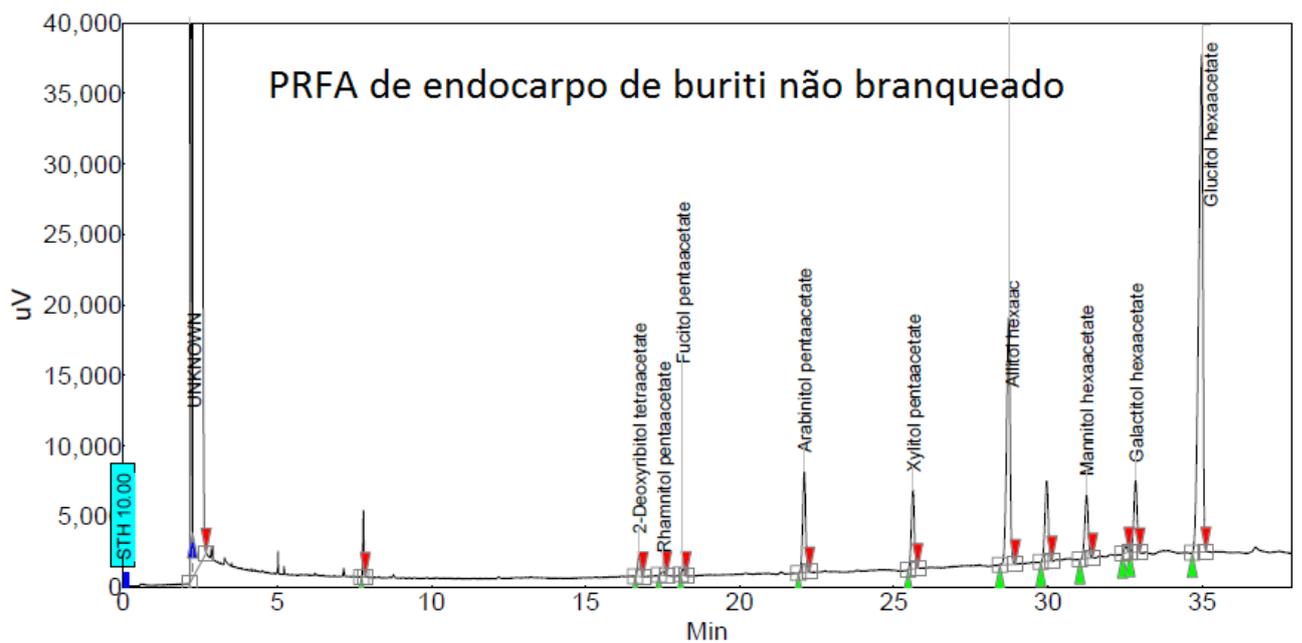


Figura 19: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de endocarpo de buriti não branqueado.

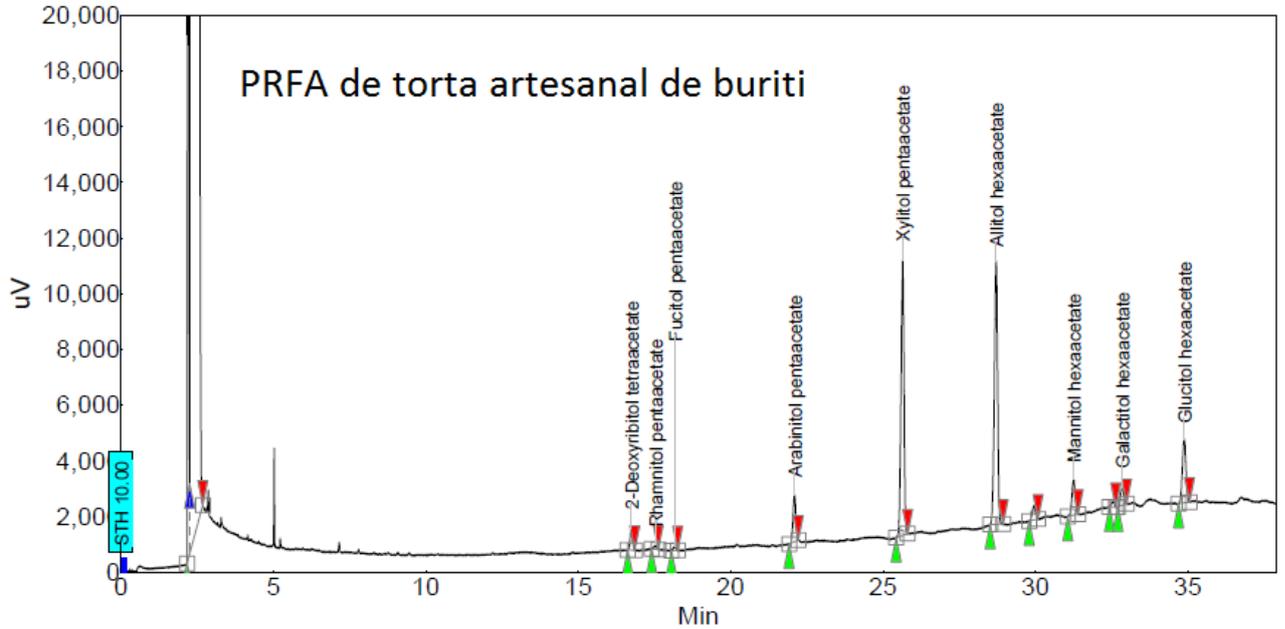


Figura 20: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir de torta artesanal de buriti.

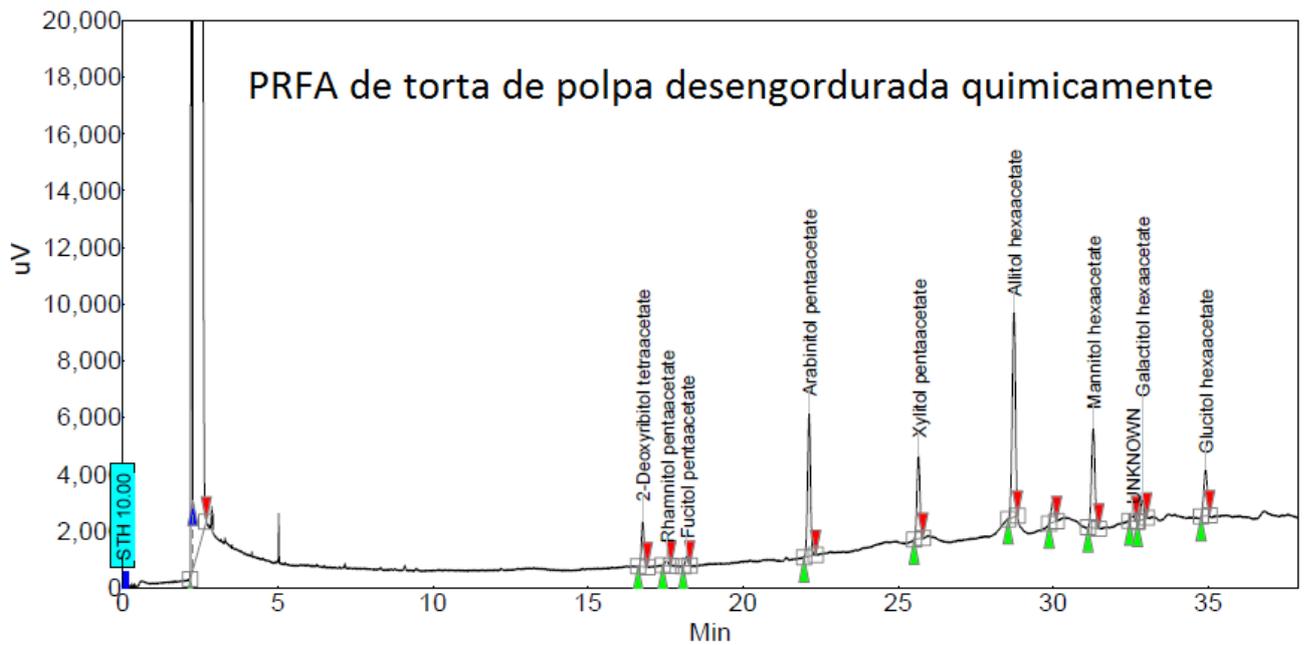


Figura 21: Cromatograma obtido por CG para os acetatos de alditol de monossacarídeos de referência, encontrados na amostra PRFA produzido a partir da torta de polpa desengordurada quimicamente.

A composição monossacarídica das amostras foi calculada a partir da razão molar relativa de cada monossacarídeo e expressa em porcentagens molares relativas (% mol), conforme descrito em “Materiais e métodos” (item 3.2.3.4). Esse modo de calcular corrige as diferenças de respostas fornecidas pelo detector aos diferentes monossacarídeos e também, possíveis perdas que possam ter ocorrido durante o processo de derivatização dos monossacarídeos a seus acetatos de alditol correspondentes (FERRAZ, 1991). Os valores obtidos podem ser observados na Tabela 8.

