



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO**

**ALINE CRONEMBERGER HOLANDA**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, BIOACESSIBILIDADE E IDENTIFICAÇÃO DOS  
POLIFENÓIS PRESENTES NO MESOCARPO E NA AMÊNDOA DO BABAÇU**  
*(Orbignya phalerata Mart.)*

**TERESINA (PI), 2018**

**ALINE CRONEMBERGER HOLANDA**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, BIOACESSIBILIDADE E IDENTIFICAÇÃO DOS  
POLIFENÓIS PRESENTES NO MESOCARPO E NA AMÊNDOA DO BABAÇU  
(*Orbignya phalerata* Mart.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí  
como requisito para a obtenção do título de mestre em  
Alimentos e Nutrição .

**Orientador:  
Prof. Dr. Alessandro de Lima**

**TERESINA (PI), 2018**

Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Serviço de Processamento Técnico

H722a Holanda, Aline Cronemberger.  
Atividade antioxidante, bioacessibilidade e identificação dos polifenóis presentes no mesocarpo e na amêndoa do babaçu (*orbignya phalerata* mart.) / Aline Cronemberger Holanda. – 2018.  
74 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, 2018.  
“Orientação: Prof. Dr. Alessandro de Lima”.

1. *Orbignya phalerata* Mart. 2. Polifenóis. 3. Atividade Antioxidante. 4. Bioacessibilidade. I. Título.

CDD 582.16

**ALINE CRONEMBERGER HOLANDA**

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, BIOACESSIBILIDADE E IDENTIFICAÇÃO DOS  
POLIFENÓIS PRESENTES NO MESOCARPO E NA AMÊNDOA DO BABAÇU  
(*Orbignya phalerata* Mart.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí como requisito para a obtenção do título de mestre em Alimentos e Nutrição .

Área: Qualidade de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Alessandro de Lima

**Aprovada em :**

**Banca Examinadora:**

---

**Prof. Dr. Alessandro de Lima – Orientador – (Presidente)**

---

**Profa. Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira- Araújo – (Titular)**

---

**Profa. Dra. Eldina Castro Sousa (IFPI) (Titular)**

---

**Prof. Dr. Robson Alves da Silva (Suplente)**

**À Deus, por sempre iluminar meus caminhos, à minha família, pelo estímulo, apoio e compreensão em todos os momentos necessários e ao meu namorado pelo amor e incentivo.**

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e especialmente à **DEUS**, por estar me guiando em todos os meus passos e caminhos que resolvo seguir. Essa sim foi uma conquista que tive plena certeza da importância da fé e confiança no Senhor. Muito obrigada por todas as bênçãos que me proporcionou ao longo da minha vida.

Agradeço com infinita gratidão e amor à minha família, em especial meus pais **JOÃO HOLANDA E TERESA MARIA**, pelo amor, dedicação e acreditarem nos meus esforços e aos meus irmãos **DOUGLAS E PATRÍCIA**, pela paciência e colaboração que tiveram comigo. Aos meus avós **MUNDICO, HERBRAND E TERESA** (in memoriam) e **DORINHA**, pelo amor e carinho que sempre tiveram por mim. Sei que onde estiverem estão vibrando e alegres por mais essa conquista na minha vida. Aos meus tios,tias (ANA LÚCIA, LUCINHA ZLINA) primos, madrinhas **EDUL E LUCINHA**, pelo apoio e vibrações nas minhas realizações. A família sim é a base que nos impulsiona a seguir, enfrentar os vários obstáculos que a vida nos impõe e com toda certeza eu posso afirmar que tenho uma verdadeira FAMÍLIA. Muito obrigada.

Agradeço ao meu namorado **VAGNER NUNES**, pelo incentivo desde o início, amor e compreensão nos vários momentos que tive que me dedicar à essa realização.

Agradeço ao meu orientador **Prof. Dr. ALESSANDRO DE LIMA**, por me incentivar desde o momento de tentar o mestrado, pela amizade, apoio, conhecimentos transmitidos, paciência, compreensão pelo fato de eu trabalhar também, além de estudar. Posso afirmar com toda certeza que não poderia ter tido orientador melhor. Muito obrigada do fundo do meu coração.

Agradeço ao técnico do Laboratório de Análise de Alimentos do IFPI (Instituto Federal do Piauí) - Zona Sul, **JURANDY NASCIMENTO**, pela ajuda, explicações e apoio nos momentos que precisei.

Agradeço à minha amiga **ENNYA CRISTINA**, pelo grande incentivo, desde o momento inicial ao me arranjar o material para eu estudar para a prova e durante toda essa jornada, você sabe que não foi fácil. Muito obrigada.

Agradeço ao secretário de Educação do município que trabalho (Beneditinos), **PEDRO ALVES DA SILVA**, pelo carinho, apoio e compreensão nos vários dias que tive que sair mais cedo devido às aulas. Muito obrigada.

Agradeço aos meus novos amigos que conquistei. Posso dizer realmente AMIGOS, pois fomos uma turma na qual, todos se ajudavam e torciam pelas conquistas de cada um. Foram momentos de alegria, troca de conhecimentos, dificuldades a mais para uns. Em especial ao GRAL- **GEÓRGIA, LAILTON e RAYANE**, grupo de estudo que faço parte. Foram vários momentos de diversão e aprendizagem, mas que iremos continuar com mais reuniões, artigos produzidos e publicados, congressos. Afinal, a PRODUÇÃO CIENTÍFICA não pode parar.

Agradeço ao **PROGRAMA DE PÓS GRADUÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO- PPGAN DA UFPI**, pela acolhida, apoio nos momentos necessários e pela oportunidade de me tornar MESTRE.

Agradeço a todos os professores do PPGAN, **CECÍLIA, KAROL, ALESSANDRO, REGILDA, MARIZE, ADRIANA, DILINA, NADIR, MARCOS, CARMINHA, ROBSON, STELLA, KAESEL, GLÓRIA, JOSANIA e CHRISTINA**, por todos os conhecimentos e experiências transmitidos.

Agradeço também aos funcionários do Departamento de Nutrição da UFPI, Dona **MARISA, TIAGO, CAROL e LUANA**, pelo apoio e colaboração.

**“ É preciso estudar muito para saber um pouco”.**

**Montesquieu**



## RESUMO

Os frutos e vegetais são ricos em compostos bioativos como compostos fenólicos, ácido ascórbico, flavonóides, carotenóides e outros que são sintetizados no metabolismo secundário, sendo os fenólicos e flavonóides, os mais amplamente abundantes no reino vegetal. Os compostos fenólicos possuem um elevado poder antioxidante, dessa forma oferecem grande contribuição para saúde devido ao seu efeito protetor em relação às doenças como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus. O conhecimento sobre os níveis de ingestão de polifenóis, juntamente com a sua bioacessibilidade/biodisponibilidade em todo o trato gastrointestinal, constituem fatores fundamentais para avaliar o seu significado biológico na saúde humana. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a atividade antioxidante, bioacessibilidade e identificação dos polifenóis presentes no mesocarpo e amêndoa do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.). Os extratos (aquoso, etanólico e acetônico) do babaçu foram obtidos por metodologias já padronizadas. As frações de ácidos fenólicos do babaçu (mesocarpo e amêndoa) e dos fenólicos totais foram obtidos por metodologias já estabelecidas. O conteúdo de proantocianidinas totais foi determinado por método espectrofotométrico. A atividade antioxidante foi determinada por dois métodos: TEAC-ABTS e ORAC. O efeito da digestão (bioacessibilidade) sob o conteúdo de fenólicos totais e na atividade antioxidante do babaçu foi por meio de protocolo *in vitro* e método adaptado. Os compostos fenólicos do babaçu (mesocarpo e amêndoa) foram identificados por cromatografia líquida de alta eficiência. Dos extratos utilizados, o aquoso foi o que apresentou melhor poder extrator fenólico e atividade antioxidante. Dentre as frações de ácidos fenólicos, a que mais se destacou foi a solúvel, com maior diferença significativa no método TEAC-ABTS. Dos compostos identificados no mesocarpo do babaçu, o ácido elágico foi o que apresentou maior teor e a epicatequina na amêndoa. Quanto ao teor de proantocianidinas foi verificado que no mesocarpo houve diminuição no teor das mesmas após as fases 1 e 2 da digestão, já na amêndoa houve aumento no final da fase 1 e diminuição no final da fase 2 nos dois métodos (ORAC e TEAC). Dos compostos fenólicos presentes no extrato aquoso do mesocarpo do babaçu após digestão *in vitro*, os mais bioacessíveis foram o ácido elágico e a epicatequina, os quais tiveram seus teores aumentados ao final da fase 2. Na amêndoa, a epicatequina foi o composto que mais se destacou. Pode-se concluir que o babaçu (mesocarpo e amêndoa) possui vários compostos fenólicos, com atividades antioxidantes, os quais o ácido elágico e a epicatequina foram os mais bioacessíveis.

**Palavras-chave:** *Orbignya phalerata* Mart., polifenóis, atividade antioxidante e bioacessibilidade

## ABSTRACT

Fruit and vegetables are rich in bioactive compounds such as the phenolic compounds, ascorbic acid, flavonol, carotenoids and others that are synthesized in the secondary metabolism, the phenolic and flavonol appearing as the most abundant in the vegetal kingdom. Phenolic compounds have an elevated antioxidant power, in this sense they offer great contributions to general health due to their protective effect with regard to cancer, heart diseases and diabetes mellitus. The knowledge about the levels of ingestion of polyphenols, along with its bioaccessibility throughout the gastrointestinal tract, are fundamental values in order to evaluate its biological significance to human health. The objective of this research was to evaluate the bioaccessibility, by means of digestion simulated *in vitro* the rate of phenolic compounds and in the antioxidant activity of the babassu (*Orbignya phalerata* Mart.). Babassu extracts (aqueous, ethanolic, acetone) were obtained by patterned methodologies. The fractions of phenolic acid from babassu were obtained by *in vitro* protocol and adapted method. The phenolic compounds from babassu (mesocarp and nut) were identified through high efficiency liquid chromatography. From the utilized extracts, the aqueous one was the one that presented the best phenolic extracting power and antioxidant activity. Among the fractions of phenolic acid, the soluble stood out with greater significant difference in the TEAC- ABTS method. From the identified compounds in the mesocarp of the babassu, the ellagic acid presented the highest rates and the epicatechin in the nut. Regarding the level of proanthocyanidin, analysis showed a decrease in their levels in the mesocarp after phases 1 and 2 of digestion, while in the nut there was an increase at the end of phase 1 and a decrease at the end of phase 2 in both methods (ORAC and TEAC). From the phenolic compounds present in the aqueous extract of the mesocarp of the babassu after *in vitro* digestion, the most bioaccessible were the ellagic acid and the epicatechin, which had their levels increased at the end of phase 2. In the nut, epicatechin was the compound that stood out the most. It is possible to conclude that babassu (mesocarp and nut) has many phenolic compounds, with antioxidant activity, and among them the ellagic acid and epicatechin were the most bioaccessible.

**Keywords:** *Orbignya phalerata* Mart., polyphenols, antioxidant activity and bioaccessibility.

## LISTA DE FIGURAS

<b>01.</b> Palmeira do Babaçu.....	18
<b>02.</b> Composição do coco babaçu.....	20
<b>03.</b> Classificação do sistema de defesa dos antioxidantes.....	22
<b>04.</b> Representação gráfica das principais classes dos ácidos fenólicos.....	24
<b>05.</b> Possíveis vias metabólicas dos compostos fenólicos na digestão e absorção.....	29
<b>06.</b> Obtenção dos extratos aquoso, alcóolico e acetônico das frações do babaçu (mesocarpo e amêndoa).....	33
<b>07.</b> Esquema para a obtenção das frações de ácidos fenólicos do babaçu.....	35
<b>08.</b> Curva de calibração de ácido gálico (720nm).....	36
<b>09.</b> Esquema da simulação da digestão gástrica e no intestino delgado .....	38
<b>10.</b> Esquema da biotransformação bacteriana no intestino grosso.....	39

## LISTA DE TABELAS

<b>01.</b> Avaliação dos polifenóis totais e da atividade antioxidante nos extratos aquoso, etanólico e acetônico do mesocarpo e amêndoa do babaçu.....	41
<b>02.</b> Teor de Polifenóis e da atividade antioxidante das frações purificadas de ácidos fenólicos do mesocarpo e amêndoa do babaçu.....	44
<b>03.</b> Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nos extratos aquoso, etanólico e acetônico do mesocarpo do babaçu, resultados expressos em $\mu\text{g/g}$ de amostra fresca .....	45
<b>04.</b> Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nos extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do babaçu, resultados expressos em $\mu\text{g/g}$ por grama de amostra fresca .....	47
<b>05.</b> Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nas frações de ácidos fenólicos livres, solúveis e insolúveis do mesocarpo do babaçu, resultados expressos em $\mu\text{g/g}$ de amostra seca. ....	49
<b>06.</b> Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nas frações de ácidos fenólicos livres, solúveis e insolúveis da amêndoa do babaçu, resultados expressos em $\mu\text{g/g}$ de amostra seca.....	50
<b>07.</b> Efeito da digestão <i>in vitro</i> no teor de fenólicos totais, proantocianidinas totais e atividade antioxidante por ORAC e TEAC ABTS do extrato aquoso do mesocarpo e amêndoa do babaçu.....	51
<b>08.</b> Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nas frações de ácidos fenólicos livres, solúveis e insolúveis da amêndoa do babaçu, resultados expressos em $\mu\text{g/g}$ de amostra seca.....	54
<b>09.</b> Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes no extrato aquoso após digestão <i>in vitro</i> (bioacessibilidade) da amêndoa do babaçu, resultados expressos em $\mu\text{g/g}$ de amostra fresca .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAPH: 2,2 –azinobis (2-amidinopropano) (dihidrocloreto)  
AFL: Ácidos fenólicos livres  
AFS: Ácidos fenólicos de ésteres solúveis  
AFI: Ácidos fenólicos insolúveis  
ANOVA: Análise de variância  
ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária BHA: Butil Hidroxi Anisol  
BHT: Butil Hidroxi Tolueno Cat: Catalase  
CLAE: Cromatografia Líquida de Alta Eficiência DIN: Modelo estático gastrointestinal  
FDA: Food and Drug Administration GPx: Glutathione peroxidase  
GSH: Glutathione reduzida GSSG: Glutathione oxidada HCl: Ácido Clorídrico  
INEAGRO: Incubadora da Empresa Tecnológica em Agronegócios IVG: Modelo  
Gastrointestinal *in vitro*  
LD: Limite de Detecção  
LQ: Limite de Quantificação  
MB & SR: Balança de massa e recepção de solo  
NaOH: Hidróxido de Sódio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: Carbonato de cálcio NaHCO<sub>3</sub>: Bicarbonato de sódio  
ORAC: Oxygen Radical Absorbance Capacity PA: Proantrocianidinas totais  
PG: Propil galato  
PBET: Teste de extração baseado na fisiologia RIVIN: Modelo gastrointestinal *in vitro*  
ROOH: Hidroxiperoxídeos SOD: Superóxido dismutase  
SHIME: Simulator of the human intestinal microbial ecosystem of infants  
TBHQ: Terc Butil Hidroquinona  
TEAC: Trolox equivalente antioxidante capacity THF: Tetrahidrofurano  
TIM: Modelo gastrointestinal dinâmico  
UFPI: Universidade Federal do Piauí  
USP-US: Modelo gástrico farmacêutico  
°C: grau Celsius

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
2.1 Características gerais e cadeia produtiva do babaçu.....	18
2.1.1 Caracterização nutricional e subprodutos do Fruto do babaçu.....	19
2.2 Compostos Antioxidantes.....	21
2.3 Compostos Fenólicos.....	23
2.4 Biodisponibilidade e Bioacessibilidade de nutrientes.....	25
2.4.1 Bioacessibilidade dos compostos fenólicos.....	27
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>32</b>
3.1 Geral.....	32
3.2 Específicos.....	32
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
4.1 Amostra.....	33
4.2.1 Obtenção dos extratos do babaçu.....	33
4.2.2 Obtenção das frações de ácidos fenólicos do mesocarpo e amêndoa do babaçu.....	33
4.2.1.1 Ácidos fenólicos livres (AFL).....	34
4.2.2.2 Ácidos fenólicos solúveis(AFS).....	32
4.2.3 Determinação de fenólicos totais.....	35
4.2.4 Determinação das proantocianidinas totais (PA).....	36
4.2.5 Avaliação da atividade antioxidante.....	37
4.2.5.1 Determinação da atividade antioxidante <i>in vitro</i> pelo método TEAC ( <i>Trolox equivalent antioxidant capacity</i> ) ABTS.....	37
4.2.5.2 Determinação da atividade antioxidante <i>in vitro</i> pelo método ORAC ( <i>Oxygen Radical Absorbance Capacity</i> ).....	37
4.2.6 Efeito da digestão (bioacessibilidade) sob o conteúdo de fenólicos totais e na atividade antioxidante do babaçu.....	38
4.2.7 Identificação dos Compostos Fenólicos do babaçu por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência).....	39

4.3 Tratamento dos Dados.....	40
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
5.1 Fenólicos totais e atividade antioxidante nos extratos e frações do babaçu.....	41
5.2 Identificação dos Compostos fenólicos presentes nos extratos e frações do babaçu.....	45
5.3 Efeito da Digestão <i>in vitro</i> no teor de polifenóis, proantocianidinas e atividade antioxidante no extrato aquoso do babaçu.....	50
5.4 Identificação dos Compostos fenólicos (por CLAE) presentes no extrato aquoso do mesocarpo e amêndoa do babaçu após digestão <i>in vitro</i> .....	54
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>58</b>
<b>7 SUGESTÕES.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, muitas pesquisas têm sido conduzidas a partir dos benefícios de vários fitoquímicos presentes em frutos, sementes e demais vegetais, e os impactos significativos destes compostos sobre a saúde humana. Estudos clínicos e epidemiológicos têm demonstrado evidências de que antioxidantes de cereais, frutas e demais vegetais são os principais fatores que contribuem para a significativa redução da incidência de doenças crônicas não transmissíveis encontradas em populações cujas dietas são altas na ingestão destes alimentos (RESEARCH et al, 2007; YANG et al, 2008; HANNINEVA, 2010).

Estudos populacionais demonstram que até 80% dos casos de doenças cardiovasculares, 90% de diabetes tipo II e 30% de câncer poderiam ser evitados por mudanças no estilo de vida como alimentação saudável e atividade física (WHO, 2008). Neste sentido destacam-se os polifenóis, pois são considerados os antioxidantes mais abundantes na dieta humana, podendo prevenir o estresse oxidativo e os consequentes danos celulares, desta forma, os antioxidantes alimentares podem constituir-se em meio preventivo de grande importância para a saúde pública, melhorando a qualidade de vida dos indivíduos.

Os compostos fenólicos, constituem mais de 8.000 substâncias, sendo amplamente distribuídas no reino vegetal. São conjuntos heterogêneos que apresentam em sua estrutura vários grupos benzênicos característicos, substituídos por grupamentos hidroxilas (SOARES et al., 2008). Esses compostos, apesar de atualmente não serem considerados nutrientes, têm recebido muita atenção devido a sua atividade biológica, uma vez que estudos sugerem que os alimentos vegetais contêm compostos metabólicos secundários, que quando ingeridos, frequentemente através da dieta, apresentam efeitos benéficos à saúde, entre os quais os de antioxidante, anti- inflamatório, antimicrobiano, analgésico e vasodilatador (YANG et al., 2008; HAMINIUK et al., 2012; QUINONES, 2013).

