



Ministério da Educação – MEC
Universidade Federal do Piauí - UFPI
Pró-Reitoria de Ensino e Pós-Graduação – PRPG
Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição - PPGAN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE E
CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL, FÍSICO-
QUÍMICA DA TORTA DA AMÊNDOA DO
BABAÇU (*Orbignya speciosa* MART.).**

Fhanuel Silva Andrade

Teresina
2023

Fhanuel Silva Andrade

**AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE E
CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL, FÍSICO-
QUÍMICA DA TORTA DA AMÊNDOA DO
BABAÇU (*Orbignya speciosa* MART.).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Área: Química, Bioquímica e Qualidade de Alimentos.

Orientador: Prof.^a Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros.

Co-Orientadora: Prof.^a Dra. Gabriela Almeida de Paula

Teresina
2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do CCS
Divisão de Representação da Informação

A554a Andrade, Fhanuel Silva.
Avaliação de toxicidade e caracterização nutricional, físico-química da torta da amêndoa do babaçu (*Orbignya speciosa* MART.) / Fhanuel Silva Andrade. – 2023.
102 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2023.
“Orientador: Prof.^a Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros”

1. *Orbignya speciosa* Mart. 2. Palmeira. 3. Amêndoa. 4. Resíduo agroindustrial.
5. Valor nutricional. I. Medeiros, Stella Regina Arcanjo. II. Título.

CDD 613.2

Elaborada por Fabíola Nunes Brasilino CRB 3/ 1014

Fhanuel Silva Andrade

**AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE E
CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL, FÍSICO-
QUÍMICA DA TORTA DA AMÊNDOA DO
BABAÇU (*Orbignya speciosa* MART.).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

DATA DA DEFESA: 02/ 06 /2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros
Orientadora/Presidente
ACESSO REMOTO

Prof^a. Dra. Jailane de Souza Aquino
1º Examinador
ACESSO REMOTO

Prof. Dr. Jurandy do Nascimento Silva
2º Examinador
ACESSO REMOTO

Prof^a. Dra. Joilane Alves Pereira Freire
1º Suplente
ACESSO REMOTO

Prof^a. Dra. Gabriela Almeida de Paula
Co-orientadora

**Saia do meu caminho/ Eu prefiro andar sozinho/Deixem que eu
decida a minha vida/ Não preciso que me digam de que lado nasce
o Sol/Porque bate lá meu coração... A felicidade é uma arma
quente.**

Belchior, Comentários a Respeito de Jhon.

**[...] Não há tempo que volte amor;
Vamos viver tudo que há pra viver;
Vamos nos permitir.
Lulu Santos, Tempos Modernos.**

AGRADECIMENTOS

Acredito que as coisas acontecem no momento certo. Do mesmo modo, acredito que o universo te retorna aqui que você oferece. E, acima de tudo acredito que existe uma força maior olhando por nós. Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter zelado meus passos e colocado em minha vida pessoas incríveis, as quais quero levar para sempre comigo.

Agradeço à minha Família meu alicerce de sempre. Ao amor incondicional da minha mãe, Expedita, meu pai Antonio, meus irmãos Phillipy e Fhulvio e a minha cunhada Leticia, por todo apoio, cuidado e amor. As minhas tias em especial Tia Dora e Avó Joana.

À professora, orientadora Dr.^a Stella Medeiros, pelos ensinamentos diários, dedicação, amor, cuidado e entrega por tudo que decide fazer. A co-orientadora Prof.^a Dr.^a Gabriela de Paula, pelos incentivos, paciência, disposição, ricos ensinamentos e preciosas contribuições. A Prof.^a Dr.^a Joilane Freire, por todo cuidado e dedicação desde o projeto até a finalização da pesquisa.

À Universidade Federal do Piauí, aos professores do Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), por todo conhecimento partilhado, as secretárias Luanna e Ianca por sempre estarem dispostas a ajudar no que estivesse ao alcance delas. Aos meus colegas da turma de mestrado 2021.1, em especial a Wenna Lima, Marillya Sousa e Joyce Lopes.