**Tabela 8: Composição de monossacarídeos neutros não celulósicos dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| Monossacarídeos<br>constituintes (% mol) | PRFA produzidos a partir de |              |              |              |              |              |
|--|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|  | CB                          | CNB          | EB           | ENB          | TA           | TQ           |
| <b>Eritrose</b>                          | 0,00                        | 1,76         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| <b>Desoxirribose</b>                     | 2,99                        | 3,39         | 0,58         | 1,36         | 2,23         | 5,41         |
| <b>Ramnose</b>                           | 0,00                        | 0,00         | 0,35         | 0,28         | 0,37         | 0,72         |
| <b>Fucose</b>                            | 0,00                        | 0,00         | 0,42         | 0,37         | 0,47         | 1,23         |
| <b>Arabinose</b>                         | 5,46                        | 6,01         | 6,49         | 6,86         | 5,65         | <b>19,53</b> |
| <b>Xilose</b>                            | <b>47,10</b>                | <b>32,96</b> | 5,94         | 5,54         | <b>34,84</b> | 11,67        |
| <b>Manose</b>                            | 3,94                        | 4,33         | 5,07         | 5,08         | 5,03         | 15,88        |
| <b>Galactose</b>                         | 2,18                        | 2,11         | 5,93         | 5,50         | 2,46         | 3,05         |
| <b>Glicose</b>                           | 6,92                        | 17,38        | <b>46,06</b> | <b>48,42</b> | 9,79         | 7,34         |

<sup>1</sup> Em que: CB = casca branqueada; CNB = casca não branqueada; EB = endocarpo branqueado; ENB = endocarpo não branqueado; TA = torta artesanal; TQ = torta de polpa desengordurada quimicamente.

A metodologia de análise de monossacarídeos neutros da parede celular de células vegetais por cromatografia gasosa de seus acetatos de alditol correspondentes é bastante utilizada, uma vez que o procedimento fornece um pico único para cada açúcar no cromatograma, facilitando a análise. Embora não identifique os polissacarídeos originais, algumas inferências podem ser feitas, uma vez que os tipos de polissacarídeos de paredes celulares são bem conhecidos (MELTON & SMITH, 2001).

Pela análise qualitativa dos resultados, observam-se composições químicas semelhantes entre as amostras branqueadas e não branqueadas, com pequenas diferenças que podem ser justificadas pelos processos de obtenção dos pós.

Os monossacarídeos encontrados em maior expressão foram xilose, glicose, arabinose e manose. O que permite inferir a presença das hemiceluloses como xiloglucanas e mananas, conforme descrito na Revisão de Literatura (item 2.1.2.1). A presença de pequena quantidade de fucose também sugere a presença de hemicelulose. Em menor expressão também foi observada a presença de ramnose e galactose, que somada à presença de arabinose, também permite inferir a presença de polissacarídeos pécnicos. Conforme já discutido, hemiceluloses e polissacarídeos pécnicos são encontrados nas paredes celulares de frutos, onde desempenham funções importantes para o vegetal (WROLSTAD, 2012).

PRADO et al. (2014) também identificaram a presença de xilose, glicose, galactose, arabinose e manose em três resíduos da indústria alimentar (casca de coco, semente de uva desengordurada e fibras de palma prensada). ZUO et al. (2014) encontraram também, em cascas da planta medicinal *Parkia biglobosa*, os monossacarídeos galactose, arabinose, ramnose, glicose, manose e xilose, nesta ordem de maior para menor quantidade. Investigando cascas de laranja, WANG et al. (2015) encontraram maior quantidade de glicose, seguida por arabinose, galactose, frutose, ramnose, manose e xilose.

Do ponto de vista da saúde humana, os compostos encontrados, sendo constituintes da parede celular das células e, portanto, atuando como fibras alimentares, contribuem para efeitos tópicos no sistema digestório e também para efeitos sistêmicos, como o controle glicêmico, redução dos níveis de colesterol plasmático e de pressão arterial. Além de contribuir na prevenção de doenças cardiovasculares e de diferentes tipos de cânceres (GIUNTINI e MENEZES, 2011; KIM e JE, 2016).

Pelos resultados encontrados nos PRFA, observa-se maior concentração de xilose na casca do buriti e no fruto inteiro. As xilanas apresentam propriedades interessantes em alimentos. Em farinhas de trigo, elas contribuem para o cozimento e maciez das massas, devido à capacidade que possuem de reter água, além de reduzirem o envelhecimento do produto, por interações específicas com o amido, conforme comentam Silva et al. (1998). Na polpa do fruto foi identificada maior concentração de arabinose (pelo resultado do PRFA de TQ) e no endocarpo foi encontrada maior quantidade de glicose. É importante destacar que a hidrólise dos polissacarídeos pode ser feita por diferentes processos descritos na literatura, sendo a

hidrólise com ácido trifluoroacético uma das mais utilizadas, por ser rápida e pelo fato de o ácido poder ser removido por evaporação numa corrente de ar ou nitrogênio. Todavia, o ácido trifluoroacético não hidrolisa a celulose, permitindo a análise dos monossacarídeos neutros não celulósicos, apenas (MELTON & SMITH, 2001; NAVARRO et al., 2011). Desse modo, a glicose encontrada no endocarpo não está relacionada à celulose e, possivelmente, pode ser constituinte de hemiceluloses; mas, principalmente, deve ser de carboidrato digerível pelas enzimas do trato gastrointestinal. O endocarpo corresponde à parte mais interna do pericarpo dos frutos, tendo por função proteger a semente, encobrindo-a, mas não pode ser muito fibroso para não inibir o crescimento do embrião. França et al. (1999) chamam o endocarpo do buriti de camada branca de celulose. Uma análise complementar do conteúdo de celulose elucidará melhor a constituição do endocarpo e das outras frações.

## **4.7 Análises da capacidade antioxidante e de compostos bioativos dos Pós Ricos em Fibra Alimentar**

### **4.7.1 Análise da atividade antioxidante**

A atividade antioxidante (AA) dos PRFA produzidos foi avaliada por dois métodos distintos. Os resultados da capacidade antioxidante avaliada pelos dois métodos estão expressos nas Tabelas 9 (DPPH) e 10 (FRAP), em que também se pode compará-los com outros trabalhos.

**Tabela 9: Atividade antioxidante medida pelo método de redução do DPPH para os PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| Amostras de PRFA a partir de                      | AA<br>EC50 (mg/mL) |
|---|--------------------|
| Casca branqueada                                  | 5,0 ± 0,2 a        |
| Casca não branqueada                              | 12,2 ± 1,7 b       |
| Endocarpo branqueado                              | 22,6 ± 1,2 c       |
| Endocarpo não branqueado                          | ND                 |
| Torta artesanal                                   | 9,7 ± 0,7 b        |
| <b>Torta de polpa desengordurada quimicamente</b> | <b>5,4 ± 0,7 a</b> |
| Óleo de semente de goiaba <sup>3</sup>            | 22,4 ± 0,2         |
| Óleo de semente de uva <sup>3</sup>               | 47,0 ± 0,8         |
| Óleo de semente de abóbora <sup>3</sup>           | 59,4 ± 0,3         |
| <b>Casca de uva<sup>4</sup></b>                   | <b>2,06 ± 0,03</b> |
| Palha de milho <sup>4</sup>                       | 2,59 ± 0,18        |
| <b>Caule de aspargo<sup>4</sup></b>               | <b>0,46 ± 0,02</b> |
| Resíduo de tomate <sup>5</sup>                    | 2,06 ± 0,03        |

<sup>1</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância

<sup>2</sup> ND = Não detectado

<sup>3</sup> SILVA & JORGE (2014)

<sup>4</sup> KABIR et al. (2015)

<sup>5</sup> STAJČIĆ et al. (2015)

**Tabela 10: Atividade antioxidante medida pelo método de redução do ferro (FRAP) para os PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| Amostras de PRFA a partir de                         | AA (µM de sulfato ferroso/g de amostra) |
|--|---|
| Casca branqueada                                     | 155,5 ± 4,6 b                           |
| Casca não branqueada                                 | 88,9 ± 2,3 c                            |
| Endocarpo branqueado                                 | ND                                      |
| Endocarpo não branqueado                             | ND                                      |
| Torta artesanal                                      | 88,6 ± 14,5 c                           |
| <b>Torta de polpa desengordurada quimicamente</b>    | <b>205,8 ± 5,7 a</b>                    |
| Casca de goiaba ( <i>in natura</i> ) <sup>3</sup>    | 124 ± 0,24                              |
| Casca de tangerina ( <i>in natura</i> ) <sup>3</sup> | 69,4 ± 0,40                             |
| Casca de laranja ( <i>in natura</i> ) <sup>3</sup>   | 56,9 ± 0,26                             |
| Casca de abacaxi ( <i>in natura</i> ) <sup>3</sup>   | 20,1 ± 0,03                             |
| Polpa seca de açaí <sup>4</sup>                      | 220 ± 32,9                              |
| Polpa seca de caju <sup>4</sup>                      | 154 ± 7,8                               |
| Polpa seca de umbu <sup>4</sup>                      | 143 ± 1,3                               |
| Polpa seca de cajá <sup>4</sup>                      | 97,6 ± 0,6                              |
| Polpa seca de carnaúba <sup>4</sup>                  | 18,8 ± 0,1                              |
| Farinha da casca de jabuticaba <sup>5</sup>          | 169,17                                  |

<sup>1</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância

<sup>2</sup> ND = Não detectado

<sup>3</sup> GUO et. al. (2003)

<sup>4</sup> RUFINO et. al. (2010)

<sup>5</sup> MARQUETTI (2014)

Observa-se nas análises, por ambos os métodos, maior atividade antioxidante da casca e da torta de polpa desengordurada quimicamente, em comparação aos outros resíduos. E também a baixa atividade do endocarpo, que, inclusive, não foi detectada na maioria dos testes, estando abaixo da sensibilidade destes, mesmo utilizando-se extratos mais concentrados. A torta artesanal apresentou atividade intermediária. Tais comportamentos podem ser justificados pela literatura.