O Brasil apresenta uma das maiores diversidades de espécies frutíferas do mundo em função de sua vasta extensão territorial e ampla variação climática (IBRAF, 2010). A região Nordeste se destaca por produzir grande variedade de frutos tropicais, nativos e exóticos, com boas perspectivas para exploração econômica, em decorrência de suas condições e dafoclimáticas (SACRAMENTO et al., 2000; SILVA et al., 2014). Portanto, a avaliação e determinação dos antioxidantes em frutos, hortaliças e sementes oleaginosas produzidas e consumidas no Brasil são essenciais para avaliar os alimentos fonte de compostos bioativos e estimar sua ingestão pela população, além de descobrir novas fontes potenciais desses



constituintes agregando valor comercial a alimentos até então de pouco uso alimentar (FALLER et al., 2009).

O extrativismo da palmeira do babaçu é uma atividade secular no território brasileiro, sendo pública e notória sua vocação como uma fonte de alimentos, material para construção de casas e energia (SOLER, 2007). A cadeia produtiva do babaçu é uma das mais representativas do extrativismo vegetal no Brasil, em razão da área de abrangência (13 a 18 milhões de hectares), concentrando-se principalmente nas regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste, merecendo maior destaque os estados do Maranhão, Tocantins e Piauí, na região conhecida como Mata dos Cocais - transição entre Caatinga, Cerrado e Amazônia (CARRAZZA, 2012).

Estudos epidemiológicos indicam uma correlação positiva entre a ingestão regular de alimentos ricos em polifenóis e a redução do risco de doenças crônicas não-transmissíveis, entretanto, a maioria dos estudos intervencionais em humanos não reafirmam tais evidências. Uma das razões para tais discordâncias é a falta de dados sobre bioacessibilidade e biodisponibilidade dos compostos fenólicos. No processo digestivo, apenas uma fração dos polifenóis presentes nos alimentos é extraído e solubilizado (fração bioacessível), da qual somente uma parcela é efetivamente absorvida pelos enterócitos e atinge a circulação (fração biodisponível).

As partes comestíveis (mesocarpo e amêndoa) do babaçu já foram previamente caracterizados por Vieira (2011) e demonstraram altos teores de polifenóis com elevada capacidade antioxidante, entretanto ainda são inexistentes as informações acerca da bioacessibilidade e identificação desses polifenóis.

Tendo em vista o exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a atividade antioxidante *in vitro*, bem como a bioacessibilidade dos polifenóis presentes no mesocarpo e amêndoa do babaçu e identificação dos polifenóis por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Características gerais e cadeia produtiva do babaçu

O babaçu é um nome genérico de uma palmeira não cultivada e originária no Brasil classificada genericamente como *Orbinya oleífera* por botânicos, conhecida também como *Orbinya speciosa*, *Orbinya mariana* ou *Orbinya phalerata*. Popularmente é conhecida como: babaçu, baguaçu, aguaçu, guaguaçu, coco-de-macaco, coco-de-palmeira, coco-pindoba e palha-branca entre outros (EMBRAPA,1984).

Essa referida palmeira, caracterizada pela graça e beleza de sua estrutura, é uma planta monocaule, com até 20 metros de altura e estipe liso medindo até 41cm de diâmetro, frutos oblongos- elipsoides, com 11,3 x 6,3 cm de diâmetro, de coloração marrom na maturidade, com sementes oleaginosas (Figura 01). A época de frutificação ocorre durante todo o ano, sendo os meses de janeiro a agosto considerado so pico da produção e cada planta pode produzir até seis cachos (ALBIERO et al., 2007; MELO et al., 2007; FRAZÃO, 2001).



**Figura 01.** Palmeira do Babaçu

**Fonte:** Carrazza, 2012

A palmeira do babaçu requer entre 10 a 12 anos para iniciar a produção, atingindo a maturidade produtiva entre 15 a 20 anos (MAY, 1990; FRAZÃO, 2001) com uma vida média de 35 anos. Apresenta três estágios de crescimento o primeiro constituído pelas pindovas, quando a palmeira apresenta até três folhas definitivas; segundo denominado palmiteiro, pode ser identificado pelo palmito, quase ao nível do solo e o terceiro, o caule já se encontra formado (BEZERRA, 1995).

O babaçu pode ter inflorescência fêmea ou andrógina (machoefêmea) numa mesma

planta. Apenas a fêmea bota com cachos de frutos e os machos são essenciais para a fecundação e geração de frutos. A safra concentra-se do período seco ao início do chuvoso e pode variar conforme a região e condições naturais como solo, umidade, competição com outras plantas (LORENZI, 2010).

A cadeia produtiva do babaçu é uma das mais representativas do extrativismo vegetal no Brasil, em razão da área de sua abrangência (18,5 milhões de hectares distribuídos em 279 municípios, situados em 11 Estados). Os estados do Maranhão (69,1%), Piauí (6,9%) Mato Grosso (8,6%), Tocantins (4%) e Minas Gerais (5,7%) representam as principais áreas dos babaçuais (BRASIL, 2012).

O extrativismo do babaçu representa fonte de renda para milhares de famílias dessas regiões e tem recebido apoio de alguns governantes e entidades não governamentais para preservação desse patrimônio, nesse contexto pode-se citar a Lei do Babaçu Livre, a qual assegura o livre acesso das quebradeiras de coco às palmeiras e proíbe aderrubada das palmeiras, uso de pesticidas e a prática de cultivos que prejudiquem o babaçu (CARRAZZA, 2012).

No que diz respeito às quebradeiras de coco há o Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu, atuante desde 1991, o qual é uma articulação das quebradeiras dos estados do Piauí, Maranhão, Tocantins e Pará, que tem como principal objetivo articular as quebradeiras, enquanto mulheres trabalhadoras, agroextrativistas e cidadãs, na luta pelo babaçu livre e pela reforma agrária, buscando alternativas em termos econômicos, sociais, políticos e ambientais (CARRAZZA, 2012).

No Piauí, existe o projeto Babcoall desde 2014, coordenado pelo professor Tiago Ribeiro Patrício, que foi acolhido pela Incubadora da Empresa de Base Tecnológica em Agronegócios (INEAGRO), da Universidade Federal do Piauí (UFPI), a qual tem como objetivos aproveitar ao máximo os recursos do coco babaçu e trabalhar a relação entre famílias rurais e a indústria. Segundo o professor coordenador, o projeto foi inspirado na Cadeia do Mel, da região de Picos e na Cadeia da Castanha do Brasil, nos estados do Amazonas e Pará. O Babcoall trabalha não só com as comunidades, na figura da quebradeira do coco, como também com associações rurais e dessa forma, faz-se um trabalho social e cultural, ressaltando a importância dos recursos do coco babaçu.

### 2.1.1 Caracterização nutricional e subprodutos do Fruto do babaçu

O coco ou coquilho (Figura 02), fruto da palmeira de babaçu, é composto por quatro

partes principais: 1) epicarpo (13 % do fruto) é a camada externa fibrosa, 2) mesocarpo (20 % do fruto) é a camada intermediária que fica entre o epicarpo e o endocarpo, fibrosa e amilácea, isto é, rica em amido, 3) endocarpo (60 % do coco) é a camada interna lenhosa, onde ficam alojadas as amêndoas e 4) amêndoas (7 % do coco) de cor branca, coberta por uma película de cor castanha, em cada fruto geralmente são encontradas de 3 a 4 amêndoas (TAVARES, 2008).



**Figura 02.** Composição do coco babaçu

**Fonte:** Barros, 2011

O babaçu é um fruto que pode ser bastante aproveitado, sendo utilizado até mesmo as folhas. No que diz respeito ao aproveitamento do mesmo destaca-se:

As fibras do epicarpo, aproveitadas para a produção de xaxim, estofados, embalagens, vasos, placas, murais, etc. Para obtê-las, é preciso “descascar” o coco. Este processo pode ser feito com o uso de uma máquina despeliculadeira que descasca o coco, separando a “pele” (epicarpo misturado ao mesocarpo) do endocarpo com as amêndoas (CARRAZA, 2012).

Amêndoa, é composta por mais de 60% de lipídeos, constituído majoritariamente por ácido láurico (C12:0) um ácido graxo saturado de cadeia média muito utilizado na indústria alimentícia e de cosméticos (VIEIRA, 2011).

O mesocarpo é utilizado em diversas áreas, como na nutrição animal e humana, e como medicamento. Na alimentação humana, devido a sua composição rica em minerais, amido e fibras, o mesocarpo é usado para a preparação de bolos, tortas, mingau (REIS, 2009). Além disso, é obtida uma farinha amplamente comercializada no estado do Maranhão. O mesocarpo transformado em pó é peneirado, umedecido e finalmente torrado em fogo alto. A farinha tem em sua composição 68,3% de amido; 1,54% de proteínas; 0,27% de lipídios;

1,25% de glicídios solúveis e 2,54% de fibra alimentar (SOUZA, 2008).

O endocarpo é utilizado na produção de carvão, por meio da queima do endocarpo em caieiras (buracos feitos no chão dos quintais, sendo necessário para esfriá-lo, as palhas verdes da referida palmeira. Pode ser utilizado também no artesanato, na produção de brincos, colares, chaveiros, palha e as folhas na produção de artefatos de papel como blocos, caixas, pastas (CARRAZA, 2012).

Em relação à composição química das partes comestíveis (amêndoa e mesocarpo) do babaçu de acordo com dados obtidos por VIEIRA, (2011), pode-se mencionar que a amêndoa possui a seguinte composição em g/100g: umidade (19,47); cinzas (1,18); proteínas (5,4); lipídeos (49,81); carboidratos (23,6) e o mesocarpo: umidade (0,79); cinzas (1,11); proteínas (3,16); lipídeos (0,067) e carboidratos (94,87). Além de ambas as partes serem ricas em polifenóis com elevada capacidade antioxidante.

## 2.2 Compostos Antioxidantes

O termo antioxidante refere-se a “qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação deste substrato de maneira eficaz” (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2000).

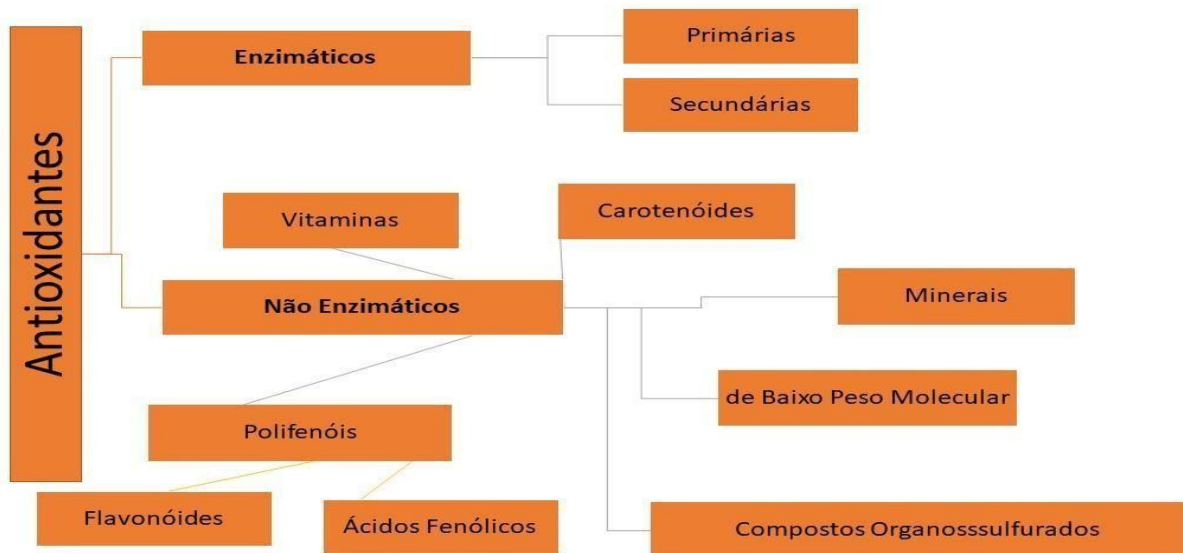
Na seleção de antioxidantes, são desejáveis as seguintes propriedades: eficácia em baixas concentrações (0,001% a 0,01%); ausência de efeitos indesejáveis na cor, no odor, sabor e em outras características do alimento; compatibilidade com o alimento, fácil aplicação, estabilidade nas condições de processo e armazenamento, e o composto e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos, mesmo em doses muito maiores das que normalmente seriam ingeridas no alimento.

Os principais antioxidantes que atuam no organismo humano podem ser divididos em dois grupos: enzimático e não enzimático (Figura 03). O sistema antioxidante enzimático constitui a primeira defesa endógena aos ataques das espécies reativas de oxigênio e demais radicais livres, impedindo sua formação ou sequestrando-as de forma a impedir sua interação com alvos celulares, ou seja, bloqueiam a etapa de iniciação da cadeia radicalar (ROVERJÚNIOR et al., 2001). Esse sistema é formado, principalmente, pelas seguintes enzimas antioxidantes: Superóxido Dismutase (SOD), Glutathione peroxidase (GPx) e Catalase (Cat).

A função da SOD é catalisar a reação de dismutação do ânion radical superóxido, gerando oxigênio molecular e peróxido de hidrogênio. Esta é a principal isoenzima nos

fluidos extracelulares, mas também ocorre em tecidos (NIKI, 2004). A glutatona peroxidase (GPx), uma enzima dependente de selênio, coopera com a Cat na remoção de hidroperóxidos (ROOH). A GPx catalisa a redução do peróxido de hidrogênio e outros peróxidos orgânicos às custas da conversão da glutatona reduzida (GSH) à glutatona oxidada (GSSG) (Martins, 2007). A Cat é encontrada principalmente nos peroxissomos celulares e em alguma extensão no citosol, decompondo diretamente o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio molecular, o qual resulta da dismutação do ânion radical superóxido (WASMANN et al., 2004; STOCKER; KEANEY-JR, 2004).

O sistema não enzimático inclui compostos sintetizados pelo organismo humano como bilirrubina, ceruloplasmina, hormônios sexuais, melatonina, coenzima Q, ácido úrico, e outros, ingeridos através da dieta regular ou via suplementação como ácido ascórbico (vitamina C),  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E),  $\beta$ - caroteno (precursor de vitamina A) e os polifenóis (SCHNEIDER et al., 2004). Esses antioxidantes não-enzimáticos são extremamente importantes na intercepção das espécies reativas de oxigênio, atuando como sequestradores de radicais livres (ANDRADE et al., 2011).



**Figura 03.** Classificação do sistema de defesa dos antioxidantes

**Fonte:** Ratnam et al, 2006

Em relação à origem os antioxidantes podem ser classificados em sintéticos e naturais. Os antioxidantes sintéticos têm utilidade na indústria de alimentos com a finalidade de aumentar a vida útil dos alimentos que contenham lipídios em sua composição (LIMA,

2008). Entretanto, estudos têm reportado possíveis efeitos adversos à saúde, como o desenvolvimento de alguns tipos de cânceres de próstata, mama e estômago em ratos (HUBER et al., 2012). Entre os mais utilizados pela indústria de alimentos estão o butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG) (NAMIKI, 1990).

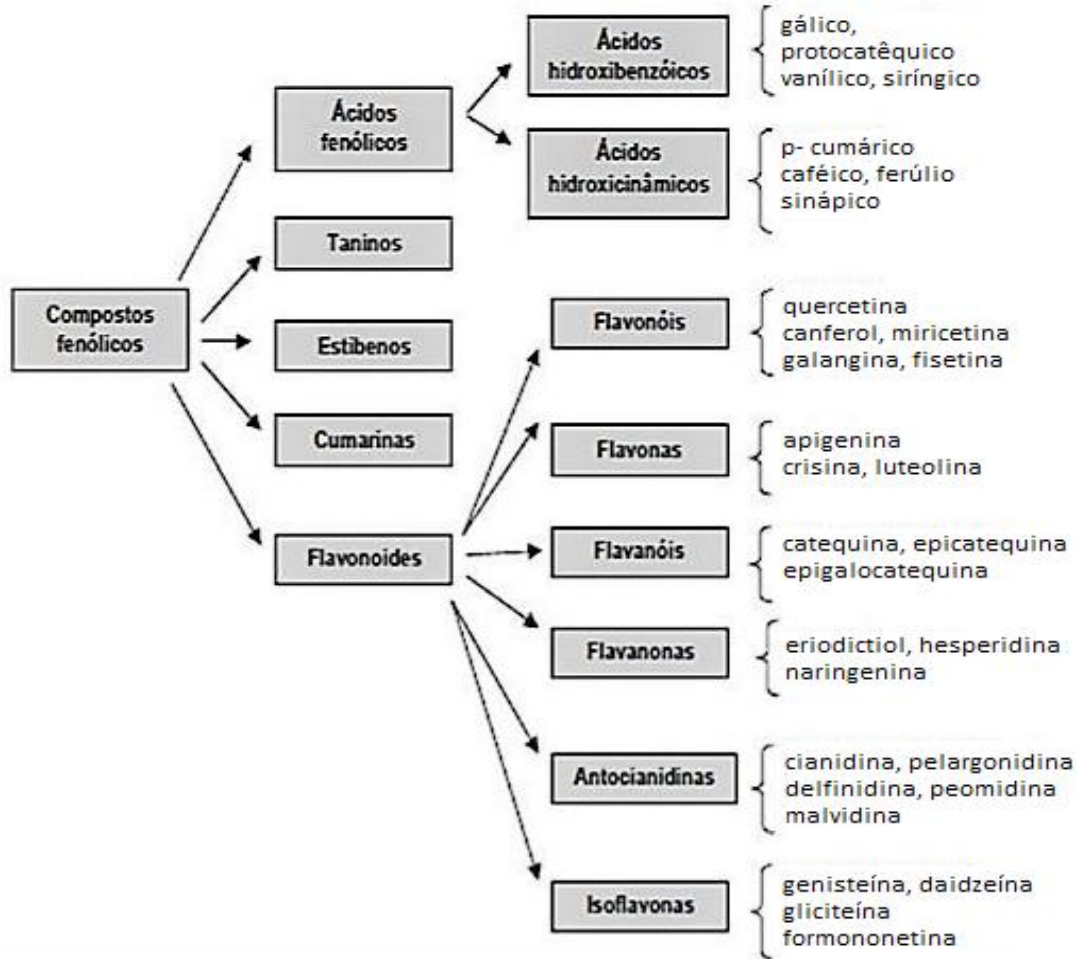
Já os antioxidantes naturais são encontrados em alimentos, principalmente vegetais, como os tocoferóis, carotenóides, ácido ascórbico e polifenóis e são considerados substâncias que atuam em três diferentes níveis do processo oxidativo: (1) bloqueando a etapa de iniciação da oxidação, impedem a geração de espécies reativas ou sequestrando-as de forma a impedir sua interação com alvos celulares; (2) bloqueando a etapa de progressão da cadeia radicalar ao sequestrarem radicais intermediários e, (3) reparando as lesões causadas pelas espécies reativas de oxigênio (ABDALLA, 2000; THOMAS, 2000; VANDENBROUCKE et al., 2001).

Os antioxidantes naturalmente presentes nos alimentos, têm despertado interesse dos pesquisadores devido aos seus efeitos em relação à redução do risco de desenvolvimento de doenças crônico-não transmissíveis, além de propriedades biológicas importantes à saúde humana (GAMA, 2008).

### 2.3 Compostos Fenólicos

Os polifenóis são metabólitos secundários das plantas, caracterizados pela presença de anéis aromáticos com grupos hidroxilas livres em sua estrutura química, constituindo mais de 8000 compostos distintos. Nos vegetais atuam na proteção contra radiação ultravioleta, organismos patógenos e predadores; conferem pigmentação as flores, frutos e sementes; atraem polinizadores; promovem a fertilidade da planta e a germinação do pólen e agem como moléculas de sinalização nas interações planta-microrganismos (MANACH, 2004; PETTI e SCULLY, 2009; BOUYAED, 2012).

Quimicamente os compostos fenólicos são divididos em dois grandes grupos: flavonóides e os não flavonóides, conhecidos como ácidos fenólicos (Figura 04).