É de conhecimento botânico que a maior concentração de compostos antioxidantes ocorre na casca, visto servirem estas de proteção aos frutos contra agentes agressores externos, como bactérias e insetos (STALIKAS, 2007). Guo et. al. (2003) também observaram maior atividade antioxidante nas cascas de diferentes frutas comumente consumidas na China, quando comparadas às sementes e polpas.

Já o endocarpo, é importante lembrar que este tem por função proteger fisicamente a semente, encobrindo-a, conforme já discutido anteriormente (Análise de monossacarídeos neutros, item 5.5.1). Portanto, considerando a função estrutural e a composição do endocarpo, a presença de compostos bioativos antioxidantes não é priorizada nessa estrutura, o que justifica a baixa atividade antioxidante observada em seus pós. Uma possibilidade é que os compostos antioxidantes associados ao endocarpo pertençam, na realidade, a resíduos de polpa que não foram completamente separados da estrutura.

A torta artesanal foi obtida a partir dos frutos inteiros, envolvendo, portanto, todas as partes. Considerando a proporção das estruturas nos frutos coletados, conforme já discutido (item 4.1), e a presença de compostos antioxidantes nas mesmas, o potencial antioxidante intermediário do pó produzido a partir da torta artesanal é esperado. Todavia, surpreende por ter conservado compostos antioxidantes, mesmo após grande exposição de tempo à fervura no processo artesanal de extração do óleo de buriti.

A torta de polpa desengordurada quimicamente corresponde à polpa desengordurada. Mesmo após a extração do óleo, ela manteve a atividade antioxidante elevada, indicando a preservação de compostos antioxidantes.

Quanto ao processo de branqueamento, nota-se pelos resultados que os pós obtidos a partir de amostras branqueadas apresentaram melhor potencial antioxidante que as não branqueadas. O branqueamento é um pré-tratamento que inativa as enzimas polifenoloxidasas, responsáveis pela oxidação de polifenóis. A inativação

enzimática é considerada crítica para frutas e hortaliças, sendo muito empregada antes da desidratação, visto que as temperaturas de secagem são, por vezes, insuficientes para inativar as enzimas no interior dos produtos, e, também, porque a atividade enzimática não é controlada pela redução da umidade (HELDMAN e HARTEL, 1998).

Em relação a outros estudos, os PRFA produzidos a partir da casca e das tortas artesanal e química de buriti apresentam atividade antioxidante intermediária. Em relação ao método FRAP, os pós da casca e das tortas apresentaram valores próximos a cascas *in natura* de algumas frutas estudadas por Guo et al. (2003). E o pó preparado a partir da casca de buriti branqueada teve resultado próximo à farinha de jabuticaba, um subproduto agroalimentar muito semelhante, pesquisado por Marquetti (2014). Em relação ao método DPPH, os pós da casca de buriti branqueada e da torta de polpa desengordurada quimicamente apresentaram atividade antioxidante maior que óleos de resíduos agroindustriais (SILVA & JORGE, 2014), palha de milho e caule de aspargo (KABIR et al., 2015); mas menor que casca de uva (TOW et al., 2015) e resíduos da extração de tomate STAJČIĆ et al. (2015).

A literatura é escassa de informações para resíduos agroindustriais, em unidades específicas. Existe uma diversidade de unidades de medida nos trabalhos disponíveis, o que dificulta a comparação. Em relação a amostras não consideradas resíduos, os PRFA de casca branqueada e torta de polpa desengordurada quimicamente apresentaram atividade antioxidante, pelos métodos FRAP e DPPH, superior a polpa seca de outras frutas nativas do Brasil, como caju, umbu, cajá e carnaúba; mas inferior à de açaí (RUFINO et al., 2010).

#### **4.7.2 Análise dos compostos bioativos antioxidantes**

Os compostos bioativos antioxidantes analisados nos PRFA produzidos foram os polifenóis extraíveis, antocianinas extraíveis, carotenoides e polifenóis não extraíveis.

##### **4.7.2.1 Análise dos polifenóis extraíveis**

Os resultados do teor de polifenóis extraíveis estão expressos na Tabela 11, em que se pode compará-los com outros trabalhos.

**Tabela 11: Teor de polifenóis encontrados nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| <b>Amostras de PRFA a partir de</b>         | <b>Polifenóis extraíveis (mg de EAG/g de amostra)</b> |
|---|---|
| <b>Casca branqueada</b>                     | 9,3±0,3 a   |
| <b>Casca não branqueada</b>                 | 7,9±0,2 b   |
| <b>Endocarpo branqueado</b>                 | 1,1±0,1 d   |
| <b>Endocarpo não branqueado</b>             | 0,9±0,1 d   |
| <b>Torta artesanal</b>                      | 6,8±0,3 c   |
| <b>Torta de polpa desengordurada</b>        | 7,4±0,3 b   |
| Casca seca de goiaba <sup>2</sup>           | 77,9 ± 3,0  |
| Polpa seca de goiaba <sup>2</sup>           | 26,2 ± 1,3  |
| Polpa seca de açaí <sup>3</sup>             | 32,7± 5,3   |
| Polpa seca de mangaba <sup>3</sup>          | 9,4±0,4   |
| Polpa seca de caju <sup>3</sup>             | 8,3±0,3   |
| Polpa seca de umbu <sup>3</sup>             | 7,4±0,2   |
| Polpa seca de cajá <sup>3</sup>             | 5,8±1,3   |
| Casca de café <sup>4</sup>                  | 5,15  |
| Farinha da casca de jabuticaba <sup>5</sup> | 24,5  |
| Casca de alho <sup>6</sup>                  | 25,0 ± 1,5  |
| Polpa de buriti liofilizada <sup>7</sup>    | 4,35±0,07   |

<sup>1</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância

<sup>2</sup> JIMÉNEZ-ESCRIG et. al. (2001)

<sup>5</sup> MARQUETTI (2014)

<sup>3</sup> RUFINO et. al. (2010)

<sup>6</sup> ZUORRO, MAFFEI e LAVECCHIA (2015)

<sup>4</sup> MELO (2013)

<sup>7</sup> CÂNDIDO, SILVA e AGOSTINI-COSTA (2015)

Tal como na análise da atividade antioxidante, os teores de polifenóis extraíveis foram maiores para os PRFA produzidos a partir da casca, seguida pela torta de polpa desengordurada quimicamente (neste caso com valor estatisticamente menor que a casca branqueada), torta artesanal e endocarpo. As mesmas justificativas para a atividade antioxidante podem ser aplicadas aos polifenóis, uma vez que estes estão diretamente relacionados àquela.

Em relação ao branqueamento, as amostras branqueadas de casca apresentaram maior teor de polifenóis, demonstrando a preservação dos mesmos pela inativação das enzimas polifenoloxidasas, conforme já discutido no item anterior. O mesmo comportamento não foi observado para as amostras de endocarpo, o que pode ser justificado pelos baixos teores obtidos em relação aos outros grupos amostrais, não sendo a diferença sensível ao método estatístico.

Em relação a outras amostras, os pós produzidos a partir de casca e da tortas apresentaram valores superiores a polpas secas de caju, umbu e cajá (RUFINO et al., 2010), cascas de café (MELO, 2013) e de polpa liofilizada de buriti (CÂNDIDO, SILVA e AGOSTINI-COSTA, 2015); e inferiores a casca e polpa secas de goiaba (JIMÉNEZ-

ESCRIG et. al., 2001), farinha da casca de jabuticaba (MARQUETTI, 2014) e casca de alho (ZUORRO, MAFFEI e LAVECCHIA, 2015).

Destaca-se a importância da casca quanto ao teor de polifenóis no buriti. Os pós produzidos a partir da mesma apresentaram teores consideravelmente mais elevados que a polpa liofilizada de buritis colhidos também na região do Cerrado brasileiro (CÂNDIDO, SILVA e AGOSTINI-COSTA, 2015).

#### 4.7.2.1.1 Análise das antocianinas

Foram avaliadas as antocianinas extraíveis em etanol 70% e em uma mistura de éter de petróleo e éter etílico; através da espectroscopia em UV. Foram testados dois métodos de extração, tendo sido o referido o mais eficiente. O outro foi usando acetona 70% e clorofórmio.