**Figura 04.** Representação gráfica das principais classes de polifenóis

**Fonte:** Ferreira, Abreu, 2007

Os flavonóides são pigmentos naturais presentes nos vegetais e que protegem o organismo dos danos produzidos por agentes oxidantes, como raios ultravioletas, poluição ambiental e substâncias tóxicas. Estão amplamente distribuídos em plantas, frutas, verduras e em diversas bebidas como o vinho tinto e os chás (GRANATO et al., 2010).

Conforme a sua estrutura química os flavonóides são subdivididos em flavononas, flavonas, flavonóis, flavanóis (catequinas), dihidroflavonóis, isoflavonas e antocianinas. A capacidade antioxidante desses compostos está diretamente associada a um aumento dos grupos hidroxilas livres e diminuição das glicosilações (KING; YOUNG, 1999).

Os ácidos fenólicos compreendem os ácidos benzóicos e os ácidos cinâmicos. Ambos consistem de um anel aromático com grupos ligados à sua estrutura, sendo o grupo hidroxila o mais comum (MANACH et al, 2005).

Os ácidos hidroxibenzoicos mais encontrados em vegetais são: gálico, elágico, vanílico e protocateico tendo como boas fontes o morango, romã, uvas, castanhas, amora e



framboesa. Estudos têm apontado efeito promissor do uso do ácido elágico na atividade antioxidante e quimioprotetora (CLIFFORD, SCALBERT, 2000 ;HEBBER, 2008; ADAMS et al., 2006; LOSSO et al, 2004).

Os principais representantes dos ácidos cinâmicos são: cumárico, caféico, ferulico, clorogênico e sináptico, sendo que o ácido caféico corresponde a 70% dos ácidos hidroxicinâmicos presentes em frutas (CLIFFORD; SCALBERT, 2000).

A ingestão diária média de compostos fenólicos é consideravelmente maior do que a ingestão diária de todos os outros antioxidantes dietéticos, como carotenóides, vitaminas C e E. De acordo com Pérez Giménez et al. (2007), enquanto a ingestão fenólica é, em média, 1.000mg/dia, a ingestão de vitaminas antioxidantes é de 110mg/dia. Além disso, os compostos fenólicos apresentam uma maior capacidade antioxidante em comparação com vitaminas e carotenóides, representando em média 90% da ingestão total de antioxidantes (CHUN et al., 2005; HERVERT et al., 2010).

Estudos recentes têm elencado que os polifenóis, além da atividade antioxidante, atuam como vasodilatadores, anti-inflamatórios, anti-aterogênicos, antitrombóticos, moduladores das vias enzimáticas e na expressão gênica (QUIÑONES et al., 2013; KOK et al., 2008).

#### 2.4 Biodisponibilidade e Bioacessibilidade de nutrientes

O conceito de biodisponibilidade foi inicialmente proposto pela *Food and Drug Administration* (FDA) especificamente para a área de farmacologia. Atualmente a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define biodisponibilidade como a medida da quantidade de um medicamento, contida em uma fórmula farmacêutica, que chega a circulação sistêmica e a velocidade na qual esse processo ocorre. A partir da década de 80 o termo começou a ser utilizado também relacionado a alimentos, visto que não é apenas importante saber se um nutriente está presente no alimento e sim o quanto é biodisponível. O entendimento dos processos individuais de biodisponibilidade destes compostos e de seus metabólitos é essencial para compreender o seu mecanismo de ação, bem como a influência do composto na promoção da saúde (ANVISA, 2014; D' ARCHIVIO et al, 2007; HORST; LAJOLO, 2009).

Estudos sobre a biodisponibilidade de compostos bioativos no organismo são bastante complexos, pelo fato de possuírem vários fatores capazes de influenciar nos resultados das análises. Inicialmente, estes estudos eram realizados através de dosagem dos compostos no plasma, porém, os dados das análises não forneciam dados reais dos compostos que estavam acessíveis, os que eram absorvidos e os que eram metabolizados no organismo. Dessa forma, nos últimos anos, alguns modelos foram desenvolvidos, incluindo-se o teste de digestão *in vitro*, também chamado de bioacessibilidade, que envolve uma das etapas da biodisponibilidade (BASTOS, ROGERO; ARÊAS, 2009; FALLER; FIALHO, 2009).

A bioacessibilidade é definida como a fração de um composto que é liberado de sua matriz no trato gastrointestinal e que, portanto, torna-se disponível para absorção intestinal. Ela inclui toda uma sequência de eventos que ocorrem durante a transformação digestiva dos alimentos, em material que pode ser assimilado pelo corpo, pela células do epitélio intestinal (GIORI, 2010).

O estudo sobre a bioacessibilidade fornece informações importantes que podem contribuir para avaliar a real ingestão de nutrientes e assegurar a eficácia nutricional dos produtos alimentares (KHOUZAM; POHL; LOBINSKI, 2011), pois para que um composto químico possa exercer seu efeito *in vivo* deve atingir o alvo fisiológico em concentração mínima que apresente esse efeito (SAURA-CALIXTO et al., 2007).

Os primeiros ensaios de bioacessibilidade foram relatados por Miller e colaboradores (1981), Ruby e colaboradores (1993, 1996), Oomen e colaboradores (2002) na área de contaminantes de solo. A partir disso, diversos modelos de bioacessibilidade foram desenvolvidos e aprimorados, entre eles: o SBET - Teste simples de bioacessibilidade por extração, PBET - Teste de extração baseado na fisiologia, IVG- Modelo Gastrointestinal *in vitro*, USP-U.S- Modelo Gástrico Farmacêutico, MB & SR - Balanço de Massa e recaptação de solo, DIN- Modelo Estático Gastrointestinal, SHIME - Simulador do Ecosistema Microbiano Intestinal Humano de Infantes, RIVM- Modelo de Digestão *in vitro* e TIM - Modelo Gastrointestinal Dinâmico (BOSSO; ENZWEILLER, 2008); e atualmente são utilizados como referência para o estudo dos modelos da área de alimentos (GIORI, 2010).

Existem fatores que influenciam a bioacessibilidade e biodisponibilidade dos compostos químicos que podem estar relacionados com o composto em si e englobam a sua estrutura química ou seu grau de ionização e outros que não estão diretamente relacionados com o composto em si, mas com fatores como a complexidade da matriz do alimento onde o composto se insere, o tipo e quantidade dos outros compostos ingeridos e fatores referentes a variabilidade individual como a acidez do estômago, concentrações e atividades enzimáticas,

o estado fisiológico, o maior ou menor tempo de esvaziamento gástrico ou de trânsito intestinal (HOLST; WILLIAMSON, 2008; PEREIRA, 2014).

A bioacessibilidade pode ser determinada por dois tipos de teste. Os testes *in vivo*, os quais são baseados em balanços de massa, que determinam a quantidade de nutriente absorvido, pela diferença entre as quantidades ingeridas e as quantidades excretadas, ou com base na concentração encontrada nos tecidos, que consiste no monitoramento do aumento da concentração do nutriente no plasma. No entanto, estas abordagens, aplicadas em modelos animais experimentais ou em humanos são complexas e caras (BENITO; MILLER, 1998; FERNANDEZ-GARCIA et al., 2009).

Além dos testes *in vivo*, são utilizados os *in vitro*, os quais são considerados mais simples, rápidos, de custos moderados, apresentando-se como uma alternativa a estudos em humanos ou animais. A técnica consiste em submeter amostras alimentares a condições que simulam a sequência de processos que ocorrem durante a digestão no trato gastrointestinal humano (COLES; MOUGHAN; DARRAGH, 2005; HUR et al., 2011). Este sistema modelo de digestão *in vitro*, simulando a digestão humana tem apresentado resultados confiáveis da bioacessibilidade de compostos bioativos e da capacidade antioxidante total em produtos vegetais (RODRÍGUEZ-ROQUE, ROJAS-GRAÜ, ELEZ-MARTÍNEZ, MARTÍN-BELLOSO, 2013).

Durante os processos de digestão *in vitro* os nutrientes podem ser parcialmente ou totalmente liberados da matriz alimentar, sendo a fração mobilizada definida de fração bioacessível. Esta fração é considerada, como a quantidade máxima de nutrientes que fica disponível para ser transportada através do epitélio intestinal (BENITO; MILLER, 1998; FERNANDEZ-GARCIA et al., 2009; RUBY et al., 1999).

Para que os resultados sejam semelhantes aqueles obtidos na digestão *in vivo* as condições, tais como a composição química dos fluidos digestivos, o pH e tempo de residência típico de cada compartimento, devem ser iguais ou semelhantes às do sistema digestivo (HORNERO-MÉNDEZ; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2007). As moléculas biológicas frequentemente utilizadas são enzimas digestivas (pancreatina, pepsina, tripsina, quimotripsina, peptidase,  $\alpha$ -amilase e lipase) e sais biliares. A temperatura de 37°C e o tempo de 2 horas são predominantemente empregados (HUR et al., 2011).

#### 2.4.1 Bioacessibilidade dos compostos fenólicos

O atual interesse científico nos polifenóis presentes nos vegetais e consumidos na dieta

tem sido impulsionado principalmente por estudos epidemiológicos que associam dieta rica nesses fitoquímicos com a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. No entanto, para estabelecer evidências conclusivas para a eficácia de polifenóis é útil definir a sua bioacessibilidade e biodisponibilidade, de modo que a sua atividade biológica possa ser avaliada.

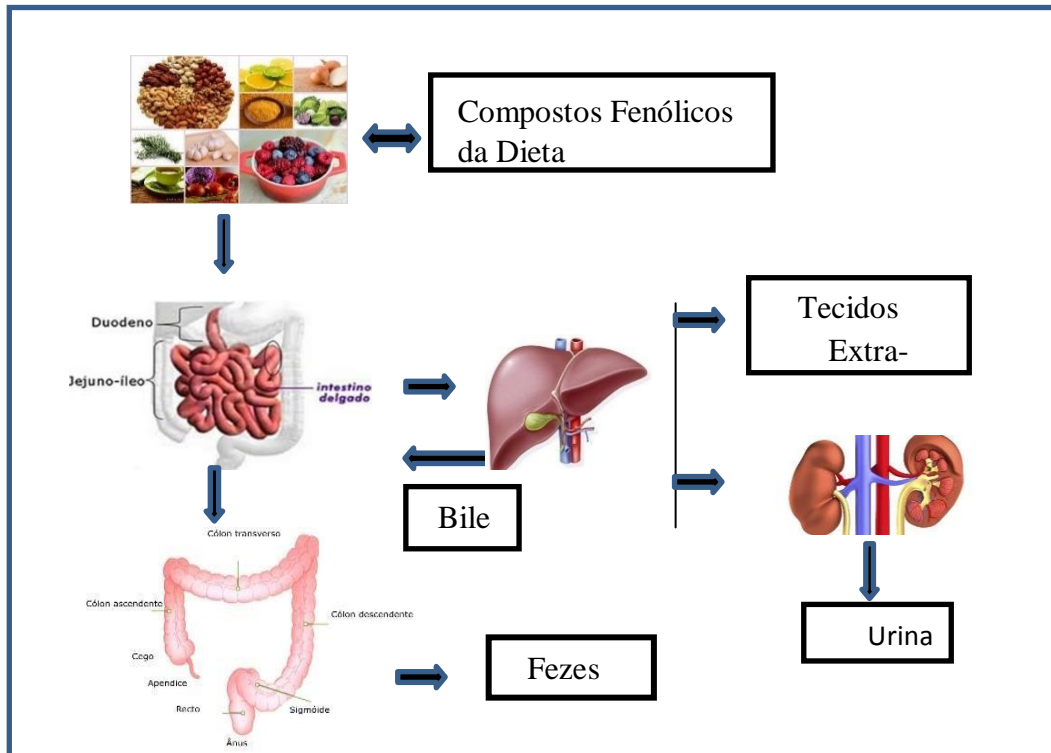
Alguns estudos sugerem que a biodisponibilidade parece diferir entre os diversos compostos fenólicos presentes, e as mais abundantes fontes na dieta, não são necessariamente aqueles que têm o melhor perfil de biodisponibilidade (D'ARCHIVIO et al., 2010).

Para avaliar o real valor biológico dos polifenóis sobre a saúde humana é necessário conhecer não só os níveis de ingestão, mas também a biodisponibilidade (GIÃO et al., 2011). Apenas os polifenóis que são solubilizados a partir da matriz do alimento e que não são degradados durante a digestão gastrointestinal são realmente bioacessíveis e, por conseguinte, potencialmente biodisponíveis (TAGLIAZUCCHI et al., 2010).

A biodisponibilidade dos polifenóis depende de uma variedade de fatores, incluindo a liberação a partir da matriz durante a digestão gastrointestinal, o metabolismo pela microbiota intestinal, a eficiência da sua passagem transepitelial, a absorção celular, o metabolismo intracelular, a distribuição e a excreção (TAGLIAZUCCHI et al., 2010; BOUYAED et al., 2011; GIÃO et al., 2011).

A digestão é um processo fisiológico que permite a extração de macronutrientes, micronutrientes e fitoquímicos a partir da matriz de alimento, para a absorção subsequente (BOUYAED et al., 2011). Ainda não se conhece com precisão o processo de digestão dos compostos fenólicos, necessita-se de mais investigações para se estabelecer o destino metabólico e os provenientes dos compostos fenólicos ingeridos. Sabe-se que o metabolismo dos polifenóis começa no lúmen do intestino delgado e após a absorção eles sofrem modificações no fígado e outros órgãos (FANARO, 2013).

O metabolismo de polifenóis ocorre através de uma via comum. A maior parte dos polifenóis estão presentes na alimentação sob a forma de ésteres, glicosídeos, ou polímeros que não podem ser absorvidos na sua forma nativa. Estas substâncias têm de ser hidrolisadas pelas enzimas intestinais ou pela microbiota do cólon antes de serem absorvidas. Quando a microbiota está envolvida, a eficiência de absorção é frequentemente reduzida, pois os microrganismos degradam as agliconas produzindo diversos ácidos aromáticos simples. Depois de absorvidos os polifenóis são metabolizados, no fígado, sofrendo, principalmente o processo de conjugação (MANACH et al., 2004), o qual está representado na Figura 05.



**Figura 05.** Possíveis vias metabólicas dos compostos fenólicos na digestão e absorção

**Fonte:** Adaptado de Scalbert et al, 2000.

A conjugação, que inclui a metilação, sulfatação e glicuronidação, representa um processo de destoxificação metabólica comum a muitos xenobióticos que restringe os seus potenciais efeitos tóxicos e facilita a sua eliminação biliar e urinária por uma solubilidade aumentada e um peso molecular mais elevado. Embora o processo de conjugação por um lado produza metabólitos ativos de alguns polifenóis, por outro, reduz a quantidade total de polifenóis no sangue, aumentando a sua excreção. É importante ressaltar que os mecanismos de conjugação são altamente eficientes e agliconas livres são geralmente ausentes ou presentes em baixas concentrações no plasma após o consumo de doses nutricionais (AURA et al., 2005; CROZIER et al., 2010).

Os compostos não absorvidos atingem o cólon onde sofrem ação enzimática própria da microbiota existente, onde são metabolizados em compostos de baixo peso molecular que são mais facilmente absorvidos. A metabolização pela microbiota intestinal apesar de ter sido pouco estudada, pode ter um efeito importante na bioatividade desses compostos, pois os metabólitos originados são absorvidos no cólon e dessa forma chegam até a corrente sanguínea. A eliminação dos polifenóis e seus derivados ocorre principalmente pelas vias urinária e biliar, sendo que para os flavonóides o pico pós-prandial é observado 1-2h após

ingestão, podendo ser maior para outros polifenóis que devem ser metabolizados pela microbiota antes da absorção (LANDETE, 2012; MANACH et al., 2004; FANARO, 2013).

No processo de eliminação os polifenóis são segregados através da via biliar para o intestino, onde podem ser submetidos à ação de enzimas bacterianas, especialmente de glucuronidases, podendo ser reabsorvidos nos segmentos distais do intestino. Esta reciclagem entero hepática pode elevar a maior presença de polifenóis no interior do corpo (MANACH et al., 2004). Mas deve-se ressaltar que mudanças estruturais podem afetar a absorção e a bioatividade dos polifenóis como a interação com outros componentes, metabolização em grande extensão por hidrólise, as enzimas envolvidas na absorção e metabolismo dos polifenóis podem ser induzidas ou inibidas pela presença de alguns nutrientes ou xenobióticos, influenciando na absorção dos compostos (BOUYAED et al, 2011; MANACH et al, 2004).

Pode-se mencionar também que independentemente da sua biodisponibilidade, os polifenóis alimentares podem desempenhar um papel importante na proteção do próprio trato gastrointestinal contra danos oxidativos. Os compostos que estão presentes em baixas concentrações no plasma podem estar presentes no lúmen do trato gastrointestinal em concentrações muito maiores após o consumo direto de uma refeição rica em vegetais, fruta e seus derivados. Neste caso, os fatores mais importantes para determinar os potenciais efeitos benéficos dos polifenóis sobre as células epiteliais do intestino são a sua estabilidade e a sua bioacessibilidade sob condições gastrointestinais (TAGLIAZUCCHI et al., 2010).

Somente os polifenóis liberados da matriz alimentar pela ação de enzimas digestivas (intestino delgado) e microbiota bacteriana (intestino grosso) são bioacessíveis e, portanto, potencialmente biodisponíveis. A quantidade de polifenóis alimentares bioacessíveis pode diferir quantitativa e qualitativamente, dependendo da composição do próprio material alimentar e dos tratamentos de processamento que sofreu (HITHAMANI; SRINIVASAN, 2014).

Estudos envolvendo a bioacessibilidade são recentes e mostram a importância de se conhecer a fração dos compostos que se desprende da matriz alimentar e que posteriormente será absorvida e biodisponível. A bioacessibilidade dos polifenóis encontrados nos alimentos deve ser considerada, visto que a biodisponibilidade destes compostos pode ser substancialmente diferente quando em conjunto com a matriz do alimento (MANACH et al., 2004; SAURA-CALIXTO et al., 2007).

Sendo assim, diante da importância já mencionada dos polifenóis, bem como da necessidade de se verificar a quantidade bioacessível e biodisponível dos mesmos, é essencial

mostrar além da quantidade presente nos alimentos, a fração que ficará após o processo da digestão para ser absorvida, na tentativa de elucidar os efeitos dos compostos fenólicos absorvidos nas funções do organismo humano.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Geral

- ✓ Avaliar a atividade antioxidante, bioacessibilidade e identificação dos polifenóis presentes no mesocarpo e na amêndoa do babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.)

#### 3.2 Específicos

- ✓ Determinar os polifenóis totais e a atividade antioxidante *in vitro* por metodologias distintas (ABTS e ORAC) em extratos aquoso, etanólico e acetônico, bem como das frações purificadas dos ácidos fenólicos do mesocarpo e da amêndoa do babaçu;
- ✓ Avaliar o efeito da digestão (bioacessibilidade) sobre os compostos fenólicos, pro antocianidinas e na atividade antioxidante por metodologia *in vitro* que simula a digestão humana;
- ✓ Identificar os compostos fenólicos nos diferentes extratos e frações, antes e após digestão *in vitro* por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).



## 4 METODOLOGIA

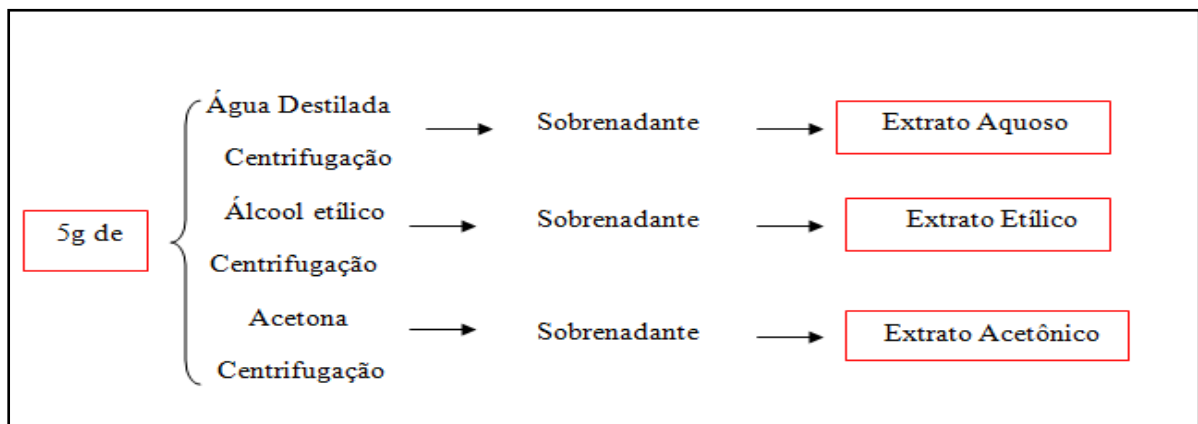
### 4.1 Amostra

O mesocarpo do babaçu (01Kg) foi adquirido em lojas especializadas localizadas em Teresina-PI e as amêndoas (01Kg) foram adquiridas em um mercado varejista de Teresina, os quais foram transportados em recipientes isotérmicos aos Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal do Piauí (IFPI), campus Teresina Zona Sul e para o Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) onde foram realizados os ensaios analíticos.

### 4.2 Métodos

#### 4.2.1 Obtenção dos extratos do babaçu

Foram obtidos a partir do mesocarpo e amêndoa do babaçu os extratos, aquoso, etanólico e acetônico (COSTA et al.,2013),utilizando-se água destilada, álcool etílico absoluto (PA) e acetona (PA), respectivamente como mostra a Figura 06. Foram pesados 5g de cada amostra e adicionados 50 mL de cada solvente, onde foram homogeneizados em turrax por 1 minuto. Em seguida, as amostras foram submetidas ao ultrassom em banho-maria, Marca: ELMA, Modelo: Elmasonic P 60 H, Extração: 60 min., frequência: 37 KHz, Temperatura: 25°C. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos a 20°C. O sobrenadante de cada solvente foi coletado e armazenado em vidro âmbar sob refrigeração a  $\pm 4$  °C até o momento das análises.



**Figura 06.** Obtenção dos extratos aquoso, alcóolico e acetônico do mesocarpo e amêndoa do babaçu por ultrassom.

**Fonte:** Adaptado de Lima, 2012

#### 4.2.2 Obtenção das frações de ácidos fenólicos do mesocarpo e amêndoa do babaçu

A obtenção das frações de ácidos fenólicos presentes na amêndoa e no mesocarpo do babaçu foi realizada pelo método descrito por Krygieretal.(1982), que obtém, de forma sequencial, os ácidos fenólicos livres (AFL), os ácidos fenólicos de ésteres solúveis (AFS) e os ácidos fenólicos de ligantes insolúveis (AFI), conforme a Figura 07.

##### 4.2.2.1 Ácidos fenólicos livres (AFL)

Pesou-se 1 g de cada amostra desengordurada e adicionou-se o solvente tetrahidrofurano THF (6 volumes de 20 mL), homogeneizando por um minuto (homogeneizador turrax, marca Yellow Line DI 25 basic). A cada extração, o sobrenadante foi filtrado em sulfato de sódio anidro e coletado em balão protegido de luz. Ao final da última extração, os filtrados foram concentrados no rota evaporador (Micronal®, modelo B525), sobvácuo, a 40°C. A fração de ácido fenólico livre obtida de cada amostra foi ressuspensa em 10 mL de metanol, sendo transferidas para frascos de vidro âmbar e mantidas em freezer (-18 °C), por no máximo 36 horas até a realização dos ensaios analíticos.

##### 4.2.2.2 Ácidos fenólicos solúveis (AFS)

O resíduo obtido na primeira extração foi submetido a seis novas extrações, utilizando 20 mL da solução metanol/acetona/água (7:7:6). A mistura foi homogeneizada por cinco minutos e filtrada. A cada extração, os sobrenadantes foram coletados em balões (protegido da luz). Ao final da última extração, os conteúdos foram concentrados a vácuo (40 °C) até a obtenção da fase diluída em água.

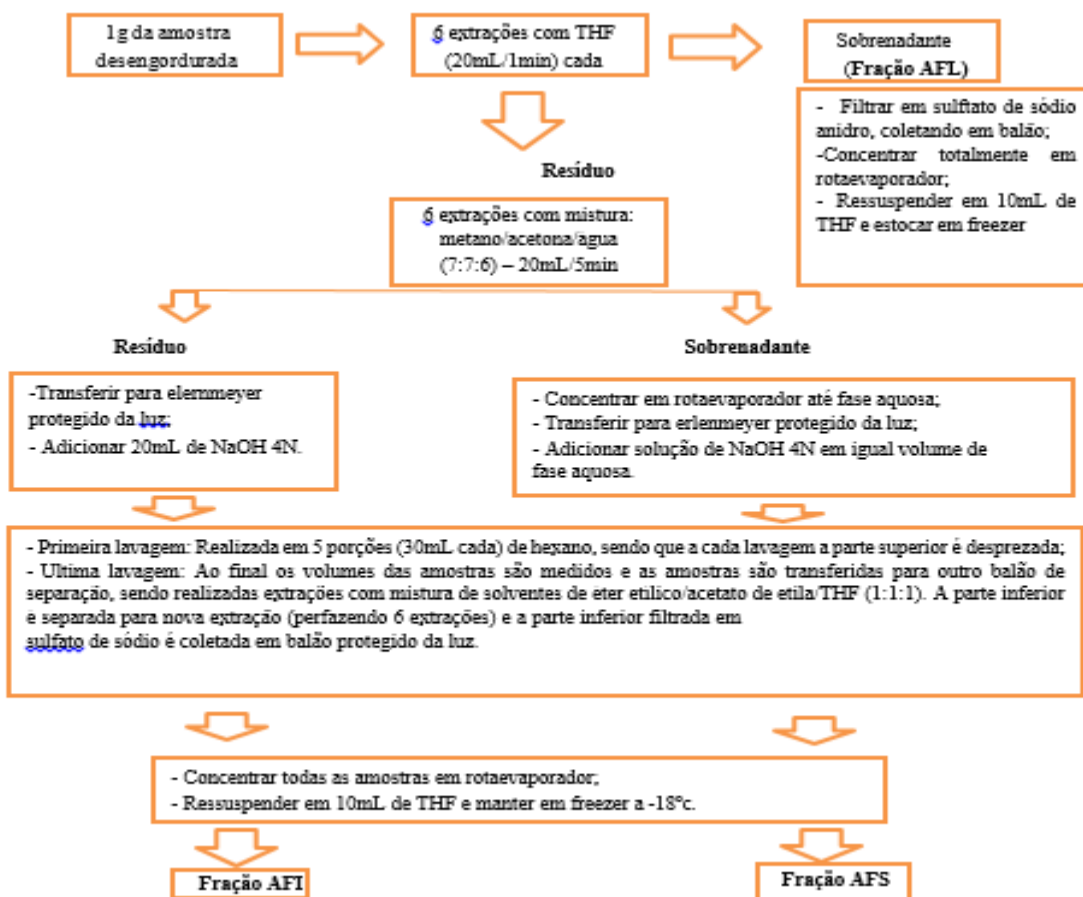
Os volumes dos balões foram medidos e acrescentados iguais volumes de hidróxido de sódio (NaOH) 4N, sendo transferidos para dois erlenmeyers distintos e submetidos a hidrólise alcalina (durante 4 horas, sob agitação e atmosfera de nitrogênio). Em seguida, o Ph da solução foi corrigido para 2,0 com ácido clorídrico (HCl) 6M. A solução resultante foi medida e transferida para um funil de separação, onde foi submetida a cinco lavagens com igual volume de hexano, agitando-se manualmente, para eliminação de ácidos graxos livres e outros contaminantes (glicosídeos) presentes na fase superior, desprezada a cada lavagem.

Novamente, o volume foi aferido e realizadas cinco extrações com solução éter etílico/acetato de etila/THF (1:1:1), também em funil de separação, agitando-se manualmente.

A cada extração, o conteúdo da fase superior foi filtrado, desidratado em sulfato de sódio anidro e recolhido em balão protegido da luz, depois foi rotaveaporado a 40 °C. As frações obtidas de cada amostra foram transferidas para frascos de vidro âmbar e mantidas em freezer (-18°C).

#### 4.2.2.3 Ácidos fenólicos insolúveis (AFI)

O resíduo proveniente da extração dos ácidos fenólicos solúveis foi hidrolisado com 20 mL de NaOH 4 N, por 4 horas, à temperatura ambiente e protegido de luz. Em seguida, o pH da solução foi corrigido para 2,0 com HCl 6 M. Desta fase em diante, o procedimento seguido foi igual ao realizado para a obtenção da fração de ácidos fenólicos solúveis (AFS), descrito anteriormente.

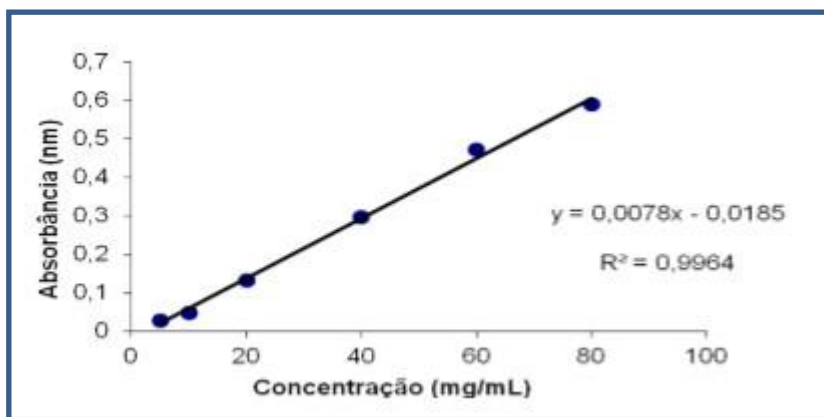


**Figura 07.** Esquema para obtenção das frações de ácidos fenólicos do babaçu (amêndoa e mesocarpo)

**Fonte:** Adaptado de Jardini, 2005.

#### 4.2.3 Determinação de fenólicos totais

A determinação dos fenólicos totais seguiu a metodologia descrita por Swain e Hills (1959). Dos extratos e das frações de ácidos fenólicos de cada amostra, tomou-se 0,5 mL em tubo de ensaio e adicionaram-se 8 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente *Folin Ciocalteau*. A solução foi homogeneizada e, após 3 minutos, foi acrescentado 1 mL de solução saturada de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Decorrida 1 hora de repouso, foram medidas as absorvâncias das soluções a 720nm. O ácido gálico foi utilizado como padrão, nas concentrações de 5, 10, 20, 40, 60 e 80 mg/L em etanol, para construir uma curva de calibração (Figura 09). A partir da reta obtida foi feito o cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em mg de ácido gálico/ 100 g de amostra.



**Figura 08.** Curva de calibração de ácido gálico em etanol (720 nm)

#### 4.2.4 Determinação das proantocianidinas totais (PA)

O conteúdo de proantocianidinas totais (PA) foi determinado por meio de método espectrofotométrico descrito por PORTER et al. (1986). Este método baseou-se na hidrólise ácida do Polímero de PA em antocianina na presença de sulfato ferroso, que por sua vez, promoveu a catálise da reação, com formação de cor vermelha. Esta foi medida espectrofotometricamente no comprimento de onda de 550nm.

Em tubos com tampa rosqueada de teflon foram adicionados 6mL de n- butanol-HCl (95:5, v: v), 1m de extrato e 200µL do reagente de ferro ( $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$  em HCl 2N). Os tubos foram misturados no agitador tipo vórtex, tampados e levados a banho Maria em ebulição por 50 minutos. Após esse período os tubos foram resfriados em água e a absorvância foi mensurada.

Para a leitura foram pipetados 200µL de amostra em microplaca de poliestireno com 96 cavidades (fundo plano, transparente, Greiner Bio-one GmbH), sendo a absorvância

mensurada em comprimento de onda de 550nm.

Para o cálculo do teor de PA das amostras foi elaborada curva de calibração com o padrão cloreto de cianidina, diluído no mesmo solvente da extração (água), em cinco concentrações diferentes (1, 5, 10, 20 e 30 µg/mL). E o branco contendo somente o solvente de extração (água), o butanol- HCl e o reagente de ferro. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de cloreto de cianidina/g de amostra (mgEqCl/g).

#### 4.2.5 Avaliação da atividade antioxidante

##### 4.2.5.1 Determinação da atividade antioxidante *in vitro* pelo método TEAC (*Trolox equivalent antioxidant capacity*) ABTS

Para a determinação da capacidade antioxidante pelo método TEAC-ABTS, inicialmente foi formado o radical ABTS•+, a partir da reação de 7 mM de ABTS com 2,45Mm de persulfato de potássio, os quais foram incubados à temperatura ambiente e na ausência de luz, por 12 horas. Transcorrido esse tempo, a solução foi diluída em etanol até obter-se uma solução com absorvância de 0,70 ( $\pm 0,01$ ). As amostras também foram diluídas em etanol nas proporções 1:5 e 1:10 em tubos eppendorf. Foram pipetados 40 µL das amostras diluídas, colocados em novos tubos eppendorf e adicionados 1960 µL da solução contendo o radical, a solução foi homogeneizada e incubada por 6 minutos, determinando-se a absorvância em espectrofotômetro a 734nm. Com o solução padrão, foi utilizado o antioxidante sintético Trolox nas concentrações de 20 a 50 µM em etanol. A redução da densidade ótica das soluções foi correlacionada com o controle (somente etanol), estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical ABTS•+ representando a ação antioxidante (RE et al., 1999, Adaptado de MENDES, 2013).

##### 4.2.5.2 Determinação da atividade antioxidante *in vitro* pelo método ORAC (*Oxygen Radical Absorbance Capacity*)

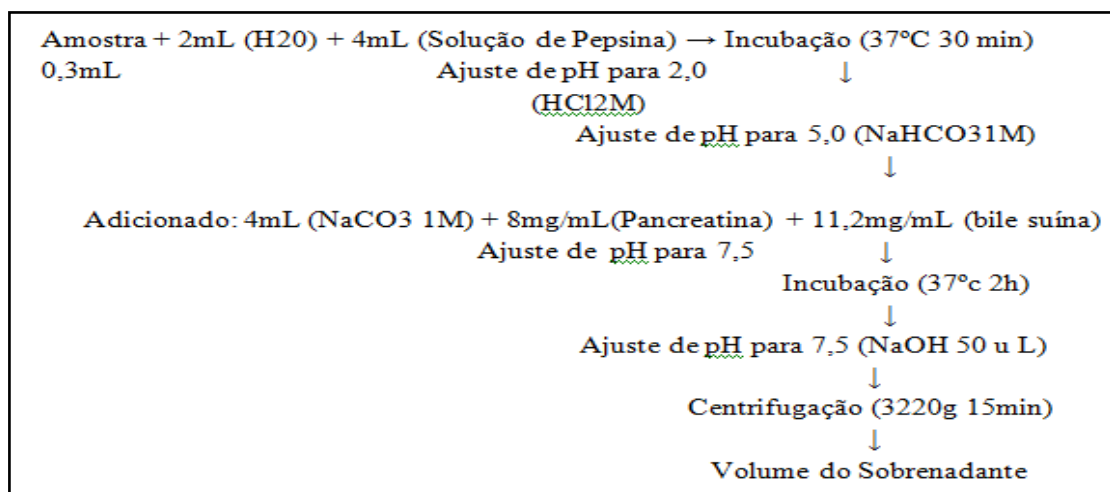
A atividade antioxidante pelo método ORAC, foi preconizada segundo Ou et al (2001), adaptado por Prioretal (2003) e teve a fluoresceína como molécula fluorescente. Previamente foram realizadas diluições do reagente fluoresceína com solução tampão de fosfato até obter a solução final. Também foi preparada uma solução de AAPH (2,2'-azinobis (2-amidinopropano) dihidroclorato) com solução tampão fosfato. A microplaca contendo 50

$\mu\text{L}$  de cada amostra foi adicionada 150 $\mu\text{L}$  de fluoresceína onde foi agitada e incubada por 15 minutos a 37°C, em seguida foram adicionados 50  $\mu\text{L}$  da solução AAPH, a microplaca contendo as amostras foi agitada e posteriormente realizada a leitura por 60 minutos. A atividade antioxidante ORAC foi expressa  $\mu\text{mol}$  de equivalente *trolox* por 100g de fruto ( $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$  defruto).

#### 4.2.6 Efeito da digestão (bioacessibilidade) sob o conteúdo de fenólicos totais e na atividade antioxidante do babaçu

Para a análise da bioacessibilidade do babaçu, foi desenvolvido protocolo *in vitro*, adaptado de Mendes (2013) simulando a digestão gástrica e no intestino delgado (Fase 1), seguida de uma etapa de digestão mimetizando a hidrólise por enzimas bacterianas presentes no intestino grosso (Fase 2).

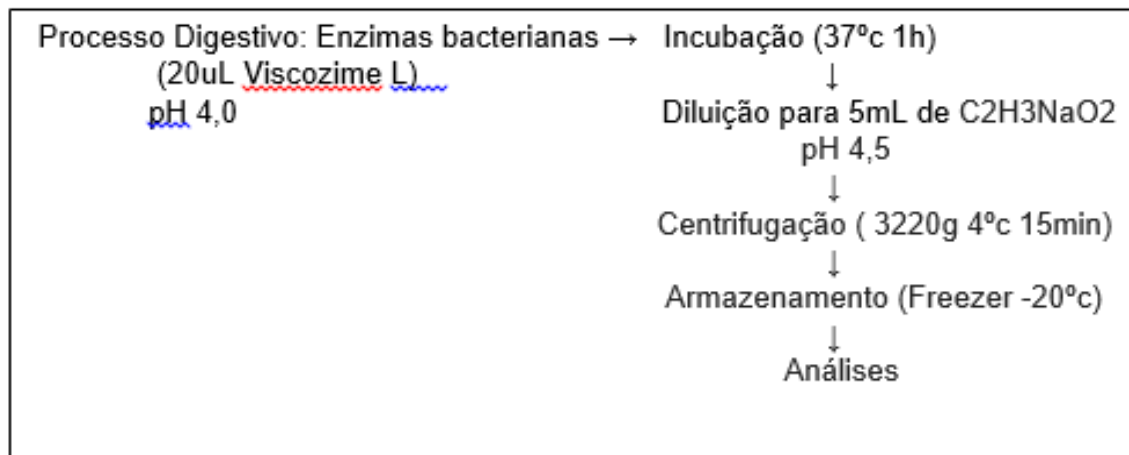
**Fase 1:** a simulação da digestão gástrica e no intestino delgado foi adaptada a partir do método publicado por Yonekura et al. (2009). Foram pesados 0,3g de amostra seca e adicionados 2 ml de água Mili-q e 4 ml de solução de pepsina dissolvida em tampão fosfato (7,5 mg/mL) e o pH foi ajustado para 2,0 com HCl 2M. Os tubos foram tampados e incubados a 37°C por 30 minutos, com agitação (120 rotações/minuto). Após o período de incubação o pH foi ajustado para 5,0 utilizando 100  $\mu\text{L}$  de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) a 1M, e em seguida foram adicionados 4mL da solução de  $\text{NaHCO}_3$  (1M) com 8mg/mL de pancreatina e 11,2 mg/mL de bile suína. O pH foi ajustado para 7,5 e os tubos foram fechados com  $\text{N}_2$  e incubados a 37°C por 2 horas, com agitação. A solução foi novamente incubada a 37°C por 2 horas em estufa com agitação. Posteriormente foi realizado um novo ajuste de pH para 7,5, utilizando 50 $\mu\text{L}$  de hidróxido de sódio (NaOH) e as amostras foram centrifugadas a 3.220 g por 15 min sendo após esse período coletado o volume do sobrenadante, conforme mostra a Figura 09:



**Figura 09.** Esquema da simulação da digestão gátrica e no intestino delgado

**Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018

**Fase 2:** Para simular a biotransformação bacteriana no intestino grosso foi seguido modelo de Fogliano et al. (2011), com modificações. Após as amostras passarem pela fase 1, elas foram submetidas ao processo digestivo com enzimas bacterianas: 20 µL de Viscozyme L (pH 4,0) e incubação a 37 °C por 1 hora. Ao final do processo, a amostra foi diluída para 5 mL com solução tampão acetato de sódio (pH 4,5) e a fração bioacessível foi separada por centrifugação a 3220 g a 4 °C por 15 minutos e foram armazenadas em freezer a temperatura de - 20 °C até a realização das análises do teor de fenólicos totais, atividade antioxidante e identificação dos polifenóis por CLAE, como mostra a Figura 10.