As antocianinas analisadas se referem àquelas que não estão ligadas à fibra alimentar, mas dispersas. A análise da absorvância máxima indicou que a cianidina-3-glucosídeo é a antocianina presente em maior concentração nas amostras e, portanto, escolhida para os cálculos que expressam o teor em termos desse composto.

Na Tabela 12 estão os resultados encontrados e exemplos de outras amostras para comparação. **Tabela 12: Teor de antocianinas extraíveis encontradas nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| Amostras<br>PRFA a partir de  | Antocianinas<br>(mg cianidina-3-glicosídeo/100g) |
|---|--|
| Casca branqueada  | 1,57±0,25 a                                      |
| Casca não branqueada  | 0,73±0,14 b                                      |
| Endocarpo branqueado  | 0,12±0,05 d                                      |
| Endocarpo não branqueado  | 0,43±0,17 cd                                     |
| Torta artesanal   | 0,92±0,18 bc                                     |
| <b>Torta de polpa desengordurada quimicamente</b>                     | ND   |
| Bagaço de uva, cultivar Frappato <sup>3</sup>                         | 9,00   |
| Bagaço de uva, cultivar Nerello Mascalese <sup>3</sup>                | 64,00  |
| Bagaço de bayberry ( <i>Myrica rubra</i> Sieb. et Zucc.) <sup>4</sup> | 3,54   |
| Cascas, sobras de polpa e semente de goiaba <sup>5</sup>              | 0,90   |
| Casca e sobras de polpa de manga <sup>5</sup>                         | 2,29   |
| Farinha da casca de jabuticaba <sup>6</sup>                           | 41,93  |

<sup>1</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância

<sup>2</sup> ND = não detectado

<sup>3</sup> RUBERTO et al. (2007)

<sup>4</sup> ZHOU et al. (2009)

<sup>5</sup> SILVA et al. (2014)

<sup>6</sup> MARQUETTI (2014)

Os teores de antocianinas extraíveis apresentaram comportamento similar ao observado para os polifenóis extraíveis medidos pelo método Folin-Ciocalteu, sendo encontrados maiores teores nos pós produzidos a partir da casca, seguidos pelos pós de torta artesanal e endocarpo. Com a diferença de que não foram detectados teores de antocianinas na torta de polpa desengordurada quimicamente.

Em relação ao branqueamento, a análise de antocianinas também apresentou o mesmo comportamento da análise de polifenóis extraíveis.

Em relação a outras amostras, os pós analisados apresentaram teores menores que bagaço de uva (RUBERTO et al., 2007) e farinha de casca de jabuticaba (MARQUETTI, 2014), mas superiores a subprodutos de goiaba (SILVA et al., 2014) e próximos de bagaço de bayberry (ZHUO et al., 2009) e subprodutos de manga (SILVA et al., 2014).

Esperava-se que os teores de antocianinas extraíveis fossem maiores que os encontrados, principalmente para as amostras de casca, uma vez que a casca do buriti madura tem cor avermelhada, indicativa de antocianinas. Mesmo otimizando o método de extração, testando solventes diferentes, os resultados ainda foram aquém do esperado. Acredita-se, portanto, que os resultados encontrados possam estar subestimados. As antocianinas são muito sensíveis à luz, ao calor e à oxidação enzimática. Algumas medidas foram tomadas visando o controle dessas variáveis, como a lavagem dos frutos com solução de hipoclorito de sódio antes do processamento e o uso de faca inox para separação das estruturas. Mas acredita-se que, ainda assim, as antocianinas podem ter sofrido decomposição durante o processo de descascamento dos frutos, comprometendo a quantidade no produto final. Outra possibilidade é a de que as antocianinas livres estejam, mesmo, em baixos teores e que a coloração da casca seja em função, principalmente, das antocianinas não extraíveis pelos métodos convencionais, ou seja, aquelas associadas aos polissacarídeos da parede celular das células.

#### **4.7.3 Análise de carotenoides**

Os carotenoides foram extraídos com acetona e analisados através da espectroscopia em UV, pelo método proposto por Lichtenthaler e Buschmann (2001) que analisa clorofila e carotenoides. Os dados de clorofila foram ignorados neste

trabalho por não ser objetivo do estudo. Foram testados diferentes solventes e misturas deles para identificar qual fazia a melhor extração, conforme propõe o método empregado, tendo sido a acetona pura o mais eficiente.

A polpa de buriti é reconhecidamente uma fonte rica de carotenoides (CÂNDIDO, SILVA e AGOSTINI-COSTA, 2015), mas não há informações na literatura sobre seus resíduos. Os teores de carotenoides encontrados nos resíduos de buriti estão expressos na Tabela 13, em que se pode compará-los com outros trabalhos.

**Tabela 13: Teor de carotenoides encontrados nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| <b>Amostras<br/>PRFA a partir de</b>                                       | <b>Carotenoides<br/>(<math>\mu\text{g}</math> /100 g amostra)</b> |
|--|---|
| <b>Casca branqueada</b>  | 1.040,1 $\pm$ 11,3 b  |
| <b>Casca não branqueada</b>  | 1.186,7 $\pm$ 22,0 a  |
| <b>Endocarpo branqueado</b>  | 150,5 $\pm$ 38,5 d  |
| <b>Endocarpo não branqueado</b>  | 291,2 $\pm$ 17,3 c  |
| <b>Torta artesanal</b>   | ND  |
| <b>Torta de polpa desengordurada quimicamente</b>                          | ND  |
| Resíduo de goiaba vermelha em pó <sup>2</sup>                              | 262,0 $\pm$ 0,2   |
| Resíduos secos de acerola <sup>3</sup>                                     | 4.520   |
| Resíduos liofilizados de camu-camu ( <i>Myrciaria dúbia</i> ) <sup>4</sup> | 1.467,9 $\pm$ 1,6   |
| Polpa de buriti liofilizada <sup>5</sup>                                   | 31.130 $\pm$ 1.073  |
| Óleo de buriti <sup>6</sup>  | 180.000   |

<sup>1</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância

<sup>2</sup> AZEVEDO-MELEIRO & RODRIGUEZ-AMAYA (2004)

<sup>3</sup> MORAES et al. (2014)

<sup>4</sup> NÓBREGA et al. (2015)

<sup>5</sup> CÂNDIDO, SILVA e AGOSTINI-COSTA (2015)

<sup>6</sup> RIBEIRO, COELHO e BARRETO (2012)

O teor de carotenoides foi maior nos pós produzidos a partir de casca e baixo naqueles produzidos a partir de endocarpo, conforme os outros compostos antioxidantes. Todavia, não foram mensurados nos pós produzidos a partir das tortas. Em relação à torta artesanal, por serem os carotenoides muito sensíveis ao calor, acredita-se que tenham sido degradados durante o processo artesanal de extração do óleo que é feito por fervura durante várias horas. Já em relação à torta de polpa desengordurada quimicamente, supõe-se que os carotenoides presentes na polpa tenham sido extraídos juntamente com o óleo, visto serem lipossolúveis. Como indicado na Tabela 13, são encontrados elevados teores de carotenoides em óleo de buriti (RIBEIRO, COELHO e BARRETO, 2012). Ressalta-se aqui a diferença entre os

teores de carotenoides da polpa e óleo de buriti, indicados na tabela. Por se tratar de um fruto nativo, os teores de compostos podem variar muito conforme a origem dos frutos; lembrando também que no óleo os compostos estão concentrados e que a polpa tem uma composição química mais complexa, na qual os compostos ficam menos concentrados.

Em relação ao branqueamento, os carotenoides apresentaram comportamento oposto ao outros compostos. As amostras branqueadas apresentaram teores menores de carotenoides que as não branqueadas, indicando que a perda desses compostos nestas amostras está mais relacionada à atividade não enzimática; e que a temperatura e o tempo de branqueamento empregados favoreceram a decomposição de carotenoides das amostras. Nascimento (2006), por outro lado, observou retenção de carotenoides em amostras de abóbora branqueadas e secas a 60°C e a 70°, mas não a 80°C, justificando que as temperaturas menores são insuficientes para inativar enzimas oxidativas, mas que em temperatura um pouco mais elevada, essa inativação se processa e a retenção dos carotenoides é ligeiramente maior nas amostras não expostas à temperatura do branqueamento. Os PRFA do presente trabalho foram secos a 60°C; supõe-se, portanto, que esta temperatura tenha sido eficiente para a inativação das enzimas oxidativas dos carotenoides e que estes foram sensíveis à exposição à temperatura de branqueamento. Outra possível explicação está relacionada à lixiviação dos nutrientes. Conforme discutem Corcuera et al. (2004), o branqueamento por água fervente pode provocar a lixiviação não só de minerais, mas também de vitaminas.

O teor de carotenoides totais dos PRFA de resíduos de buriti foi menor que resíduos secos de acerola (MORAES et al., 2014) e, no caso da casca branqueada, um pouco menor que resíduos liofilizados de camu-camu (*Myrciaria dúbia*) (NÓBREGA et al., 2015); mas foram superiores, exceto para endocarpo branqueado, que resíduo de goiaba vermelha em pó (AZEVEDO-MELEIRO & RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

#### **4.7.4 Análise dos polifenóis não extraíveis**

Os polifenóis não extraíveis foram determinados em termos de proantocianidinas não extraíveis, a partir do resíduo da extração de polifenóis extraíveis feita com metanol 50% e acetona 70%, conforme Zurita, Díaz-Rubio e Saura-Calixto (2012).