**Figura 10.** Esquema da biotransformação bacteriana no intestino grosso.

**Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018

#### 4.2.7 Identificação dos Compostos Fenólicos do babaçu por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência)

Os extratos e as frações de ácidos fenólicos do babaçu (mesocarpo e amêndoa) foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) de acordo com Pereira et al. (2004) e Tiberti et al. (2007).

As análises de CLAE foram realizadas em equipamento (modelo LC20AT, marca Shimadzu), com injetor automático SIL- 20AC, controlador CBM- 20A, forno de coluna CTO-20A e detector de arranjo de diodos SPD-M20A. Acoluna utilizada foi Shim- Pack VP- ODS-2 (25cm x 0,6 cm, com partícula de 5µm, marca Shimadzu) e fase estacionária de C18.

Utilizou-se como fase móvel ácido trifluoroacético 0,1% (v/v) em água deionizada,

como eluente A e acetonitrila, como eluente B. Antes do início da análise, o sistema foi equilibrado com uma mistura de 9,5: 0,5 dos eluentes A e B, respectivamente. A programação do gradiente foi a seguinte: 5% de B (10 minutos), 5-100% de B (40 minutos), 100 % de B (5 minutos) e 5% de B (5 minutos). A temperatura do forno foi mantida a 35°C e o fluxo do eluente foi mantido em 1 mL min<sup>-1</sup> durante a análise. A detecção foi realizada entre 190 e 400 nm.

Para validação do método foram utilizados como parâmetros de validação os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), a repetibilidade das áreas dos picos dos compostos fenólicos, por meio de dez replicatas das amostras e a sua recuperação.

O limite de detecção foi calculado como a concentração mínima capaz de fornecer um sinal cromatográfico três vezes maior do que o sinal de ruído. O limite de quantificação foi calculado como a concentração mínima capaz de proporcionar um sinal cromatográfico de cinco vezes maior do que o sinal do ruído. A recuperação dos compostos fenólicos foi analisada, em triplicata, por adição de concentrações do padrão semelhante às encontradas nas amostras analisadas.

Foram utilizados os padrões de compostos fenólicos da Sigma: quercetina, catequina, ácido clorogênico, apigenina, epicatequina, ácido caféico, ácido gálico, ácido vanílico, ácido transcinâmico, ácido protocateico, ácido para-hidroxibenzoico, ácido ferúlico, ácido benzoico, ácido salicílico, ácido o-cumárico, ácido para-cumárico, ácido sináptico, ácido gentísico, ácido quínico e ácido elágico.

#### 4.3 Tratamento dos Dados

Neste trabalho os resultados foram expressos em média  $\pm$  desvio-padrão. Para análise dos resultados foi utilizado o programa estatístico Graph Pad Prisma versão 5.0, para cálculo da análise de variância (ANOVA) e aplicação do teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5% ( $p < 0,05$ ).



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Fenólicos totais e atividade antioxidante nos extratos e frações do babaçu

Os resultados da atividade antioxidante e dos polifenóis nos diferentes extratos testados neste estudo para o mesocarpo e amêndoa do babaçu podem ser vistos na Tabela 01, todos os solventes utilizados extraíram compostos fenólicos o que refletiu em boa atividade antioxidante, destacando-se a água como melhor solvente extrator.

**Tabela 01.** Avaliação dos polifenóis totais e da atividade antioxidante nos extratos aquoso, etanólico e acetônico do mesocarpo e amêndoa do babaçu.

	Extrato	Fenólicos totais (mg/100g)	ORAC ( $\mu\text{M}$ ET/g)	TEAC/g
Mesocarpo de babaçu	aquoso	632,4 $\pm$ 5,19 <sup>c</sup>	193,47 $\pm$ 1,90 <sup>c</sup>	36,27 $\pm$ 1,27 <sup>c</sup>
	etanólico	69,96 $\pm$ 0,82 <sup>b</sup>	15,02 $\pm$ 1,62 <sup>b</sup>	4,25 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup>
	acetônico	48,48 $\pm$ 3,08 <sup>a</sup>	1,36 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	1,07 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>
Amêndoa de babaçu	aquoso	64,78 $\pm$ 1,65 <sup>c</sup>	23,60 $\pm$ 2,89 <sup>c</sup>	27,23 $\pm$ 1,44 <sup>b</sup>
	etanólico	12,59 $\pm$ 2,18 <sup>a</sup>	13,82 $\pm$ 1,03 <sup>b</sup>	0,31 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
	acetônico	59,53 $\pm$ 1,89 <sup>b</sup>	1,32 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,31 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>

a,b,c Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018.

Pelos dados mostrados na Tabela 01, percebe-se que o processo de extração utilizando solventes diferentes possibilitou a determinação de compostos fenólicos em quantidades variadas para a amêndoa e mesocarpo do babaçu. Os compostos fenólicos têm polaridade elevada podendo ser extraídos dos alimentos por diversos solventes com polaridades diferentes como metanol, etanol, acetona, água, acetato de etila, propanol, dimetilformaldeído e suas combinações (ANGELO; JORGE, 2007).

A extração de compostos fenólicos de produtos naturais é fortemente influenciada pelo solvente utilizado na extração (LUZIA et al., 2010). PÉREZ- JIMENEZ et al. (2008) ressaltaram que, para a eficiência do processo de extração, deve-se utilizar uma extração exaustiva, utilizando-se soluções de solventes com diferentes polaridades, de modo a extrair

compostos com diferentes estruturas químicas.

Em relação ao teor de fenólicos totais encontrados tanto no mesocarpo como na amêndoa do babaçu foram diferentes estatisticamente ( $P < 0,05$ ), o extrato aquoso foi o que apresentou maior poder extrator e o mesocarpo apresentou  $632,4 \pm 5,19$  mg/100g, já na amêndoa foi encontrado  $64,78 \pm 1,65$ mg/100g de fenólicos totais, portanto o mesocarpo apresenta cerca de 10 vezes mais polifenóis que a amêndoa. O fato da água ter apresentado o maior poder extrator, pode sugerir que a maior parte dos compostos fenólicos tanto do mesocarpo quanto da amêndoa apresentam maior polaridade, portanto, são mais hidrossolúveis. Esses resultados são corroborados por Wu et al. (2004) que estudaram o teor de polifenóis em frutas consumidas nos Estados Unidos e perceberam que a fração hidrofílica possuía uma quantidade maior de compostos fenólicos quando comparados com a fração lipofílica.

Comparando-se os resultados dos polifenóis obtidos no mesocarpo do babaçu com outras matrizes alimentares percebe-se que Vieira et al. (2011) obtiveram no extrato aquoso de acerola ( $835 \pm 3,44$ mg.100g); Sousa (2012) quantificou  $392,17 \pm 3,33$ mg/100g no extrato aquoso de jamelão e Rocha (2015) alcançou resultados de  $405,8 \pm 6,01$ mg/100g no extrato aquoso do juá, portanto, demonstrando que o extrato aquoso do babaçu possui um significativo teor de polifenóis ( $632,4 \pm 5,19$ mg/100g).

Em relação aos teores de fenólicos totais encontrados na amêndoa, constatou-se, que assim como no mesocarpo, a água obteve maior poder de extração com  $64,78 \pm 1,65$ mg/100g, esses resultados foram próximos aos verificados por Abe et al. (2010), ao analisar o extrato aquoso de castanhas, ( $50,0 \pm 3,0$  mg/100g) e pinhão cru ( $87,0 \pm$  mg/100g) demonstrando que os fenólicos totais da amêndoa do babaçu estão próximos aos de outras de amêndoas tradicionalmente consumidas.

Destacaram-se ainda os extratos etanólico do mesocarpo com  $69,96 \pm 0,82$ mg/100g e o extrato acetônico da amêndoa com  $59,53 \pm 1,89$ mg/100g de fenólicos totais.

Quanto à capacidade antioxidante total (TEAC-ABTS), o extrato aquoso apresentou melhor atividade antioxidante tanto no mesocarpo ( $36,27 \pm 1,27$  TEAC/g) como na amêndoa ( $27,23 \pm 1,44$  TEAC/g) diferente estatisticamente dos demais extratos ( $p < 0,05$ ), dados estes maiores do que os teores determinados por Kuskoski et al, 2005 nos extratos aquosos do maracujá ( $7,1 \pm 0,2$ g TEAC/g) e da goiaba ( $8,2 \pm 0,4$ g TEAC/g) e por Rocha (2015) no juá ( $17,3 \pm 1,91$  TEAC/g). Os extratos etanólico e acetônico tanto do mesocarpo quanto da amêndoa apresentaram baixa atividade antioxidante pelo radical ABTS.

Na capacidade antioxidante pelo método ORAC (*Oxygen Radical Absorbance*

*Capacity*), os valores obtidos foram estatisticamente diferentes nos três extratos testados tanto no mesocarpo quanto na amêndoa ( $p < 0,05$ ). No extrato aquoso de ambas as partes mesocarpo (193,47  $\mu\text{Mol/g}$ ) e amêndoa (23,6  $\mu\text{Mol/g}$ ) os teores foram maiores que os determinados por Rocha (2015) no juá (16,15  $\mu\text{Mol/g}$ ). Em relação ao extrato etanólico os valores encontrados no mesocarpo (15,0  $\mu\text{Mol/g}$ ) e na amêndoa (13,82  $\mu\text{Mol/g}$ ) foram menores que o encontrado por Souza (2014) na vinagreira (45,76).

O teste antioxidante ORAC é o método oficial adotado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), bem como de vários países europeus, pois neste ensaio utiliza-se o radical livre peróxido, o mesmo produzido no interior do organismo humano, portanto os resultados *in vitro* refletem possíveis efeitos *in vivo*. O USDA, inclusive mantém uma Tabela de Composição de Antioxidantes on line utilizando este método no qual ranqueia os alimentos com os maiores teores ORAC, onde as especiarias são os destaques como o cravo, canela e orégano com valores ORAC acima 1.000  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g (Wu et al., 2004).

Entre as frutas avaliadas por esses autores, destacam-se o morango (445  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g). Todas as outras frutas avaliadas apresentaram valor ORAC abaixo de 100  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g: abacate (79  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g), maçã gala (27,9  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g), caju (35  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g) e tangerina (16  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g). No presente trabalho, os valores ORAC obtidos para o extrato aquoso do mesocarpo do babaçu foi de 193,47  $\pm$  1,90  $\mu\text{mol}$  de Trolox/g. Comparando-se os resultados deste trabalho com os obtidos por Wu et al. (2004), pode-se considerar o mesocarpo do babaçu como um alimento de expressiva atividade antioxidante, apontando uma evidência científica para seu uso popular como agente antioxidante.

Após a extração dos compostos fenólicos podem ser realizadas diversas análises que têm por objetivo, além de quantificar os compostos fenólicos, avaliar a capacidade antioxidante dos extratos. É imprescindível ter conhecimento que a atividade antioxidante dos extratos produzidos não depende somente da presença e concentração de compostos fenólicos, mas também da metodologia de extração aplicada (HERNANDÉZ-HERNADÉZ et al., 2009).

Estudos indicam que a correlação entre fenólicos totais e a capacidade antioxidante pode depender do método escolhido e também das características hidrofóbicas ou hidrofílicas do sistema teste e dos antioxidantes testados (ROESLER et al., 2007). Neste estudo observando a Tabela 01 constatou-se que os compostos hidrofílicos (extrato aquoso) foram majoritários o que refletiu em sua maior capacidade antioxidante pelos dois testes utilizados.

Na Tabela 02 constam os resultados dos fenólicos totais e da atividade antioxidantes para as diferentes frações de ácidos fenólicos do mesocarpo e amêndoa do babaçu.

**Tabela 02.** Teor de Polifenóis e da atividade antioxidante das frações purificadas de ácidos fenólicos do mesocarpo e amêndoa do Babaçu.

	Fração	Fenólicos totais (mg/g)	ORAC ( $\mu$ M ET/g)	TEAC/g
Mesocarpo de babaçu	AFL	141,1 $\pm$ 0,61 <sup>a</sup>	73,68 $\pm$ 3,69 <sup>c</sup>	18,39 $\pm$ 0,35 <sup>b</sup>
	AFS	453,4 $\pm$ 2,81 <sup>c</sup>	30,56 $\pm$ 1,81 <sup>a</sup>	24,33 $\pm$ 1,86 <sup>c</sup>
	AFI	240,5 $\pm$ 3,14 <sup>b</sup>	56,93 $\pm$ 1,13 <sup>b</sup>	13,44 $\pm$ 1,13 <sup>a</sup>
Amêndoa de babaçu	AFL	107,7 $\pm$ 10,0 <sup>a</sup>	50,41 $\pm$ 7,71 <sup>a</sup>	2,67 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>
	AFS	409,7 $\pm$ 9,2 <sup>c</sup>	55,63 $\pm$ 8,65 <sup>a</sup>	28,33 $\pm$ 2,33 <sup>c</sup>
	AFI	321,5 $\pm$ 3,06 <sup>b</sup>	55,28 $\pm$ 6,78 <sup>a</sup>	23,72 $\pm$ 0,92 <sup>b</sup>

AFL = ácidos fenólicos livres, AFS = ácidos fenólicos solúveis, AFI = ácidos fenólicos insolúveis. a, b,c Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018.

Dentre as frações de ácidos fenólicos, a que mais se destacou foi a solúvel (AFS) tanto no mesocarpo (453,4 $\pm$ 2,81mg/g) como na amêndoa do babaçu (409,7 $\pm$ 9,2mg/g), na mesma houve um maior teor de fenólicos totais que diferiu estatisticamente das demais frações ( $p < 0,05$ ). Resultado este que discorda do obtido por Adom, Sorrells e Liu(2003),os quais verificaram que o conteúdo fenólico nas frações AFL e AFI foi 2,5 a 5,4 vezes maiores que o teor de ácidos fenólicos solúveis (AFS) em grãos detrito.

As frações de ácidos fenólicos do mesocarpo e da amêndoa do babaçu apresentaram de uma forma geral valores TEAC estatisticamente maiores ( $p < 0,05$ ) aos extratos estudados. Isso pode ser devido ao potencial redox dos compostos fenólico individuais e suas propriedades estruturais,tais como nível de hidroxilação e extensão de conjugações (ROCKENBACH et al, 2011).

Em relação à capacidade antioxidante pelo método ABTS no mesocarpo a fração solúvel (AFS) foi a que obteve maior atividade antioxidante (24,33  $\pm$  1,86 mM trolox/g), resultado menor determinado por Vieira (2011) (62,09  $\pm$  0,43 mM trolox/g) ao avaliar essa

mesma fração no mesocarpo do babaçu e por Soares et al (2008) na maçã Gala (57,36 mM trolox/g), enquanto que na amêndoa do babaçu o valor da fração solúvel (28,33±0,92 mMtrolox/g) foi bem acima ao encontrado por Vieira (2011).

Quanto à capacidade antioxidante pelo método ORAC, no mesocarpo houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre as três frações fenólicas, destacando-se a AFL com  $73,68 \pm 3,69 \mu\text{Mtrolox/g}$  porém na amêndoa os valores obtidos das frações não apresentaram diferenças significativas estatisticamente, variando entre  $50,41 \pm 7,71$  a  $55,63 \pm 8,65 \mu\text{Mtrolox/g}$  (AFL e AFS, respectivamente).

## 5.2 Identificação dos Compostos fenólicos presentes nos extratos e frações do babaçu

**Tabela 03.** Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nos extratos aquoso, etanólico e acetônico do mesocarpo do babaçu, resultados expressos em  $\mu\text{g/g}$  de amostra fresca.

Compostos identificados	Extratos fenólicos ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Aquoso	Etanólico	Acetônico
Ácido elágico	$1,26 \pm 0,2^{b,A}$	$1,68 \pm 0,3^{b,A}$	$1,66 \pm 0,2^{b,A}$
Catequina	$0,28 \pm 0,01^{a,A}$	$0,20 \pm 0,0^{a,A}$	$0,43 \pm 0,1^{a,A}$
Ácido vanílico	$0,19 \pm 0,01^a$	nd	nd
Quercetina	$0,4 \pm 0,02^{a,B}$	$0,21 \pm 0,0^{a,A}$	$0,55 \pm 0,1^{a,B}$

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão,  $n = 2$ , nd não detectado a, b,c,d Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

A,B,C,D Médias, na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ). **Fonte:**Dados da Pesquisa, 2018.

Na literatura consultada ainda não existe nenhum trabalho que relate a identificação dos polifenóis (ácidos fenólicos e flavonóides) no mesocarpo e ou na amêndoa do babaçu, portanto, esses resultados se mostram pioneiros na caracterização e identificação desses compostos bioativos, contribuindo para o conhecimento detalhado sobre essa matéria prima tão produzida no estado do Piauí e Maranhão.

Foram identificados (Tabela 03) os ácidos elágico, vanílico, catequina e quercetina no extrato aquoso do mesocarpo do babaçu, nos extratos acetônicos e etanólicos foram identificados os ácidos elágico, catequina e quercetina. Em todos os extratos destacou-se o

ácido elágico com maior concentração nos três extratos testados, diferentes estatisticamente em relação aos demais polifenóis encontrados ( $p < 0,05$ ). Rocha (2015), ao avaliar os compostos fenólicos presentes nos extratos aquoso, etanólico e acetônico do juá, também quantificou o ácido elágico como polifenol majoritário nos extratos testados. O ácido elágico, também foi encontrado em vários frutos como uva, romã, morango, goiaba, pequi etc.) e em nozes, como avelã e castanhado Pará (SHAHIDI et al., 2007; PINTO, LAJOLO; GENOVESE, 2008).

O ácido elágico tem se mostrado um agente anticancerígeno potente e um dos principais mecanismos pelos quais o ácido elágico propõe benefícios anticancerígenos é modulando o metabolismo das toxinas ambientais e, portanto, impedindo o início da carcinogênese induzida por esses produtos químicos (ZHANG et al., 1993). Hannum (2004) relatou que a aplicação tópica de ácido elágico demonstrou diminuir a incidência de câncer de pele induzido quimicamente em camundongos.

O ácido elágico, formado por duas moléculas de ácido gálico, também apresenta alta capacidade antioxidante, pois possui quatro hidroxilas livres, que podem reagir com os radicais livres (VATTEN, 2005).

Os resultados obtidos neste estudo (Tabela 3), fornecem uma visão importante do ácido elágico presente em teores consideráveis no mesocarpo do babaçu, desta forma, essa parte específica do babaçu deve ter seu consumo cada vez mais estimulado, pois além de apresentar esse composto, poderá ser inserido na alimentação de várias maneiras, pois um de seus subprodutos (farinha) é utilizada em diversas preparações como: vitaminas, molhos, mingaus, bolos, biscoitos, pudins.