Os fenólicos não extraíveis são aqueles compostos que estão associados à fibra alimentar e que, portanto são biodisponíveis apenas no cólon, com a fermentação dos polissacarídeos da fibra, onde, tem sido descoberto, que desempenham funções importantes para a saúde. Portanto, a análise dos mesmos é de grande importância neste trabalho, que analisa o potencial antioxidante de pós ricos em fibra alimentar.

Os resultados obtidos para os PRFA produzidos a partir dos resíduos de buriti estão expressos na Tabela 14, em que também se pode compará-los aos de outras amostras.

Tabela 14: Teor de polifenóis não extraíveis encontradas nos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti

| <b>Amostras</b>                      | <b>Fenólicos não extraíveis</b> |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Casca branqueada</b>              | 4.085,3 ± 474,0 b               |
| <b>Casca não branqueada</b>          | 5.008,1 ± 116,0 a               |
| <b>Endocarpo branqueado</b>          | 1.272,2 ± 159,9 de              |
| <b>Endocarpo não branqueado</b>      | 1.195,2 ± 118,3 e               |
| <b>Torta artesanal</b>               | 2.285,9 ± 311,0 c               |
| <b>Torta de polpa desengordurada</b> | 1907,3 ± 134,0 cd               |
| Casca de uva vermelha <sup>2</sup>   | 24.168 ± 780                    |
| Bagaço de uva vermelha <sup>2</sup>  | 9.870 ± 375                     |
| Uva branca <sup>2</sup>              | 529 ± 30                        |
| Nectarina com casca <sup>2</sup>     | 341 ± 9                         |
| Pera com casca <sup>2</sup>          | 183 ± 20                        |
| Bagaço de uva vermelha <sup>3</sup>  | 2.716 ± 102                     |
| Banana <sup>3</sup>                  | 1.751 ± 73                      |
| Feijões cozidos <sup>3</sup>         | 591 ± 48                        |
| Maçã com casca <sup>3</sup>          | 55 ± 1                          |

<sup>1</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância

Os teores mais elevados dos polifenóis não extraíveis foram encontrados nos pós produzidos a partir da casca, seguidos pela torta artesanal (que tem cerca de 22% de casca), torta de polpa desengordurada quimicamente e endocarpo; seguindo o comportamento dos outros compostos antioxidantes, justificado pela função que cada estrutura exerce no fruto. Todavia, diferentemente do comportamento dos polifenóis extraíveis, os não extraíveis foram bastante expressivos nas amostras de endocarpo, embora menos que nas outras estruturas. Essa observação demonstra como o buriti, esse fruto nativo do Cerrado brasileiro, é rico nesses compostos. Cândido, Silva e Agostini-Costa (2015) observaram que os buritis do Cerrado são mais ricos em polifenóis e os da Amazônia, em carotenoides. Eles avaliaram apenas os polifenóis extraíveis, a conclusão dos autores poderia ter sido ainda mais expressiva se tivessem avaliado também os não extraíveis.

Como já discutido anteriormente, a casca de buriti apresenta coloração avermelhada quando o fruto está maduro. Essa observação leva a inferir que as antocianinas são os principais polifenóis não extraíveis presentes na casca. Tal inferência é comprovada pelo processo de análise, visto que as absorvâncias a 555 nm foram maiores que aquelas a 450 nm. De acordo com Zurita, Díaz-Rubio e Saura-Calixto (2012) os pigmentos vermelhos de antocianinas apresentam absorvância máxima a 555 nm e os compostos xantínicos a 450 nm.

Em relação ao branqueamento, o mesmo afetou negativamente o teor dos polifenóis não extraíveis na casca, mas não no endocarpo, cujas amostras branqueada e não branqueada não apresentaram teores estatisticamente diferentes. Os polifenóis não extraíveis são aqueles ligados à matriz de fibra alimentar, ou seja, aos polissacarídeos da parede celular das células vegetais. Para sua análise, é necessário o rompimento das interações dos polissacarídeos constituintes da matriz de fibra para a liberação dos polifenóis. Esse rompimento é feito através da butanolise em meio ácido. A maior expressão de polifenóis não extraíveis nas amostras não branqueadas de casca de buriti leva a inferir que o processo de branqueamento pode ter provocado o rompimento parcial das interações entre os polissacarídeos da parede celular, expondo os polifenóis que, então, foram sensíveis à temperatura do processo. Por outro lado, o mesmo não parece ter ocorrido com as amostras de endocarpo. A susceptibilidade ao rompimento das interações pode estar relacionada aos tipos de polissacarídeos constituintes da matriz. Essa assertiva pode ser amparada pelos resultados da análise de monossacarídeos neutros (item 4.5.1). De acordo com Bindon et al. (2010), os diferentes tipos de fibra alimentar interagem de forma diferente com os polifenóis não extraíveis; sendo que proporções mais elevadas de pectina conferem mais flexibilidade à estrutura, permitindo uma área de superfície de contato maior, enquanto que proporções mais elevadas de lignina e celulose, que têm maior rigidez estrutural, permitem menos interações na superfície. A partir dessa informação, pode-se inferir que polifenóis com maior interação com a superfície estão mais susceptíveis de sofrer ações externas; caso das amostras com mais pectina, diferentemente daquelas com mais celulose e lignina. A análise de monossacarídeos neutros não avaliou celulose, mas considerando que França et al. (1999) denominam o endocarpo de camada de celulose, a inferência anterior serve para explicar por que os polifenóis não extraíveis dos pós produzidos a partir de endocarpo não sofreram interferência do branqueamento. E, pelo outro lado, a mesma inferência pode também justificar a ação

do branqueamento sobre os polifenóis não extraíveis presentes na casca, que pela análise dos monossacarídeos parece ter mais pectina que o endocarpo, conforme já discutido no item 4.5.1. Todavia, uma investigação mais detalhada dos polissacarídeos presentes em cada amostra e de suas interações com os polifenóis pode explicar melhor esta diferença entre os grupos amostrais. Sendo importante ressaltar que a análise dos polifenóis não extraíveis foi repetida duas vezes, confirmando o encontrado na primeira avaliação.

Em relação aos polifenóis não extraíveis, os PRFA produzidos apresentaram teores muito expressivos, inferiores apenas a amostras de resíduos de uva, que são reconhecidamente fonte importante desses compostos (SAURA-CALIXTO, 1998) e que apresentam os maiores teores descritos na literatura. Entretanto, é importante ressaltar que são encontrados dados diferentes para esses produtos da uva, conforme Tabela 14. Zurita, Díaz-Rubio e Saura-Calixto (2012) encontraram teor de polifenóis não extraíveis para bagaço de uva vermelha inferior a Pérez-Jimenez, Arranz e Saura-Calixto (2009), tendo usado a mesma metodologia. Essa diferença pode ser explicada por diferença de cultivar, região, época e processo de colheita dos frutos.

#### 4.8 Análise das propriedades tecnológicas

Na Tabela 15 estão expressos os resultados das propriedades tecnológicas investigadas para todos os PRFA produzidos.

**Tabela 15: Propriedades tecnológicas dos PRFA produzidos a partir de resíduos de buriti**

| Amostras<br>(PRFA produzidos a | Propriedades Tecnológicas |               |              |              |
|--------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|--------------|
|                                | IAO (g /g)                | IAA (g/g)     | ISA (g/g)    | VI (mL/g)    |
| <b>CB</b>                      | 1,26±0,02 a               | 1,14±0,02 bcd | 8,79±0,75 b  | 3,70±0,83 c  |
| <b>CNB</b>                     | 1,23±0,01 ab              | 1,10±0,0 d    | 8,07±0,64 b  | 7,18±0,69 b  |
| <b>EB</b>                      | 1,27±0,01 a               | 1,19±0,03 b   | 21,14±3,14 a | 7,11±0,21 b  |
| <b>ENB</b>                     | 1,19±0,01 ab              | 1,13±0,03 cd  | 23,61±4,02 a | 7,61±1,23 b  |
| <b>TA</b>                      | 1,24±0,02 ab              | 1,18±0,01 bc  | 4,46±0,44 b  | 11,36±1,42 a |
| <b>TQ</b>                      | 1,18±0,06 b               | 1,36±0,02 a   | 5,21±0,47 b  | 5,86±0,12 bc |
| Maçã em pó <sup>3</sup>        | 1,30                      | 3,50          | 4,50         | 9,00         |
| Resíduos de coco <sup>4</sup>  | 4,80                      | 5,33          | 7,11         | 20,00        |

<sup>1</sup> Em que: CB = casca branqueada; CNB = casca não branqueada; EB = endocarpo branqueado; ENB = endocarpo não branqueado; TA = torta artesanal; TQ = torta de polpa desengordurada quimicamente; IAO = Índice de absorção de óleo; IAA = Índice de absorção de água; ISA = Índice de solubilidade em água; VI = Volume de intumescimento

<sup>2</sup> Letras diferentes na vertical indicam diferença estatística entre as amostras, com 5% de significância

<sup>3</sup>THEBAUDIN et al. (1997)

<sup>4</sup>RAGHAVENDRA et al. (2006)

Na formulação de alimentos, o Índice de Absorção de Óleo é usado para determinar os tempos de mistura quando se utiliza uma distribuição uniforme de óleo em uma mistura seca. Ele também influencia a ordem de adição de ingredientes secos em uma mistura (DE KANTEREWICZ, PILOSOF e BARTHOLOMAI, 1989).

Todos os PRFA produzidos apresentaram valores próximos de 1 (um), indicando baixa absorção de óleo. Esse resultado foi semelhante ao pó de maçã e inferior aos pós de beterraba e resíduos de coco.

A absorção de água está relacionada à aceitabilidade do produto final por interferir na textura e suculência. De acordo com Kinsella (1976), a capacidade de um produto reter água é de grande importância para produtos cárneos (para impedir a perda de água durante o cozimento), de panificação e para alimentos viscosos como sopas. Os índices de absorção de água e solubilidade são essenciais para alimentos com alto conteúdo de água.

O Índice de Absorção de Água dos pós produzidos também foi em torno de 1(um) para todas as amostras, tendo sido menores em comparação com os pós de maçã, beterraba e resíduos de coco. Entretanto, os Índices de Solubilidade em Água da maioria dos pós produzidos foram superiores aos descritos na literatura. Os pós produzidos a partir de endocarpo tiveram valores de ISA expressivamente maiores que os outros pós.

Quanto ao volume de intumescimento, à exceção do PRFA produzido a partir da torta artesanal, todos os demais apresentaram valores menores que os pós de maçã, beterraba e resíduos de coco.

As propriedades tecnológicas analisadas são bastante influenciadas pela granulometria dos pós (RAGHAVENDRA et al., 2006). Os PRFA produzidos foram moídos e passados em tamis várias vezes, a fim de se obter o melhor rendimento. A granulometria desses não é, portanto, uniforme. O que se pode afirmar é que os pós produzidos têm partículas menores ou iguais a 425  $\mu\text{m}$ . Já os pós produzidos a partir de resíduos de coco (RAGHAVENDRA et al., 2006) são menores ou iguais a 200  $\mu\text{m}$ . De um modo geral, pela análise estatística realizada, os parâmetros branqueamento e origem dos pós produzidos não parecem interferir muito significativamente nos resultados dessas propriedades, à exceção dos pós produzidos a partir de endocarpo que apresentaram ISA consideravelmente maior que os outros pós. Desse modo,

acredita-se que a granulometria dos pós pode ter sido o fator mais importante para a maioria das diferenças encontradas e ser uma variável de confusão na interpretação dos resultados.

## 5 CONCLUSÕES

Os pós ricos em fibra alimentar produzidos a partir dos resíduos de buriti apresentam características importantes encontradas em produtos comerciais semelhantes, tais como granulometria, cores claras, umidade inferior a 9%, baixo teor de lipídios e teor de fibras alimentares totais superior a 50%.

Os pós produzidos a partir da casca e das tortas artesanal e química apresentam potencial antioxidante intermediário em relação a outras amostras descritas na literatura, podendo ser considerados, portanto, fontes naturais de antioxidantes.

Todos os pós produzidos apresentam elevados teores de polifenóis não extraíveis, menores apenas que os resíduos de uva. O que leva a afirmar que a atividade antioxidante dos mesmos está subestimada.

As amostras de casca e torta de polpa desengordurada quimicamente apresentam potencial antioxidante comparável entre eles e melhor que as de torta artesanal. O endocarpo apresenta teores de compostos bioativos e de atividade antioxidante muito pouco expressivos. Comportamentos esses que são justificáveis pelas características botânicas dos frutos.

As amostras branqueadas são mais claras que as não branqueadas e apresentam maior atividade antioxidante e polifenóis extraíveis, mas não carotenoides totais. Quanto aos fenólicos extraíveis, o comportamento se justifica pela inativação das enzimas polifenoloxidasas. E em relação aos carotenoides, infere-se que a degradação destes nestas amostras é mais sensível a fatores não enzimáticos. Em relação aos polifenóis não extraíveis, o branqueamento afetou negativamente as amostras de casca, mas não alterou as de endocarpo. Infere-se, pelas análises de monossacarídeos neutros, que esse comportamento ambíguo esteja relacionado à composição de polissacarídeos em cada fração e à interação dos polifenóis com eles.

A origem dos PRFA e o branqueamento parecem não influenciar as propriedades tecnológicas, exceto para os pós produzidos a partir de endocarpo que apresentaram valores de ISA bem mais elevados que as outras amostras. Para as demais propriedades, sugere-se que a granulometria dos pós possa interferir nos resultados, sendo uma variável de confusão na interpretação dos mesmos.

Uma observação para este estudo é que as amostras branqueadas poderiam ser mais claras e apresentarem maior atividade antioxidante e teor de polifenóis, caso tivessem sido branqueadas imediatamente após a manipulação dos frutos para separação das estruturas. Todavia, essa limitação permite, por outro lado, observar que o branqueamento, mesmo após o congelamento por cerca de 15 dias, ainda foi eficiente para inativar enzimas oxidativas e preservar o potencial antioxidante das amostras.

Contudo, conclui-se que os pós produzidos a partir de todos os resíduos de buriti atendem às especificações de pós ricos em fibra alimentar comerciais, e que aqueles produzidos a partir da casca e da torta de polpa desengordurada quimicamente são os que apresentam maior potencial antioxidante. A decisão entre a torta de polpa desengordurada quimicamente e as cascas branqueada e não branqueada fica a critério dos objetivos que se tem com o produto. Se há o interesse por pós mais claros, com melhor proporção entre fibras solúveis e insolúveis e com maior atividade antioxidante proporcionada por compostos extraíveis, então, a torta de polpa desengordurada quimicamente deve ser preferida. Mas, se o interesse é maior por polifenóis não extraíveis, não sendo cor e teor de fibras solúveis critérios decisivos, então, deve-se optar pela casca não branqueada. Entretanto, a utilização da torta artesanal, ainda que com potencial antioxidante menos expressivo, não deve ser desconsiderada; principalmente pelas comunidades extrativistas, que geram importantes volumes desse resíduo pela extração artesanal do óleo de buriti.

## 6 REFERÊNCIAS

AFONSO, S. R.; ÂNGELO, H. A cadeia produtiva do buriti (*Mauritia sp*). Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: [www.cnf.org.pe](http://www.cnf.org.pe). Acesso em abril de 2015.

ALBUQUERQUE, M. L. S.; et al. Infrared absorption spectra of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. *Vibrational Spectroscopy*, v. 33, p. 127-131, 2003.

ALBUQUERQUE, M. L. S.; GUEDES, I.; ALCANTARA JR., P.; et al. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, vol. 16, n. 6, p. 1113–1117, 2005.

ALMEIDA, S. P. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1998.

AMBRÓSIO-UGRI, M. C. B.; RAMOS, A. C. H. Elaboração de barra de cereais com substituição parcial de aveia por farinha da casca de maracujá. *Revista Tecnológica*, v. 21, p. 69-76, 2012.

ANDERSON, J. W.; et al. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, v. 67, n. 4, p. 188-205, 2009.

ANISSI, J.; et al. A comparative study of the antioxidant scavenging activity of green tea, black tea and coffee extracts: A kinetic approach. *Food Chemistry*, v. 150, p. 438-447, 2014.

ANMING, Z.; et al. Process for extracting non-pectin soluble pomace dietary fibers. State Intellectual Property Office of the People's Republic of China. CN 101817809 (A), 2010. In.: GALANAKIS, C. M. Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, v. 26, p. 68-87, 2012.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). *Official methods of analysis of the AOAC International*. Virginia: AOAC, 2007.

ARRAZ, S.; SILVÁN, J. M.; SAURA-CALIXTO, F. Nonextractable polyphenols, usually ignored, are the major part of dietary polyphenols: A study on the Spanish diet. *Molecular Nutrition & Food Research*, v. 54, p. 1646–1658, 2010.

ASP, N.G.; et al. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.*, v. 31, p. 476-482. 1998.

AYALA-ZAVALA, J. F.; et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, v. 44, p. 1866-1874, 2011.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 17, p. 385–396, 2004.

AZIZ, N. A. A.; et al. Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata* x *Balbisiana colla* cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours, *Food Chemistry*, v. 128, p. 748-753, 2011.

BARBOSA, R. I.; LIMA, A. D.; MOURÃO JÚNIOR, M. **Biometria de frutos do buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. - Arecaceae): estimativas de produtividade de polpa e óleo vegetal em uma área de savana em Roraima**. Boa Vista: Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, 2009. 23 p. (Relatório de Pesquisa).

BARROS, Z. M. P. **Cascas de frutas tropicais como fonte de antioxidantes para enriquecimento de suco pronto**. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BATAGLION, G. A.; et al. Simultaneous quantification of phenolic compounds in buriti fruit (*Mauritia flexuosa* L.f.) by ultra-high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Food Research International*, v. 66, p. 396-400, 2014.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, v. 239, n.1 p. 70–76, 1996.