De acordo com a Tabela 03, percebe-se que o ácido vanílico foi detectado somente no extrato aquoso e em uma concentração baixa ( $0,19 \pm 0,01 \mu\text{g/g}$ ). A catequina foi encontrada em concentrações que variaram de  $0,20 \pm 0,0$  a  $0,43 \pm 0,1 \mu\text{g/g}$  nos extratos etanólicos e acetônico, respectivamente, não havendo diferença estatística ( $p < 0,05$ ) para esse flavonóide nos extratos. Já a quercetina foi detectada em concentrações que variaram entre  $0,21 \pm 0,0$  a  $0,55 \pm 0,1 \mu\text{g/g}$  nos extratos etanólicos e acetônico, respectivamente, havendo diferença estatística ( $p > 0,05$ ). Destacando-se a maior concentração desse flavonóide no extrato acetônico.

A Catequina está presente de forma natural em alguns alimentos, principalmente no chá verde (*Camellia sinensis*) apresentam propriedades que atuam de forma benéfica em algumas doenças como a diabetes mellitus tipo 1, as cardiopatias, as infecções virais, as inflamações em doenças degenerativas e no envelhecimento. Em relação aos possíveis efeitos

benefícios das catequinas podem-se citar alguns estudos: Kurita et al (2010) encontraram uma redução da pressão arterial diastólica, Matsuyama et al (2008) relataram uma redução do IMC, circunferência da cintura, percentual de gordura corporal e aumento de massa magra.

A quercetina é encontrada em maçãs, cebolas, chá, brócolis e vinho tinto. Possuindo propriedades farmacológicas, tais como anti-inflamatória, anticarcinogênica (pois atua no sistema imunológico), antiviral, influencia na inibição de cataratas, anti-histamínicas (antialérgicas), cardiovascular, reduzindo o risco de morte por doenças das coronárias e diminuindo a incidência de infarto do miocárdio. Devido as suas propriedades benéficas à saúde, esses dois flavonóides já são amplamente comercializados na forma de cápsulas ou suplementos alimentares. No que diz respeito aos possíveis efeitos benéficos da quercetina, alguns estudos podem comprovar como Egert et al (2009) os quais utilizaram a quercetina di-hidratada em cápsulas e encontraram redução da pressão arterial sistólica e da concentração de LDL-oxidado, dados semelhantes aos encontrados por Edwards et al (2007), que utilizaram quercetina em cápsulas e detectaram redução da pressão arterial sistólica e diastólica.

Na Tabela 04 consta a identificação dos polifenóis encontrados nos extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do babaçu. Foram identificados os mesmos polifenóis presentes no mesocarpo (ácido elágico, vanílico, catequina e quercetina), sendo ainda identificado e quantificado o flavonóide epicatequina somente no extrato aquoso e foi o polifenol quantificado em maior concentração ( $4,38 \pm 0,3 \mu\text{g/g}$ ) entre todos identificados ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 04.** Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nos extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do babaçu, resultados expressos em  $\mu\text{g/g}$  por grama de amostra fresca.

Compostos identificados	Extratos fenólicos ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Aquoso	Etanólico	Acetônico
Ácido elágico	$1,35 \pm 0,2^{a,A}$	$0,54 \pm 0,1^{a,B}$	$0,51 \pm 0,1^{a,B}$
Quercetina	Nd	$0,82 \pm 0,02^a$	$0,46 \pm 0,1^a$
Catequina	$2,52 \pm 0,2^b$	nd	nd
Epicatequina	$4,38 \pm 0,3^c$	nd	nd
Ácido vanílico	$1,88 \pm 0,1^{a,b}$	nd	nd

Valores expressos como media  $\pm$  desvio padrão, n =2; nd não detectado

a, b,c,d Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ). A,B,C,D Médias, na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ). **Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018.

Souza (2014), ao avaliar extratos fenólicos da vinagreira, também determinou a epicatequina como flavonóide majoritário no extrato aquoso. A epicatequina é um derivado da catequina e possui as mesmas propriedades bioativas da catequina, sendo muito obtido em cacão, café e chás (EFRAIM et al, 2011).

Nos extratos etanólico e acetônico, entre os compostos identificados (ácido elágico e quercetina) não houve diferença estatisticamente significativa.

Nos dados relacionados à comparação entre colunas (diferentes extratos), observa-se que para o ácido elágico houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre os extratos etanólico, acetônico e aquoso, este último apresentou maior concentração ( $1,35 \pm 0,2$   $\mu\text{g/g}$ ). O ácido elágico possui a capacidade de minimizar significativamente a indução de câncer de pulmão, fígado, pele e intestino, possuindo ainda efeito anticarcinogênico e antimutagênico contra uma variedade de carcinógenos, incluindo nitrosaminas, micotoxinas e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (SZAEFER et al, 2003). Em relação aos outros compostos identificados não houve diferença estatisticamente significativa entre os extratos utilizados.

A partir dos resultados obtidos sugere-se que na amêndoa do babaçu o extrato aquoso foi o mais eficiente na extração dos compostos identificados. Alguns compostos são solúveis apenas em solventes orgânicos, outros, como é o caso das formas glicosiladas dos polifenóis são solúveis em água e existem ainda os grandes polímeros, que são totalmente insolúveis (TIVERON, 2010).

Diante do exposto acima, ressalta-se a importância de outros alimentos, além do chá verde, que contêm catequinas e epicatequinas como a vinagreira e no caso específico desse estudo, a amêndoa do babaçu, fato este que valoriza-a na medida em que estudos mostram a relação das catequinas e seus derivados com a redução do colesterol do plasma, redução na taxa de absorção do colesterol intestinal e aumento da excreção fecal do colesterol, bem como na diminuição da solubilidade vesicular do colesterol, por meio da interação com a fosfatidilcolina (KOBAYASHI, 2014).

Pelo explicitado na Tabela 04, percebe-se que os resultados mostrados são extremamente relevantes, pois demonstram a presença desses compostos especificamente na amêndoa do babaçu, podendo esta ser utilizada como ingrediente na formulação de vários produtos como pães, macaráo e biscoitos, valorizando de certa forma, um produto típico,



regional e ainda pouco estudado.

Nas Tabelas 05 e 06 estão ilustrados os resultados da identificação por CLAE dos ácidos fenólicos presentes nas frações purificadas do mesocarpo e amêndoa de babaçu. Foram identificados os ácidos fenólicos elágico, gálico, p- cumárico, sináptico, trans cinâmico e caféico, tanto no mesocarpo quanto na amêndoa, destacando-se o ácido elágico como composto majoritário em todas as frações.

Os teores de ácido elágico variaram de  $126,8 \pm 10,9 \mu\text{g/g}$  a  $168,5 \pm 15,2 \mu\text{g/g}$  nas frações AFS e AFI do mesocarpo, não sendo diferentes estatisticamente. Já na amêndoa os teores variaram de  $122,1 \pm 12,2 \mu\text{g/g}$  a  $167,7 \pm 16,9 \mu\text{g/g}$  nas frações AFI e AFS, também não sendo diferentes estatisticamente. Cotejando os resultados deste estudo aos obtidos por Lima (2008), ao quantificar ácidos felólicos na polpa e amêndoa do pequi, onde esse autor obteve teores médios de  $30 \mu\text{g/g}$  para as frações AFL, AFS e AFI, constata-se que tanto o mesocarpo quanto a amêndoa do babaçu são mais ricos nesses ácidos fenólicos.

Vários estudos já foram realizados com o ácido elágico puro ou extraído de alimentos, nos quais se observaram potentes efeitos desse ácido fenólico na prevenção de uma série de doenças crônicas não transmissíveis e na manutenção da homeostase dos organismos estudados. Vattene Shetty (2005), em uma extensa revisão sobre as funções biológicas do ácido elágico, relataram que o referido composto pode atuar como antimutagênico, pela modulação do metabolismo de toxinas, levando à inibição das enzimas de fase I, que são responsáveis pela metabolização de xenobióticos; como anticarcinogênico, inibindo a ligação do carcinógeno ao DNA; como potente inibidor das enzimas DNA topoisomerases; como hepatoprotetor, em animais intoxicados por tetracloreto de carbono; na diminuição da peroxidação lipídica e no aumento da expressão da enzima glutatona peroxidase.

No mesocarpo e na amêndoa do babaçu, o ácido elágico esteve presente em maior concentração em todos os extratos e/ou frações estudados, o que aponta o babaçu como uma fonte potencial desse ácido fenólico e justifica a elevada atividade antioxidante encontrada nos dois métodos testados neste estudo.

**Tabela 05.** Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nas frações de ácidos fenólicos livres, solúveis e insolúveis do mesocarpo do babaçu, resultados expressos em  $\mu\text{g/g}$  de amostra seca.

Compostos identificados	Frações fenólicas ( $\mu\text{g/g}$ )		
	AFL	AFS	AFI
Ácido trans cinâmico	$3,08 \pm 0,4^{\text{a,A}}$	$5,22 \pm 0,3^{\text{a,B}}$	$4,23 \pm 0,4^{\text{a,A}}$

Ácido cafeico	0,44 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	0,48 ± 0,03 <sup>a,A</sup>	nd
Ácido sináptico	1,11 ± 0,2 <sup>a,A</sup>	1,01 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	0,63 ± 0,02 <sup>a,A</sup>
Ácido p-cumárico	3,50 ± 0,2 <sup>a,B</sup>	3,26 ± 0,2 <sup>a,B</sup>	2,63 ± 0,2 <sup>a,A</sup>
Ácido elágico	164,9 ± 12,4 <sup>b,A</sup>	126,8 ± 10,9 <sup>b,A</sup>	168,5 ± 15,2 <sup>b,A</sup>

Valores expressos como média ± desvio padrão, n =2, nd não detectado a, b,c,d Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% (p<0,05). A,B,C,D Médias, na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% (p<0,05). **Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018.

É conhecido que os teores de ácido elágico livre costumam ser baixos nos frutos, sendo detectadas quantidades maiores quando ocorre a hidrólise dos extratos e ou frações fenólicas, havendo a quebra dos elagitaninos presentes (BEATTIE, CROZIER, DUTHIE,2005).

Foram ainda detectados teores expressivos dos ácidos trans- cinâmico e p-cumárico tanto no mesocarpo quanto na amêndoa.

**Tabela 06.** Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes nas frações de ácidos fenólicos livres, solúveis e insolúveis da amêndoa do babaçu, resultados expressos em µg/g de amostra seca.

Compostos identificados	Frações fenólicas (µg/g)		
	AFL	AFS	AFI
Ácido trans cinâmico	4,87 ± 0,3 <sup>a,B</sup>	4,98 ± 0,4 <sup>a,B</sup>	2,43 ± 0,2 <sup>a,A</sup>
Ácido cafeico	0,21 ± 0,02 <sup>a,A</sup>	nd	0,37 ± 0,01 <sup>a,A</sup>
Ácido sináptico	1,39 ± 0,2 <sup>a,B</sup>	0,46 ± 0,1 <sup>a,A</sup>	0,69 ± 0,02 <sup>a,A</sup>
Ácido p-cumárico	2,63 ± 0,2 <sup>a,B</sup>	2,66 ± 0,2 <sup>a,B</sup>	1,53 ± 0,2 <sup>a,A</sup>
Ácido elágico	158,2 ± 11,4 <sup>b,A</sup>	167,7 ± 16,9 <sup>b,A</sup>	122,1 ± 12,2 <sup>b,A</sup>

Valores expressos como média ± desvio padrão, n =2, nd não detectado<sup>a, b,c,d</sup> Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% (p<0,05).A,B,C,D Médias, na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% (p<0,05). **Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018.

### 5.3 Efeito da Digestão *in vitro* no teor de polifenóis, proantocianidinas e atividade antioxidante no extrato aquoso do babaçu

Na Tabela 07 estão apresentados os resultados obtidos da digestão *in vitro* (bioacessibilidade) dos fenólicos, proantocianidinas totais e atividade antioxidante

(ORAC/TEAC-ABTS) do extrato aquoso do babaçu(mesocarpo e amêndoa) antes e após a simulação da *digestão in vitro*. Foi realizado o teste de bioacessibilidade somente com o extrato aquoso, tendo em vista ter sido o melhor extrato testado, conforme resultados ilustrados nas Tabelas 01 e 02, além da água não ser tóxica para as enzimas digestivas e esse extrato simular um possível consumo do alimento de forma natural.

**Tabela 07.** Efeito da digestão *in vitro* no teor de fenólicos totais, proantocianidinas totais e atividade antioxidante por ORAC e TEAC ABTS do extrato aquoso do mesocarpo e amêndoa do babaçu.

Amostra		Fenólicos Totais (mg/100g)	Proantocianidinas (mg/g)	ORAC ( $\mu$ M ET/g)	TEAC/g
Mesocarpo de babaçu	Antes da digestão	632 $\pm$ 5,29 <sup>a</sup>	4,55 $\pm$ 0,57 <sup>b</sup>	193,47 $\pm$ 7,54 <sup>b</sup>	36,27 $\pm$ 1,27 <sup>b</sup>
	Após digestão 1	1360 $\pm$ 21,70 <sup>b</sup>	3,87 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	260,33 <sup>c</sup>	109,25 $\pm$ 13,31 <sup>c</sup>
	Após digestão 2	633,04 $\pm$ 6,6 <sup>a</sup>	3,31 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	64,34 $\pm$ 2,12 <sup>a</sup>	5,69 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup>
Amêndoa de babaçu	Antes da digestão	647 $\pm$ 1,44 <sup>b</sup>	0,18 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	23,60 $\pm$ 2,89 <sup>a</sup>	27,23 $\pm$ 1,65 <sup>b</sup>
	Após digestão 1	1175 $\pm$ 8,48 <sup>c</sup>	2,15 $\pm$ 0,20 <sup>b</sup>	83,18 <sup>b</sup>	105,99 $\pm$ 4,32 <sup>b</sup>
	Após digestão 2	157,89 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	2,40 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	40,75 $\pm$ 5,60 <sup>a</sup>	0,83 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>

a,b,c,d Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ). **Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018.

Em relação ao teor de fenólicos totais do mesocarpo, os teores indicam que antes da digestão (632 $\pm$ 5,29mg.100g) e na fase 1 (1360 $\pm$ 21,70mg.100g) houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), com aumento expressivo dos mesmos na referida fase, resultado este semelhante ao verificado por Mendes (2013) ao avaliar a bioacessibilidade de diferentes extratos de guaraná em pó, na qual obteve um relevante aumento na bioacessibilidade dos compostos fenólicos na fase 1, assim como Souza (2014) ao avaliar a bioacessibilidade dos polifenóis presentes no cálice e folhas de vinagreira, verificou aumento no teor dos mesmos na fase 1, Rocha (2015) ao avaliar a bioacessibilidade de polifenóis naturalmente presentes no juá obteve resultado semelhante e estudo realizado por

Chandrasekara e Shanildi(2012) detectou aumento dos polifenóis no fruto e folhas do caqui, devido às condições bioquímicas da fase intestinal.

O aumento significativo do teor de polifenóis do babaçu (mesocarpo e amêndoa) na fase 1 sugere que o processo de digestão por meio de enzimas digestivas (pepsina e pancreatina) foi capaz de afetar benéficamente o teor de polifenóis, indicando que os compostos fenólicos foram bioacessíveis nessa fase. Além disso, os resultados mostram que os compostos fenólicos presentes no referido fruto resistiram ao processo de digestão, ou seja, não houve redução e sim aumento considerável deste ao final dessa fase, os polifenóis se encontravam associados a parede celular do vegetal e a ação dos sucos e enzimas digestivas, possivelmente rompeu essa barreira natural e liberou esses compostos (MENDES,2013).

Quanto à fase 2, observa-se por meio dos resultados mostrados na Tabela 07 que no mesocarpo (antes da digestão e após a fase 2 não houve diferença estatisticamente significativa, já que o teor de polifenóis nessa fase diminuiu, assemelhando-se ao valor inicial, anterior à digestão. Na amêndoa percebe-se que antes da digestão e ao final da fase 2 houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), pois ao final dessa fase o teor de polifenóis diminuiu consideravelmente, num valor bem abaixo do anterior à digestão. Resultado esse semelhante ao de Rocha (2015), no qual avaliou a bioacessibilidade de polifenóis naturalmente presentes no juá, assim como Tenore et al. (2003), os quais avaliaram a bioacessibilidade de polifenóis nas variedades da maçã anurca e Correa- Betanzo et al. (2014), que avaliaram a bioacessibilidade dos polifenóis no mirtilo.

A fase 2 da digestão ocorre no intestino grosso, onde são liberados os resíduos de polifenóis que não foram digeridos na fase 1. A digestão pela microbiota do intestino grosso, de modo geral, ocorre de forma mais lenta quando comparada ao intestino delgado, fato esse que possivelmente explica o baixo teor de polifenóis encontrado nesse estudo. Ainda em relação à diminuição do teor de polifenóis após a fase 2, provavelmente após a ação da ViscozymeL, uma porção de polifenóis pode ter se complexado com macronutrientes como proteínas e carboidratos presentes na fração de materiais insolúveis refletindo na redução do seu teor (FOGLIANO et al.,2011).

No que diz respeito às proantocianidinas pode-se afirmar que no mesocarpo do babaçu houve diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ), pois houve redução no teor das mesmas após a digestão na fase 1 e após a fase 2 em relação ao valor inicial, anterior à digestão. Na amêndoa ocorreu diferença estatisticamente significativa entre as fases e aumento significativo no teor das proantocianidinas após as fases 1 e 2 da digestão em relação ao valor da fase anterior à digestão, resultado esse semelhante ao encontrado por

Kamiloglu e Capanoglu (2013), os quais avaliaram a bioacessibilidade de polifenóis em figos frescos e secos ao sol e Ortega et al. (2009), que avaliaram a bioacessibilidade de polifenóis no cacau, fato este que pode ser explicado devido à hidrólise de proantocianidinas com alto grau de polimerização submetidos à ação de enzimas digestivas. De acordo com os dados mostrados, sugere-se que as proantocianidinas foram mais bioacessíveis na amêndoa do babaçu, na medida em que houve aumento do teor no decorrer das fases da digestão. Muitos efeitos biológicos associados às proantocianidinas são localizados no trato digestório, protegendo a mucosa de danos oxidativos e carcinógenos, de forma a não depender da ocorrência de hidrólise e absorção (PRIOR, GU, 2005).

Além dos efeitos benéficos após absorção, os polifenóis também podem exercer um importante papel protetor no trato gastrointestinal. Por isso a avaliação da atividade antioxidante após a ação das enzimas é uma importante informação, já que essa capacidade antioxidante pode proteger as células do trato digestório contra danos oxidativos e câncer (TAGLIAZUCCHI et al., 2010).

Em relação aos resultados mostrados dos métodos de avaliação de capacidade antioxidante (ORAC e TEAC) no mesocarpo e amêndoa do babaçu pode-se afirmar que em ambos houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre as três fases, havendo aumento ao final da fase 1 e diminuição ao final da fase 2, resultado este semelhante ao obtido por Souza (2014), ao analisar a atividade antioxidante do cálice e folhas da vinagreira utilizando a mesma metodologia aplicada deste estudo, encontrou aumento da atividade antioxidante ao final da fase 1 e diminuição ao final da fase 2, assim como Rocha (2015), ao avaliar atividade antioxidante do extrato aquoso do juá.

Resultados discordantes ao deste estudo foram verificados por Antunes (2012) ao avaliar chás de flor de camomila e flor de laranjeira, onde obteve uma redução no teor de polifenóis ainda na fase 1 da digestão.

Lemos (2013) também detectou teores reduzidos após a simulação da digestão *in vitro* de polifenóis totais na fase 1 ao avaliar três variedades de maçãs produzidas em Portugal. Estes trabalhos evidenciam que os resultados podem diferenciar devido à grande diversidade de compostos antioxidantes presentes nos diversos alimentos, ao tipo de antioxidante e também a sensibilidade dos compostos aos solventes e reagentes utilizados.

Halliwell (2007) ressaltou que a relevância da ação antioxidante dos polifenóis é verificada principalmente no trato gastrointestinal, onde se encontram em concentrações mais elevadas (na faixa de milimolar). De acordo com esse autor o trato gastrointestinal é constantemente exposto a espécies reativas, portanto, os polifenóis teriam papel antioxidante

importante agindo como sequestradores de radicais livres ou mesmo evitando sua formação. O autor ressalta ainda que a dieta rica em ferro característicos povos ocidentais promove um aumento na excreção de ferro pelas fezes que pode ocasionar danos oxidativos no cólon e no reto, portanto o estudo da atividade antioxidante após a ação das enzimas digestivas é uma importante informação, já que essa capacidade antioxidante pode proteger as células do trato gastrointestinal contra danos oxidativos provocados pelo ferro antes mesmo da absorção pelas células intestinais (TAGLIAZUCCHI et al.,2010).

#### 5.4 Identificação dos Compostos fenólicos (por CLAE) presentes no extrato aquoso do mesocarpo e amêndoa do babaçu após digestão *in vitro*

Nas Tabelas 08 e 09 constam os resultados dos compostos fenólicos identificados no extrato aquoso do mesocarpo e amêndoa do babaçu antes e após a simulação da digestão *in vitro*. De acordo com os dados apresentados não se observa um comportamento linear entre os compostos identificados, pois alguns compostos aumentaram sua concentração com a digestão, outros diminuiriam sua concentração e alguns não foram mais identificados após digestão. Essa diversidade se dá provavelmente pela variedade de polifenóis, bem como a forma como podem ser encontrados nos alimentos (aglicona ou glicosilado) além do efeito dos sucos enzimas digestivas sobre esses polifenóis (MENDES,2013).

**Tabela 08.** Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes no extrato aquoso após digestão *in vitro* (bioacessibilidade) do mesocarpo do babaçu, resultados expressos em  $\mu\text{g/g}$  de amostra fresca.

Compostos identificados	Extratos fenólicos ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Aquoso	Digerido I	Digerido II
Ácido elágico	$1,26 \pm 0,2^{\text{b,A}}$	$13,13 \pm 0,5^{\text{b,B}}$	$3,24 \pm 0,2^{\text{a,C}}$
Catequina	$0,28 \pm 0,01^{\text{a,A}}$	$6,54 \pm 0,0^{\text{a,b,C}}$	$0,88 \pm 0,1^{\text{a,B}}$
Ácido vanílico	$0,19 \pm 0,01^{\text{a,B}}$	$0,10 \pm 0,0^{\text{a,A}}$	$0,1 \pm 0,0^{\text{a,A}}$
Quercetina	$0,4 \pm 0,02^{\text{a}}$	nd	nd
Ácido p-cumarico	Nd	$14,03 \pm 1,1^{\text{b,B}}$	$3,19 \pm 0,2^{\text{a,A}}$
Epicatequina	Nd	$40,2 \pm 3,8^{\text{c,A}}$	$29,61 \pm 2,3^{\text{b,A}}$

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, n =2, nd não detectado a, b,c,d Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5%

( $p < 0,05$ ). A,B,C,D Médias, na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p < 0,05$ ). **Fonte:**Dados da Pesquisa, 2018.

O ácido elágico e a catequina (Tabela 08) foram liberadas pelos sucos e enzimas digestivas aumentando sua concentração nas fases 1 e 2, principalmente na fase 1, onde o ácido elágico aumentou de  $1,26 \pm 0,2 \mu\text{g/g}$  (antes da digestão) para  $13,13 \pm 0,5 \mu\text{g/g}$  (fase 1). O ácido elágico é um bifenol pertencente à classe dos taninos hidrolisáveis com elevada capacidade antioxidante, formado por duas moléculas de ácido gálico e nos alimentos normalmente se encontram presos na parede celular, os sucos digestíveis possivelmente liberam esse ácido fenólico da matriz do babaçu o que refletiu em seu aumento na fase 1. Esses resultados são corroborados pelos dados da Tabela 07, onde constatou-se que os polifenóis e a atividade antioxidante aumentou significativamente na fase 1.

Comportamento inverso foi visto para a catequina que foi degradada completamente e pelo ácido vanílico que foi degradado parcialmente pela ação dos digestiva. Já o ácido p-cumárico e a epicatequina que não foram identificados no extrato aquoso antes da digestão e foram detectados após a fase 1 e 2, demonstrando que o processo digestivo pode liberar compostos polifenóis presos a parede celular do vegetal ou conjugados a outros compostos.

Em relação aos resultados apresentados, sugere-se que no mesocarpo do babaçu após o processo de digestão, o extrato aquoso aumentou o seu teor de polifenóis na fase 1 e reduziu na fase 2., fato este que sugere uma diminuição da bioacessibilidade desses compostos identificados após a segunda etapa da digestão,o que pode ser devido às diferenças entre os compostos,pois uns são mais bioacessíveis na fase gástrica e outros na fase intestinal, por diferenças enzimáticas, já que a quantidade de polifenóis alimentares bioacessíveis pode diferir quantitativa e qualitativamente, dependendo da composição do próprio material alimentar e dos tratamentos de processamento que sofreu (HITHAMANI & SRINIVASAN,2014).

Pelos resultados mostrados na Tabela 08, percebe-se que os teores de ácido elágico no mesocarpo mostraram-se mais expressivos após a fase 1 da digestão, fato este que valoriza essa parte do babaçu por apresentar tal composto, o qual tem sido demonstrado em vários estudos ações benéficas como antioxidante, antimutagênica e anti-inflamatória (WOOD et al., 1982; KAUR et al., 1997; LOARCA-PINA et al., 1998; KHANDUJA et al. 1999).

Deve ser mencionado também que o aumento significativo dos teores desse ácido fenólico após a digestão *in vitro* foi no extrato aquoso, o qual assemelha-se com as condições do nosso organismo, reforçando ainda mais a importância do consumo do mesocarpo do

babaçu a fim de obter as ações benéficas desse fitoquímico funcional.

Na Tabela 09 são elencadas as concentrações dos polifenóis identificados por CLAE antes e após a digestão *in vitro* no extrato aquoso da amêndoa do babaçu. O comportamento do processo digestivo sobre os polifenóis na amêndoa foi distinto ao do mesocarpo do babaçu, pois o processo digestivo aumentou a concentração de todos os polifenóis.

**Tabela 09.** Identificação e quantificação dos compostos fenólicos presentes no extrato aquoso após digestão *in vitro* (bioacessibilidade) da amêndoa do babaçu, resultados expressos em  $\mu\text{g/g}$  de amostra fresca.

Compostos identificados	Extratos fenólicos ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Aquoso	Digerido I	Digerido II
Ácido elágico	$1,35 \pm 0,2^{\text{a,A}}$	$3,60 \pm 0,1^{\text{a,C}}$	$2,30 \pm 0,1^{\text{a,B}}$
Ácido gálico	Nd	$4,21 \pm 0,02^{\text{a,B}}$	$1,64 \pm 0,1^{\text{a,A}}$
Catequina	$2,52 \pm 0,2^{\text{b,A}}$	$13,34 \pm 1,3^{\text{a,B}}$	$1,89 \pm 0,1^{\text{a,A}}$
Epicatequina	$4,38 \pm 0,3^{\text{c,A}}$	$61,67 \pm 4,5^{\text{b,C}}$	$20,38 \pm 2,1^{\text{b,B}}$

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão,  $n=2$ , nd não detectado a, b,c,d Médias, na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p<0,05$ ). A,B,C,D Médias, na mesma linha, seguidas de letras diferentes, diferem estatisticamente entre si em nível de 5% ( $p<0,05$ ). **Fonte:** Dados da Pesquisa, 2018.

Sobre os resultados mostrados na Tabela 09 para a amêndoa do babaçu, pode-se afirmar que no extrato aquoso houve aumento significativo ( $P<0,05$ ) da concentração dos polifenóis com a digestão para os seguintes compostos: ácido elágico, catequina e epicatequina, com destaque para a catequina que antes da digestão foi quantificado  $4,38 \pm 0,3 \mu\text{g/g}$  e após a fase 1, aumentou para  $61,67 \pm 4,5 \mu\text{g/g}$ .

Já o ácido gálico que não foi identificado no extrato aquoso antes da digestão, foi quantificado nas fases 1 e 2, com destaque para a fase 1 com  $4,21 \pm 0,02 \mu\text{g/g}$ . O ácido gálico, nesse caso, possivelmente se originou da quebra do ácido elágico pelas enzimas digestivas.

A epicatequina, mesmo tendo seu teor reduzido na fase 2 da digestão (diminuição da bioacessibilidade), foi o composto que mais se destacou na amêndoa do babaçu, a qual atua como antioxidante direto (degradando os radicais livres) e indireto (aumentando a expressão de enzimas antioxidantes), bem como pode ser considerada agente antitumorígeno e imunomodulatório (CRESPY; WILLIAMSON, 2004).

De acordo os resultados mostrados na Tabela 09, observa-se que os polifenóis



catequina e epicatequina aumentaram seus teores após a fase 1 da digestão, sugerindo-se que o processo digestivo liberou esses compostos da matriz alimentar principalmente no extrato aquoso, fato este que engrandece o produto em estudo, mais precisamente a amêndoa, pois estes compostos como já mencionados, estão relacionados com redução do colesterol e degradação dos radicais livres.

Nos últimos 30 anos os polifenóis receberam atenção dos cientistas em todo o mundo, tendo sido publicado uma infinidade de trabalhos que visaram principalmente a caracterização dos alimentos quanto ao teor e tipo de polifenol presente, bem como os solventes com maior poder extrator. Entretanto, os estudos mais recentes têm apontado que os polifenóis presentes no alimento nem sempre apresentam capacidade para suportar as diversas etapas da digestão e absorção, portanto chegam intactos aos tecidos alvos onde devem atuar como antioxidantes.

As vias metabólicas de digestão e absorção dos polifenóis ainda não foram completamente elucidadas, e alguns estudos têm apontado que a biodisponibilidade dos polifenóis dependem de uma série de fatores, como: tipo de alimento, solvente de extração, forma química em que se encontra, bem como tipo de tratamento térmico e ou conservação desse alimento, que influirão na concentração final e por conseguinte em sua real presença nos tecidos alvos. Assim são importantes os trabalhos que visam quantificar a bioacessibilidade e biodisponibilidade desses polifenóis nos diversos alimentos.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo permitem inferir que:

- ✓ O extrato aquoso foi o que apresentou maior poder extrator de polifenóis tanto no mesocarpo como na amêndoa do babaçu, o que refletiu em sua maior atividade antioxidante, nos dois métodos utilizados (TEAC-ABTS e ORAC). Evidenciando-se que os compostos fenólicos dessa fruta apresentam maior polaridade, portanto são mais hidrossolúveis;
- ✓ A fração de ácidos fenólicos solúveis (AFS) tanto do mesocarpo quanto da amêndoa do babaçu apresentou maior teor de fenólicos totais. Já em relação à atividade antioxidante houve variação de acordo com a fração e/ou teste antioxidante utilizado;
- ✓ O processo de digestão *in vitro* elevou o teor de fenólicos totais na fase 1 da digestão e diminuí após a fase 2, em ambas as partes do babaçu (mesocarpo e amêndoa);
- ✓ Quanto ao teor de proantocianidinas foi verificado que no mesocarpo houve diminuição no teor das mesmas após as fases 1 e 2 da digestão, já na amêndoa houve aumento no final da fase 1 e diminuição no final da fase 2 nos dois métodos (ORAC e TEAC);
- ✓ Dos compostos fenólicos presentes no extrato aquoso do mesocarpo do babaçu após *digestão in vitro*, os mais bioacessíveis foram o ácido elágico e epicatequina, os quais tiveram seus teores aumentados ao final da fase 2. Na amêndoa, a epicatequina foi o composto que mais se destacou, mesmo tendo seu teor diminuído após a fase 2, tornando-se menos bioacessível após essa fase.
- ✓ Foram identificados nos extratos do mesocarpo do babaçu os seguintes compostos fenólicos: ácido elágico, catequina, ácido vanílico e quercetina, sendo o ácido elágico o que apresentou maior teor, especificamente no extrato aquoso. Na amêndoa, foram identificados o ácido elágico, quercetina, catequina, epicatequina e ácido vanílico, sendo a epicatequina o composto que apresentou maior teor.
- ✓ Em relação aos compostos fenólicos nas frações do mesocarpo e amêndoa do babaçu, foram identificados os seguintes ácidos fenólicos: trans cinâmico, caféico, sináptico, p-cumárico e elágico, sendo este último detectado em maior concentração, e em ambas as partes do fruto.

## 7 SUGESTÕES

- ✓ Sugere-se que estudos adicionais devam ser realizados com vistas à verificação da biodisponibilidade dos polifenóis do babaçu por meio do uso de cultura de células e/ou ensaios biológicos com animais de laboratório na tentativa de averiguar os teores que serão absorvidos;
- ✓ Faz-se necessário, também, outros estudos com amostras de babaçu de outras regiões do Brasil a fim de comparar com os valores obtidos e de verificar se as condições climáticas e de solo influenciam nos teores dos polifenóis, bem como em sua bioacessibilidade.

## REFERÊNCIAS

ABDALLA, D.S.P. Estresse oxidativo e alimentação. In: Tirapegui J (ed) **Nutrição: Fundamentos e aspectos atuais**. São Paulo: Atheneu. 2000: 179- 200.

ABE, Lucile Tiemi et al. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 254-259, 2010.

ADAMS, L. S.; SEERAM, N. P.; AGGARWAL, B. B.; TAKADA, Y.; SAND, D.; HEBER, D. Pomegranate juice, total pomegranate ellagitannins, and punicalagin suppress inflammatory cell signaling in colon cancer cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 980-985, 2006.

ADOM, K. K., SORRELLS, M. E., & Liu, R. H. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.7825–7834, 2003.

ALBIERO, D., et al. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **Acta Amazônia**, v.37, n.3, p.337-346, 2007.

ANDRADE, T.J.A.S; ARAÚJO, B.Q; CITÓ, A.M.G.L; da SILVA, J; SAFFI, J; RITCHER, M.F; FERRAZ, A.B.F. Antioxidant properties and chemical composition of technical Cashew Nut Shell Liquid (tCNSL). **Food Chemistry**, Barking, v. 126, p. 1044-1048, 2011.

ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 1-9, 2007.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Glossário de Definições Legais. Portaria nº- 3.916/MS/GM, de 30 de outubro de 1998. Disponível em [http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/glossario/glossario\\_b.htm](http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/glossario/glossario_b.htm)

ANTUNES, R.B. **Avaliação do efeito da digestão in vitro na capacidade antioxidante de infusões medicinais: Flor de Camomila e Flor de Laranjeira**. 2012. 67p. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Nova Lisboa. 2012.

AURA, A. M. *et al.* In vitro metabolism of anthocyanins by human gut microflora. **European Journal of Nutrition**, v. 44, p. 133–142, 2005.

BARROS, H. C. **Avaliação Biofarmacotécnica de potencial excipiente farmacêutico: pó de mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.)**, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas (PPGCF) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas. Teresina, 2011.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G.; Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabolismo**, v.53, p.646, 2009.

- BEATTIE, J.; CROZIER, A.; DUTHIE, G.G. Potential health benefits of berries. **Current Nutrition and Food Science**, v.1, p. 71-86, 2005.
- BENITO, P.; MILLER, D. Iron absorption and bioavailability: an updated review. **Nutrition Research**, v. 18, p. 581-603, 1998.
- BEZERRA, O.B. **Localização de postos para apoio ao escoamento de produtos extrativistas – um estudo de caso aplicado ao babaçu**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.
- BOUYAED, J., DEUBER, H., HOFFMANN, L., BOHN, T. Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following in vitro digestion vs. their native patterns. **Food Chemistry**, v.13, p. 1466–1472, 2011.
- BOUYAED, J; DEUBER, H; HOFFMANN, L; BOHN, T. Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following in vitro digestion vs. their native patterns. **Food Chemistry**, v.131, p.1466-1472, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Babaçu** : Attalea spp. MART. / Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília : MAPA/ACS, 24p, 2012.
- BOSSO, A.T; ENZWEILER, J. Ensaio para determinar a (Bio)disponibilidade de chumbo em solos contaminados: revisão. **Química Nova**, v.31, n.2, 2008.
- CARRAZZA, Luis Roberto; SILVA, Mariane Lima da; ÁVILA, João Carlos Cruz. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu**. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012.
- CHANDRASEKARA., N.; SHAHIDI, F. Antioxidativ potential of cashew phenolics in food and biological model sydtems as affected by roasting. **Food Chemistry**, v.129, p.1388-1396, 2012.
- CHUN, O.K; KIM, D; SMITH, N; SCHROEDER, D; HAN, J.T, LEE, C.Y. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. **Journal of Science of Food and Agriculture.**, v.85, n.10, p.1715-1724, 2005.
- CLIFFORD, M.N.; SCALBERT, A. Ellagitannins - nature, occurrence and dietary burden. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.80, p.1118-1125, 2000.
- COLES, L. T.; MOUGHAN, P. J.; DARRAGH, A. J. In vitro digestion and fermentation methods, including gas production techniques, as applied to nutritive evaluation of foods in the hindgut of humans and other simple stomach animals. **Animal Food Science and Technology**, v.123-124, part I, p. 421–444, 2005.
- COOREA BETANZO, J; ALLEN-VERCONE, E; MCDONALD, J; SCHROETER,

K;CORREDIG,M;PALIYATH,G.Stabilityandbiologicalactivityofwildblueberry (*Vaccinium angustifolium*) polyphenols during simulated *in vitro* gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v.165, n.15, p.522-531,2014.

COSTA, A. B.; CAMPOS, A. M.; SILVA, A. M. O.; MANCINI FILHO, J.; LIMA, A. Atividade antioxidante da polpa, casca e sementes do-noni (*Morinda citrifolia* Linn). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 345-354, 2013.

CRESPY, V; WILLIAMSON, G.A Review of the Health Effects of Green Tea Catechins in In Vivo Animal Models. **Journal of Nutrition**. v. 134, p.3431-3440, 2004.

CROZIER, A; DEL RIO, D.; CLIFFORD, M. N. Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 31, p. 446-467, 2010.

D'ARCHIVIO, M. et al. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. Review.**Annalidell'IstitutoSuperiore di Sanità**,v.43,n.4,p.348-361,2007.

D'ARCHIVIO M, FILESI,C; VARÌ,R;SCAZZOCCHIO,B;MASELLA, R. Bioavailability of the Polyphenols: Status and Controversis. **International Journal of Molecular Sciences**, v.11, p.1321-1342, 2010.

EDWARDS, R.L; LYON, T, LITWIN, S.E; RABOVSKY, A, SYMONS, J.D; J ALILI, T. Quercetin reduces blood pressure in hypertensive subjects. **Journal Nutrition**, v.137, n.11, p.2405-2411, 2007.

EFRAIM,P;ALVESA.B;JARDIM,D.C.P.Polyphenolsincocoaandderivatives: factors of variation and health effects. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.14, n.3, p.181-201,2011.

EGERT, S; Bösby-Westphal, A; Seiberl, J; Kürbitz, C; Settler, U; Plachta- Danielzik, S. Quercetin reduces systolic blood pressure and plasma oxidised low- density lipoprotein concentrations in overweight subjects with a high- cardiovascular disease risk phenotype: a double- blinded, placebo- controlled cross-over study. **British Journal of Nutrition**, v.102, n.7, p.1065-1074, 2009.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Babaçu: programa nacional de pesquisa**. Brasília, p. 23-26, 1984.