BINDON, K. A.; et al. Interaction between grape-derived proanthocyanidins and cell wall material. 2. implications for vinification. *J Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, p. 10736–10746, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Alimentos Com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Alimentos/Assuntos+de+Interesse/Alimentos+Com+Alegacoes+de+Propriedades+Funcionais+e+ou+de+Saude/Avaliacao+de+seguranca+e+comprovacao+de+eficacia>. Acesso em: 01 de março de 2016.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário 1995-1996. Distrito Federal, 1998.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008/2009 (POF) – Aquisição alimentar domiciliar per capita, Brasil e grandes regiões. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde, Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Alimentos regionais brasileiros**. 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.

BURTON, G. W.; INGOLD, K. U. Beta-Carotene: an unusual type of lipid antioxidant. *Science*, v. 224, p. 569-573, 1984.

CÂNDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. *Food Chemistry*, v. 177, p. 313-319, 2015.

CARNEIRO, T. B.; CARNEIRO, J. G. M. Frutos e polpa desidratada buriti (*Mauritia flexuosa* L.): aspectos físicos, químicos e tecnológicos. *Revista Verde*, v.6, n.2, p. 105-111, 2011.

CARVALHO, C. O. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae - buriti) para o uso sustentável na reserva de desenvolvimento Tupé: rendimento e atividade antimicrobiana**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais). Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2011.

CARVALHO, J. E. U. de, MÜLLER C. H. **Biometria e Rendimento Percentual de Polpa de Frutas Nativas da Amazônia**. In: Embrapa- Comunicado Técnico 139, 2005, Belém. Proceedings. Belém: EMBRAPA, 2005. p.3.

CASE, C.; et al. Blood glucose and serum lipid levels in the Venezuelan Warao tribe: Possible relationship with moriche fruit (*Mauritia flexuosa* L.) intake. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 17, E1–E2, 2007.

CODEX ALIMENTARIUS 2008. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Cape Town, South Africa, 3-7 November, 2008.

CODEX ALIMENTARIUS 2009. Report of the 31st Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Düsseldorf, Germany, 2-6 November, 2009.

CORCUERA, J. I. R.; CAVALIERI, R. P.; POWERS, J. R. **Blanching of Foods**. Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering. Washington, 2004.

COSTA, P. A.; et al. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. *Food Research International*, v. 43, p. 1603-1606, 2010.

COSTA, P. A.; et al. Phytosterols and tocopherols content of pulps and nuts of Brazilian fruits. *Food Research International*, v. 43, p. 1603-1606, 2010.

CRIZEL, T. M.; et al. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *Food Food Science and Technology*, v. 53, p. 9-14, 2013.

DE KANTEREWICZ, R.J.; PILOSOFF, A.M.R.; BARTHOLOMAI, G.B. A simple method for determining oil absorption capacity of protein and the kinetics of oil uptake. *Journal of American Oil Chemists Society*, v. 66, n. 6, p. 809-812, 1989.

DEMBITSKY, V. M.; et al. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, v. 44, p. 1671-1701, 2011.

DHINGRA, D.; et al. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, v. 49, n. 3, p. 255-266, 2012.

DRANSFIELD, J.; et al. Genera Palmarum: **The Evolution and Classification of Palms**. Kew Publishing, Richmond, 2008.

DURÃES, J. A.; et al. Absorption and photoluminescence of Buriti oil/polystyrene and Buriti oil/poly(methyl methacrylate) blends. *European Polymer Journal*, v. 42, p. 3324–3332, 2006.

DUTTA, R.; SARKAR, U.; MUKHERJEE, A. Extraction of oil from *Crotalaria Juncea* seeds in a modified Soxhlet apparatus: Physical and chemical characterization of a prospective bio-fuel. *Fuel*, v. 116, p.794–802, 2014.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. Comunicado Técnico N°. 125. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas Método de redução do ferro (FRAP)**. Fortaleza, 2006. 4p.

ENDRESS, B. A.; HORN, C. M.; GILMORE, M. P. *Mauritia flexuosa* palm swamps: composition, structure and implications for conservation and management. *Forest Ecology and Management*, v. 302, p. 346–353, 2013.

FERRAZ, V. P. **Métodos cromatográficos para a análise de aminoácidos e açúcares em sementes de *Canavalia gladiata***. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

FERREIRA, B. S.; et al. Comparative properties of Amazonian oils obtained by different extraction methods. *Molecules*, vol. 16, n. 7, p. 5875–5885, 2011.

FORESTER, S. C.; WATERHOUSE, A. L. Metabolites Are Key to Understanding Health Effects of Wine Polyphenolics. *The Journal of Nutrition*, v. 139, suplementar, p. 1824-1831, 2009.

FRANÇA, L. F.; et al. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. *Journal of Supercritical Fluids*, v. 14, p. 247–256, 1999.

FUENTES, E.; et al. *Mauritia flexuosa* Presents In Vitro and In Vivo Antiplatelet and Antithrombotic Activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2013, p. 1-11, 2013.

GALDINO, A. P. P. **Estudo de Mercado: andiroba, buriti/miriti, murumuru**. Relatório de consultoria para o Imazon. Outubro de 2007. Disponível em: [http://www.ncsu.edu/project/amazonia/brazil\\_proj/Result/Estudo\\_de\\_Mercado\\_APGaldino.pdf](http://www.ncsu.edu/project/amazonia/brazil_proj/Result/Estudo_de_Mercado_APGaldino.pdf). Acesso: 14/11/2014.

GALEANO, G. **Las Palmas de la Region Araracuara**, TROPENBOS. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 1992.

GARCIA-PEREZ, F. J.; LARIO, Y.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; SAYAS, E.; PEREZ-ALVAREZ, J. A.; SENDRA, E. Effect of orange fibre addition on yogurt colour during fermentation and cold. *Storage Color Research & Application*, v. 30, p. 457-463, 2005.

GILMORE, M. P.; ENDRESS, B. A.; HORN, C. M. “The socio-cultural importance of *Mauritia flexuosa* palm swamps (aguajales) and implications for multi-use management in two Maijuna communities of the Peruvian Amazon”. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, vol. 9, article 29, 2013.

GIUNTINI, E. B.; MENEZES, E. W. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Fibra Alimentar**. São Paulo: ILSI-Brasil – International Live Sciences Institutes do Brasil, 2011.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. John Wiley & Sons, Inc, 2001. 1199 p.

GOMEZ, M.; et al. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, v. 21, n. 2, p. 167-173, 2007.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpa de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GUO, C.; et al. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, v. 23, p. 1719–1726, 2003.

HASSAN, F. A.; et al. Characterisation of fiber-rich powder and antioxidant capacity of *Mangifera pajang* K. fruit peels. *Food Chemistry*, v.126, p.283–288, 2011.

HELDMAN, D. R.; HARTEL, R. W. **Principles of Food Processing**. 3rd ed. Maryland: Editora Aspen, 1998, 283 p.

HUANG, D., OU, B., PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

INSTITUTO ECOLÓGICA. **Buriti Amarelinho**. Vídeo documentário. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OnbAoxTTUHQ>. Acesso em abril de 2015.

IOM – Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Atualizado em setembro de 2002 [acesso em dezembro de 2015]. Disponível em: <http://iom.nationalacademies.org>.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; et al. Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) as a New Source of Antioxidant Dietary Fiber. *J. Agric. Food Chem.*, v. 49, p. 5489-5493, 2001.

JONES, J. M. CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the ‘fiber gap’. *Nutrition Journal*, v. 13, n.34, 2014.

KABIR, F.; et al. Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products. *Food Chemistry*, v. 167, p. 358–362, 2015.

KAHN, F. Palms as key swamp forest resources in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v. 38, p. 133–142, 1991.

KAHN, K.; DE GRANVILLE, J. J. **Palms in Forest Ecosystems of Amazonia**. Ecological Studies, Springer Verlag, New York, 1992.

KARPPIA, J.; et al. Low  $\beta$ -carotene concentrations increase the risk of cardiovascular disease mortality among Finnish men with risk factors. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, v. 22, n. 10, p.921-928, 2012.

KATO, Y.; et al. Structural analysis of the oligosaccharide units of xyloglucan and their effects on growth of COLO 2001 human tumor cells. *International Congress Series*, v. 1223, p. 161-164, 2001.

KIM, Y.; JE, Y. Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Archives of Cardiovascular Diseases*, v. 109, n. 1, p. 39-54, 2016.

KINSELLA, J.E. Functional properties in foods; a survey. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 7, n. 3, p. 219-280, 1976.

KOOLEN, H. H. F.; et al. Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC–ESI-MS/MS. *Food Research International*, v. 51, p. 467-473, 2013.

LARRAURI, J. A. New approaches in the preparation of high dietary fiber powders from fruit by-products. *Food Science & Technology*, n. 10, p. 3-8, 1999.

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 Agricultural and Food Chemistry*, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LEÃO, D. P. **Avaliação comparativa do potencial de farelo de trigo comercial e pericarpo de pequi como substratos na produção de fibras com capacidade antioxidante**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Farmácia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LEÓN-GONZÁLEZ, A. J.; AUGER, C.; SCHINI-KERTH, V. B. Pro-oxidant activity of polyphenols and its implication on cancer chemoprevention and chemotherapy. *Biochemical Pharmacology*, v. 98, n. 3, p. 371-180, 2015.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, 4.3.1-F4.3.8, 2001.

LORENZI, H.; et al. **Flora Brasileira Lorenzi: Arecaceae (Palmeiras)**. Plantarum, Nova Odessa, 2010.

MANHÃES, L. R. T. **Caracterização da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*, Mart.) com vista sua utilização como alimento funcional**. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

MANHÃES, L. R. T.; SABAA-SRUR, A. U. O. Centesimal composition and bioactive compounds in fruits of buriti collected in Pará. *Ciência Tecnologia Alimentos*, v. 31, n. 4, p. 856–863, 2011.

MANZI, M.; COOMES, O. T. Managing Amazonian palms for community use: A case of aguaje palm (*Mauritia flexuosa*) in Peru. *Forest Ecology and Management*, v. 257, p. 510-517, 2009.

MARQUETTI, C. **Obtenção e caracterização de farinha de casca de jabuticaba (*Plinia cauliflora*) para adição em biscoito tipo cookie**. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

MATOS, F. S.; et al. Variação biométrica de diásporos de buriti (*Mauritia flexuosa* L.f. – Arecaceae) em veredas em diferentes estágios de conservação. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 4, p. 833-842, 2014.

MELO, J. C. S. **Avaliação do potencial tecnológico e antioxidante de cascas de café como substrato para produção de fibras alimentares**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MELTON, L. D.; SMITH, B. G. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. John Wiley & Sons, Inc, 2001. 1199 p.

MINK, P. J.; et al. Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality: a prospective study in postmenopausal women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 85, p. 895-909, 2007.

MIRABELLA, N.; CASTELLANI, V.; SALA, S. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p.28-41, 2014.

MORAES, F. P.; et al. Avaliação dos compostos bioativos presentes no resíduo de goiaba vermelha (*Psidium guajava* L.) Desidratada. *XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, 2014.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

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

NASCIMENTO, P. **Avaliação da retenção de carotenoides de abóbora, mandioca e batata doce**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2006.

NASSAR, A. G.; ABDEL-HAMIED, A. A.; EL-NAGGAR, E. A. Effect of citrus by-products flour incorporation on chemical, rheological and organoleptic characteristics of biscuits. *World Journal of Agricultural Sciences*, v.4, n. 5, p. 612-616, 2008.

NAVARRO, D. A. et al. Xylogalactans from *Lithothamnion heterocladum*, a crustose member of the Corallinales (Rhodophyta). *Carbohydrate Polymers*, v. 84, n. 3, p. 944-951, 2011.

NÓBREGA, E. M.; et al. The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 39, p. 131–141, 2015.

PENNA, A. M. M. **Avaliação do potencial de grãos defeituosos de café como substratos na produção de fibras com potencial antioxidante**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 186-192, 2007.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; SAURA-CALIXTO, F. Proanthocyanidin content in foods is largely underestimated in the literature data: An approach to quantification of the missing proanthocyanidins. *Food Research International*, v. 42, p. 1381–1388, 2009.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Macromolecular antioxidants or non-extractable polyphenols in fruit and vegetables: intake in four European countries. *Food Research International*, v. 74, p. 315-23, 2015.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; TORRES, J. L. Analysis of Nonextractable Phenolic Compounds in Foods: The Current State of the Art. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, p. 12713-12724, 2011.

PRADO, J. M. et al. Obtaining sugars from coconut husk, defatted grape seed, and pressed palm fiber by hydrolysis with subcritical water. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 89, p. 89-98, 2014.

QUIDEAU, S.; et al. Plant Polyphenols: Chemical Properties, Biological Activities, and Synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 50, p. 586-621, 2011.

RAGHAVENDRA, S. N. et al. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*, v. 72, p. 281-286, 2006.

RIBEIRO, B. D.; COELHO, M. A. Z.; BARRETO, D. W. Production of concentrated natural beta-carotene from buriti (*Mauritia vinifera*) oil by enzymatic hydrolysis. *Food and Bioproducts Processing*, v. 90, p. 141-147, 2012.

RODRIGUES, B. S. **Resíduos da agroindústria como fonte de fibras para a elaboração de pães integrais.** Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ROSSI, A. A. B.; et al. Caracterização morfológica de frutos e sementes de *Mauritia flexuosa* L. F. (Arecaceae) com ocorrência natural na Amazônia matogrossense. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.18; p. 852, 2014.

RUBERTO, G. et al. Polyphenol constituents and antioxidant activity of grape pomace extracts from five Sicilian red grape cultivars. *Food Chemistry*, v. 100, p. 203-210, 2007.

RUFINO, M. S. M.; et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 121, p. 996-1002, 2010.

SAINI, R. K.; NILE, S. H.; PARK, S. W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International*, v. 76, p. 735-750, 2015.

SAMPAIO, M. B. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (*Mauritia flexuosa*)**. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012, 76 p.

SAURA-CALIXTO F. **Evolución del concepto de fibra**. In: Lajolo FM, Menezes EW, editores. Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos. Proyecto CYTED/CNPq XI.18. São Paulo: EDUSP, p. 235-253, 2006.

SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant Dietary Fiber Product: A New Concept and a Potential Food Ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, p. 4303-4306, 1998.

SEIBEL, N. F. **Caracterização, fracionamento e hidrólise enzimática dos componentes do resíduo do processamento da soja [(*Glycine max* (L.) Merrill], fibras dos cotilédones**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, v. 18, p. 820-897, 2015.

SHARONI, Y.; et al. Carotenoids and apocarotenoids in cellular signaling related to cancer: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, v. 56, n. 2, p. 259-269, 2012.

SILVA, A. C.; JORGE, N. Bioactive compounds of the lipid fractions of agro-industrial waste. *Food Research International*, v. 66, p. 493–500, 2014.

SILVA, L. M. R. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 143, p. 398-404, 2014.

SILVA, S. R. **Extração e estabilidade de pigmentos antociânicos de frutos de Maria-Pretinha (*Solanum americanum*. Mili.)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

SILVA, S. S.; et al. Extração e caracterização de xilanas de sabugos de milho. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 1998.

- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTO S, R. M. **Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent.** In: Packer, L. *Methods in Enzymology*, 1999.
- SOUZA, M. C. P.; et al. Amadurecimento natural e artificial do buriti. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 19, n.7, p. 891-896, 1984.
- STAJCIC, S.; et al. Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. *Food Chemistry*, v. 172, p. 225–232, 2015.
- STALIKAS, C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, v. 30, p. 3268 – 3295, 2007.
- TAVARES, M.; et al. Composição química e estudo anatômico dos frutos de buriti do Município de Buritizal, Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v.62, n.3, p. 227-232, 2003.
- THEBAUDIN, J. Y.; et al. Dietary fibres: Nutritional and technology interest. *Trends in Food Science and Technology*, v. 8, p. 41–48, 1997.
- VALE, I. **Oficina de extração de óleo de Buriti na comunidade de São João do Jaburu – Gurupá – Pará.** (Relatório de Visita Técnica). IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. 2008.
- VIDAL, W.N.; VIDAL, M. R. **Botânica organográfica: quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos.** (3 ed.). Viçosa, 1990.
- WANG, L.; et al. Physicochemical characterization of five types of citrus dietary fibers. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 4, p. 250-258, 2015.
- WHO/FAO –World Health Organization/ Food and Agriculture Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. *Technical Report Series*, n. 916, Geneve, 2003.
- WROLSTAD, R. E. **Food carbohydrate chemistry.** 1 st ed. Institute of food technologists series, New Delhi, India, 2012.
- ZANATTA, C. F.; et al. Low cytotoxicity of creams and lotions formulated with Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) assessed by the neutral red release test. *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, p. 2776-2781, 2008.

ZANATTA, C. F.; et al. Photoprotective potential of emulsions formulated with Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, v. 48, p. 70-75, 2010.

ZHANG, W.; PING, X.; ZHANG, H. Pectin in câncer therapy: A review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 44, n. 2, p. 258-271, 2015.

ZHOU, S.; et al. Phenolics and antioxidant properties of bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) pomace. *Food Chemistry*, v. 112, p. 394-399, 2009.

ZOU, Y. et al. Polysaccharides with immunomodulating properties from the bark of *Parkia biglobosa*. *Carbohydrate Polymers*, v.101, p. 457-463, 2014.

ZUORRO, A.; MAFFEI, G.; LAVECCHIA, R. Reuse potential of artichoke (*Cynara scolimus* L.) waste for the recovery of phenolic compounds and bioenergy. *Journal of Cleaner Production*, v. xxx, p. 1-6, 2015.

ZURITA, J.; DÍAZ-RUBIO, M. E.; SAURA-CALIXTO, F. Improved procedure to determine non-extractable polymeric proanthocyanidins in plant foods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 63, n. 8, p. 936-939, 2012.