FALLER, A. L. K. e FIALHO, E. **Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil**. Revista de Saúde Pública, v43, n.2, p.211-8, 2009

FANARO, G. B. **Efeito da radiação ionizante em chás da planta *Camellia sinensis* irradiados com diferentes atividades de água**. 2013. 109 p. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. 2013.

FERNÁNDEZ-GARCIA, E.; CARVAJAL-LÉRIDA, I.; PÉREZGÁLVEZ, A. In vitro bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. **Nutrition Research**, v. 29, p. 751-760,2009.

FERREIRA, A. J. A. O Babaçu enquanto alternativa energética no Maranhão: possibilidades. **Ciências Humanas em Revista**, v. 3, n.2, 2005.

FERREIRA, I.C.F.R & ABREU, R.M.V. Stress oxidativo, antioxidantes e fitoquímicos. **Sociedade Portuguesa de Bioanalistas da Saúde**, v.2, p.32-39, 2007.

FOGLIANO V, COROLLARO ML, VIATGLIONE P, NAPOLITANO A, FERRACANE R, TRAVAGLIA F, ARLORIO M, et al. In vitro bioaccessibility and gut biotransformation of polyphenols present in the water-insoluble cocoa fraction. **Molecular Nutrition & Food Research**; v.55: p.1-12, 2011 .

FRAZÃO, J. M. F. **Projeto Quebra Coco: Alternativas econômicas para agricultura familiar assentadas em áreas de ecossistemas de babaçuais**. São Luís, EMAPA, 2001.

GAMA, J. J. T. **Efeito do processo de obtenção do catchup sobre seus compostos antioxidantes, capacidade sequestrante do radical DPPH• e cor.** – Dissertação, Araraquara, 169 f. 2008.

GIÃO, M.S., GOMES, S., MADUREIRA, A., R., FARIA, A., PESTANA, D., CALHAU, C., PINTADO, M.E., AZEVEDO, I., MALCATA, X. Effect of in vitro digestion upon the antioxidant capacity of aqueous extracts of *Agrimonia eupatoria*, *Rubus idaeus*, *Salvia sp.* and *Satureja montana*. **Food Chemistry**, v.131, p.761–767, 2011.

GIORI, F.P. **Adaptação de metodologia de digestão in vitro e determinação da bioaccessibilidade in vitro de  $\beta$ -caroteno em três variedades de batata doce de polpa alaranjada**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2010.

GRANATO, D. et. al. Assessing the association between phenolic compounds and the antioxidant activity of Brazilian red wines using chemometrics. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], p. 1-8, 2010.

HALLIWELL, B; GUTERIDGE, JMC. **Free radical in medicine an biology**. London; Claredon Press, p.453, 2000.

HALLIWELL, B. Dietary polyphenols: Good, bad, or indifferent for your health? **Cardiovascular Research**, v. 73, p. 341-347, 2007.

HAMINIUK, C. W. I. et al. Phenolic compounds in fruits – an overview. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 2023– 2044, 2012.

HANHINEVA, K; TÖRRONEN, R; BONDIA-PONS, I; PEKKINEN, J; KOLEHMAINNEN, M; MYKKÄNEN, H, et al. Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism. **International Journal of Molecular Sciences**, v.11, n.4, p.1365-402, 2010.

HANNUM, S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. **Crit. Rev. Food Science Nutrition** v. 44, p. 1-17, 2004.

HEBER, D. Multitargeted therapy of cancer by ellagitannins. **Cancerletters**, v.269, p. 262-268, 2008.

HERNANDÉZ- HERNANDÉZ, E; POBICHE- ALQUICIRA, E; JARAMILLO-FLORES, M.E; LEGARRETA, G.L. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. **Meat Science**, v.81, n.2, p.410-417, 2009.

HERVERT-HERNÁNDEZ, D; GARCÍA, O.P; ROSADO, J.L; GOÑI, I. The contribution of fruits and vegetables to dietary intake of polyphenols and antioxidant capacity in a Mexican rural diet: Importance of fruit and vegetable variety. **Food Research International**, v.44, n.5, p.1182-1189, 2010.

HITHAMANI, G; SRINIVASAN, K. Effect of domestic processing on the polyphenol content and bioaccessibility in finger millet (*Eleusine coracana*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*). **Food Chemistry**, p. 1-30, 2014.

HOLST, B., WILLIAMSON, G. Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. **Current Opinion in Biotechnology**, v.19, p. 73-82, 2008.

HORNERO-MÉNDEZ, D.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I. Bioaccessibility of carotenes from carrots: Effect of cooking and addition of oil. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, p. 407-412, 2007.

HORST, M. A.; LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de Compostos Bioativos de Alimentos. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. São Paulo: Ed Manole, cap. 36, p. 772-807, 2009

HUBER, K.; QUEIROZ, J. H. de.; MOREIRA, A. V. B. et al. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga ubá (*Mangífera incisa* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 1, n. 6, p. 640-654, 2012.

HUR, S. J. et al. In vitro human digestion models for food applications. **Food Chemistry**, v. 125, p. 1-12, 2011.

IBRAF – INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2010.

JARDINI, F.A. **Avaliação da atividade antioxidante da romã (*Punica granatum*, L.) – Participação das frações de ácido fenólicos no processo de inibição da oxidação**. 2005. 129 p. Dissertação (Mestrado em Bromatologia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

KAMILOGLU, S.; CAPANOGLU, E. Investigating the in vitro bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (*Ficus carica* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, p. 2621–2629, 2013.



- KAUR, C., KAPOOR, H. C. Review: Antioxidants in fruits and vegetables ± the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, p. 703-725, 1997.
- KHANDUJA, K.L., GANDHI, R.K., PATHANIA, V. and SYAL, N. Prevention of N-nitrosodiethylamine-induced lung tumorigenesis by ellagic acid and quercetin in mice. **Food Chemistry Toxicology**, v. 37, p.313– 318, 1999.
- KHOUZAM, R.B.; POHL, P.; LOBINSKI, R. Bioaccessibility of essential elements from white cheese, bread, fruit and vegetables. **Talanta**, v.86, p.425–428, 2011.
- KING, A.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v.99, n.2, p.213-218, 1999.
- KOBAYASHI, M; NISHIZAWA, M; INOUE, N; HOSOYA, T. Epigallocatechin Gallate Decreases the Micellar Solubility of Cholesterol via Specific Interaction with Phosphatidylcholine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, p.2881–2890, 2014
- KOK, T.M; VAN, BRED, S.G, MANSON, M.M. Mechanisms of combined action of different chemopreventive dietary compounds: A review. **European Journal Nutrition**, v.47, n.2, p.51-59, 2009.
- KRYGIER, K. et al. Free esterified and insoluble-bound phenolic acids 1-extraction and purification procedure. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 30, p. 330-334, 1982.
- KURITA, I; MAEDA-YAMAMOTO, M; TACHIBANA, H; KAMEI, M. Antihypertensive effect of Benifuuki tea containing O-Methylated EGCG. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.58; n.3, p.1903-1908, 2010.
- KUSKOSKI, E. Marta et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.4, p. 726-732, 2005.
- LANDETE J. M. Update Knowledge about Polyphenols: Functions, Bioavailability, Metabolism, and Health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 52, p. 936-948, 2012.
- LEMOS, F.S. **Avaliação da biodisponibilidade de compostos antioxidantes em variedades de maçã produzidas em Portugal**. 2013. 60p. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 2013.
- LIMA, A.D. **Caracterização química, avaliação da capacidade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Cariocar brasiliense*, Camb.)**. 2008. 182p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. 2008.
- LIMA, R. M. T. **Fruto da castanhola (*terminalia catappa* linn.): Compostos bioativos, atividade antioxidante e aplicação tecnológica**. Dissertação de Mestrado apresentada ao

Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí-UFPI, 2012.

LOARCA-PINA G., KUZMICKY P.A., DE MEJÍA E.G., KADO N.Y Inhibitory effects of ellagic acid on the directacting mutagenicity of aflatoxin B1 in the Salmonella microsuspension assay. **Mutat. Res.**, 398: 183–187., 1998.

LORENZI, H. **Flora brasileira Lorenzi: Arecaceae (palmeiras)**. 1 ed. São Paulo: Nova Odessa, 367p, 2010.

LOSSO, J. N.; BANSODE, R. R.; TRAPPEY, A.; BAWADI, H. A.; TRUAX, R. In vitro anti- proliferative activities of ellagic acid. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.15, n.11, p.672-678, 2004.

LUZIA, D. M. M. et al. Potencial antioxidante de extratos de sementes de limão (Citrus limon). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 489-493, 2010.

MANACH, C; Scalbert, A; Morand, C; Rémésy, C; Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal Clinical Nutrition**, v. 79, p.727-747, 2004.

MANACH, C. et al. A polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. **Current Opinion in Lipidology**, v. 16, p. 77-84, 2005.

MARTINS, C. R. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 28p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 164).

MAY,P.H.**Palmeirasemchamas:transformaçãoagráriaejustiçasocialnazona de babaçu**. São Luís, EMAPA/FINEP/Fundação Ford.240 pp,1990.

MATSUYAMA, T; TANAKA, Y; KAMIMAKI, I;NAGAO,T;TOKMITSU,I. Catechin safely improved higher levels of fatness, blood pressure, and cholesterol in children. **Obesity**, v.16, n.6, p. 1338-1348, 2008.

MELO, L. P., et al. **Análises físico-químicas do pão enriquecido com mesocarpo de babaçu**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa, 2007.

MENDES, T. M. N. **Bioacessibilidade dos compostos fenólicos e efeito dos nutrientes da dieta na capacidade antioxidante do guaraná (Paullinia cupana), sob condições in vitro**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – USP. 2013.

MILLER, H.E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, [s. l.], v. 48, p. 91, 1981.

NAMIKI, M.; Crit. Rev. **Food Science Nutrition**, 29, 273, 1990.

NIKI, E. Antioxidants and atherosclerosis. **Biochemical Society Transactions**, v.32, p. 156-9, 2004.

OOMEN, A. G.; HACK, A.; MINEKUS, M.; ZEIJDNER, E.; CORNELIS, C.; SCHOETERS, G.; VERSTRAETE, W.; WIELE, T. V.; WRAGG, J.; ROMPELBERG, C. J. M.; SIPS, A. J. M.; WIJNEN, J. H. V. Comparison of five in vitro digestion models to study the bioaccessibility of soil contaminants. **Environment Science and technology**, v. 35, n.36, p. 3326-3334, 2002.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, p.1231-1237, 1999.

RUBY, A.; DAVIS, T.E.; LINK, R.; SCHOOF, R.L.; CHANEY, G.B.; FREEMAN, B. Development of an in vitro screening test to evaluate the in vivo bioaccessibility of ingested mine-waste lead. **Environmental Science & Technology**, v.27, p. 2870–2877, 1993.

ORTEGA, N; REGUANT, J; RONERO, M.T. Effect of fat content on the digestibility and bioaccessibility of cocoa polyphenol by an in- vitro digestion model. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.49, p.4619-4626, 2001.

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

PEREIRA, C.; Y., J.H.; L., F.M.; W., J.N et al. A HPTLC densitometric determination of flavonoids from *Passiflora alata*, *P. eduli*, *P. incarnata* and *P. caerulea* and comparison with HPLC method. **Phytochemical Analysis**, v.15, n.4, p.241-8, 2004.

PÉREZ-JIMÉNEZ et al. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v. 41, n. 3, p. 274-285, 2008.

PETTI, S; SCULLY, C. Polyphenols, oral health and disease: A review. **Journal of Dentistry**; v.37, p. 413-423, 2009

PINTO, M.S.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Chemistry**, v.107, p.1629-1635, 2008.

PORTER LJ, HRTSTICH LN, CHAN BG. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidins and delphinidins. **Phytochemistry**, v.25, p.223–230, 1986.

PRIOR, R. L. Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.78, n.3, p.570-578, 2003.

PRIOR, R.L, HOANG, H GU, L; WU, X, BACCHIOCCA, M, HOWARD, L. Assays for Hydrophilic and Lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of Plasma and Other Biological and Food Samples. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v. 51: 3273-3279, 2005

QUIÑONES, M; MIGUEL, M; ALEIXANDRE, A. Beneficial effects of polyphenols on

cardiovascular disease. **Pharmacological Research**, v.68, n.1, p. 125-131, 2013.

RATNAM, D. V., ANKOLA, D. D., BHARDWAJ, V., SAHANA, D. K., RAVI KUMAR, M. N. V. Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. **Journal Control Release**. v. 113, p. 189-207, 2006.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.;

REIS, D.D **Estudo da composição nutricional e dos coeficientes de digestibilidade da farinha amilácea fina do babaçu determinada com suínos nas fases de crescimento e terminação**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2009.

RESEARCH, W. C. R. F. A. I. F. C. *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. **Washington DC: AICR**, 2007.

ROCHA, T.S. **Bioacessibilidade e atividade antioxidante dos polifenóis naturalmente presentes no juá (*Ziziphus joazeiro* M.)**. Dissertação(Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina,2015.

ROCKENBACH, Ismael Ivan et al. Phenolic compounds content and antioxidant activity in pomace from selected red grapes (*Vitis vinifera* L. and *Vitis labrusca* L.) widely produced in Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 127, p. 174-179, 2011.

RODRÍGUEZ-ROQUE, M. J., ROJAS-GRAÜ, M. A., ELEZ-MARTÍNEZ, P.; MARTÍN- BELLOSO, O. (2013). Changes in vitamin C, phenolic, and carotenoid profiles throughout *in vitro* gastrointestinal digestion of a blended fruit juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.8, p. 1859-1867, 2013.

ROESLER, R; MALTA, L.G; CARRASCO, L.C; HOLANDA, R.B; SOUSA, C.A.S; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.11, p.53-60, 2007.

ROVER, J.L, HÖEHR, N.F; KUBOTA, A.P.V.L.T. Sistema Antioxidante Envolvendo o Ciclo Metabólico da Glutathiona Associado a Métodos Eletroanalíticos na Avaliação do Estresse Oxidativo. **Química Nova**.v.24, n.1, p.112-119, 2001.

RUBY, M. V. et al. Advances in evaluating the oral bioavailability of inorganics in soil for use in human health risk assessment. **Environmental Science and Technology**, v. 33, p. 3697–3705,1999.

SACRAMENTO, C.K. et al. **Cajá (*Spondias mombin* L.)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 42 p. (Série Frutas Nativas), 2000.

SAURA-CALIXTO, F., SERRANO, J.; GOÑI, I. Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. **Food Chemistry**, v. 101, p. 492-501, 2007.

SCALBERT, A; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal Nutrition**, v. 130, p.2073-2085,2000.

- SCHNEIDER, C. D. et al. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 4, p. 308-313, 2004.
- SHAHIDI, F.; ALASALVAR, C.; LIYANA-PATHIRANA, C.M. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.4, p.1212-1220, 2007.
- SILVA, L. M. R., FIGUEIREDO, E. A. T., RICARDO, N. M. P. S., VIEIRA, I. G.P., FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I.M., et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398-404, 2014.
- SOARES, Marcia et al. Antioxidantes no bagaço de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 727-732, 2008.
- SOLER, Marcia Paisano et al. Tecnologia de quebra de coco babaçu (*Orbignya speciosa*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.4, p.717- 722, 2007.
- SOUSA, M. de M. **Compostos bioativos e atividade antioxidante do fruto e dolicordejamelão (*Syzygium cumini*)**. 2012. 116p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí. 2012.
- SOUZA, Anildes Iran Pereira. **Efeito do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*, *Arecaceae*) sobre a bioquímica sanguínea em animais com tumor Ehrlich**. 2008. 38 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.
- SOUZA, M.A.M. **Bioacessibilidade dos polifenóis naturalmente presentes na folha e no cálice da vinagreira (*Hibiscus Sabdariffa* L.)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.
- STOKER, R; KEANEY Jr, F. Role of oxidative modifications in atherosclerosis. **Physiology Revist**, v.84, p.1378-381, 2004.
- SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Punns domestica*. I- quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 19, p.63-68, 1959.
- SZAEFER, H.; JODYNIS-LIEBERT, J.; CICHOCKI, M.; MATUSZEWSKA, A.; BAER-DUBOWSKA, W. Effect of naturally occurring plant phenolics on the induction of drug metabolizing enzymes by o-toluidine. **Toxicology**, v.186, p.67- 77, 2003.
- TAGLIAZUCCHI, D., VERZELLONI, E., BERTOLINI, D., CONTE, A. In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. **Food Chemistry**, v.120, p.599–606, 2010.
- TAVARES, J.C. **Universalidade e singularidades do espaço transitório: um estudo a partir de quebraadeiras de coco babaçu/MIQCB e trabalhadores rurais sem terra /MST**

**no maranhão (1990 – 2000).** 2008. 362 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

TENORE, G.C; CAMPIGLIA, P; RITIENO, A; NOVELLINO, E. *In vitro* bioaccessibility, bioavailability and plasma protein interaction of polyphenols from Annurca apple (*M. pumila* Miller cv Annurca). **Food Chemistry**, v.141, p.3519-3524, 2003.

THOMAS, M.J. The role of free radicals and antioxidants. **Nutrition**, v.16, n.7/8, p.16- 18, 2000.

TIBERTI, L.A.; Y., J.H.; N., K.;H.,K. Identification of flavonols in leaves of *Maytenus ilicifolia* and *M. aquifolium* (Celastraceae) by LC/UV/MS analysis. **Journal of Chromatography B**, v.846, n.1, p.378-384, 2007.

TIVERON, A.P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil.** Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20102010-101541/pt-br.php>, 2010.

VANDENBROUCKE, I.D; VERICEL, E; JANIÉL, C; CARRERAS, M; LECOMTE M, LAGARDE, M. Dual regulation of glutathione peroxidase by docosahexaenoic acid in endothelial cells depending on concentration and vascular bed origin. **Free Rad Biol Med**, v.30, p.895-904, 2001.

VATTEN, D.A.; SHETTY, K. Biological functionality of ellagic acid: a review. **Journal of Food Biochemistry**, v.20, p.234-266, 2005.

VIEIRA, L.M. **Caracterização química e capacidade antioxidante in vitro do cocobabaçu (Orbignyaspiciosa).** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Alimentose Nutrição da Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2011.

VIEIRA, L. M., SOUSA, M. S. B., MANCINI-FILHO, J., LIMA, A. Fenólicos totais E capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

YANG, C. S. *et al.* Bioavailability issues in studying the health effects of plant polyphenolic compounds. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 52 Suppl 1, p. S139-51, 2008.

YONEKURA, L.; NAGAO, A. Soluble fibers inhibit carotenoid micellization *in vitro* and uptake by Caco-2 cells. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. In press. 2009.

WASSMANN, S; WASSMANN, K; NICKENIG, G. Modulation of oxidant and antioxidant enzyme expression and function in vascular cells. **Hypertension**, v.44, p.381-386, 2004.

WOOD, A.W., HUANG, M.T., CHANG, R.L., NEWMARK, H.L., LEHR, R.E., YAGI, H., SAYER, J.M., JERINA, D.M. and CONNEY, A.H. 1982. Inhibition of the mutagenicity of bay-region diol epoxides of polycyclic aromatic hydrocarbons by naturally occurring plant phenols: Exceptional activity of ellagic acid. **Proc. Natl. Acad. Sci.** v. 79, p.5513–5517, 1982.

WHO. **World Health Organization. Fruit and vegetable Promotion initiative report of the meeting**, p. 25-27, 2008.

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

ZHANG, J.W.; HAN, Y.; LAZAROW, P.B. Novel peroxisome clustering mutants and peroxisome biogenesis mutants of *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal Cellular Bioogical**, v.123, n.5, p.1133-47, 1993.