Ao Instituto Federal do Piauí em nome dos professores Vicente Galber, Mariana Moraes e Rosália Torres. Em especial ao Prof. Jurandy Silva por toda sua dedicação, disponibilidade e paciência durante a pesquisa assim como a técnica Poliana Sousa, os doutorandos Leandro Santos e Liduína Mendes.

À Embrapa Meio Norte, em especial ao professor Dr. Maurisrael Rocha, em especial ao técnico Duarte. E Embrapa Fortaleza em especial a professora Idila Araújo.

Aos professores Dr. João Marcelo Sousa, do Lapgenics e Dr. Paulo Michel Ferreira, do Labcancer, por disponibilizarem os laboratórios. Ao Rayran pela disponibilidade de sempre colaborar.

À Universidade Federal da Paraíba, em especial a Prof. Dr.^a Jailane Aquino por toda dedicação, paciência, incentivo em ajudar no desenvolvimento dessa pesquisa. À Januse Araújo, por disponibilidade e paciência para me ajudar. Ao Marcos Lima (IFPE-Sertão) e Ângela Cordeiro (UFPB) pela ajuda no laboratório e acompanhamento das análises.

Ao meu grande amigo/irmão Arthur e sua família Tia Elieuda, David e Fernanda que sempre me acolhem, principalmente em momentos de apreensão, já me sinto um filho. Obrigado por tudo, vocês são incríveis.

Aos meus amigos João Paulo, Mikaele, Joanna, Euriana, Samaritana, Isabela, Savina, Pollyanna, Karol, Natália e meu afilhado Sávio pelas palavras de incentivo, pelo ombro amigo e companheirismo.

Às meninas da Iniciação Científica Ruthe Carvalho e Shelda Maria, pelo carinho e companheirismo durante a execução das análises.

A CAPES, pela bolsa que me foi concedida. Mesmo passando por um momento de escuridão dentro da pesquisa nacional, ainda existem profissionais empenhados em manter o que de fato desenvolve uma nação, **a educação/pesquisa**.

Obrigado a todos aqueles que, direta ou indiretamente, auxiliaram de alguma forma para realização deste sonho.

RESUMO

O babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) é um fruto nativo brasileiro, advindo de uma *Palmae*. É um fruto com grandioso valor econômico e sustentável, além de ser um importante alimento em regiões do Brasil. A parte que possui maior valor comercial é sua amêndoa, dela extrai-se um óleo que é empregado na indústria de cosméticos e alimentação humana. Quando é extraído o óleo das amêndoas pelo método de prensagem obtém-se um resíduo denominado torta. Este resíduo gerado pelo fruto é pouco estudado quanto à sua composição nutricional para consumo humano. Como forma de elucidar uma futura aplicabilidade da torta de babaçu para fins alimentícios e consumo humano, este estudo objetivou realizar a avaliação da toxicidade e caracterização nutricional e físico-química da torta da amêndoa do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). Foram realizados os testes de toxicidade e citotoxicidade *in vitro* utilizando o bioindicador *Allium cepa*. Parâmetros físico-químicos e composição proximal: pH, acidez titulável total, umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos totais, valor energético total, açúcares, ácidos orgânicos. Também foi avaliado o perfil de ácidos graxos e de aminoácidos, bem como a quantificação de fibras dietéticas: alimentar, solúvel e insolúvel. Estudo quantitativo dos compostos bioativos existentes e da atividade antioxidante. Caracterização físico química (Difração de Raios X; Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier; Análise termogravimétrica). Nas avaliações de genotoxicidade, mutagenicidade e citotoxicidade *in vitro* e teste de *Allium cepa*, os resultados não apresentaram efeitos toxicogênicos e fraca atividade citotóxica de acordo os métodos aplicados. Os resultados obtidos através da composição proximal caracterizam-se pela alta densidade energética e de nutrientes, principalmente carboidratos (41,69%), lipídios (35,06%) e proteína (20,26%), os ácidos graxos que obtiveram resultados de maior expressividade foram os saturados, destaque para os ácidos láurico (36,66%) e mirístico (19,30%). É um material fonte de fibras, podendo ser benéfico no que se trata de quantidades recomendadas para um indivíduo adulto, o destaque fica para fibra dietética insolúvel (55,31g/100g). A amostra é uma fonte de aminoácidos vegetal destaque para leucina (1,11g). Dos compostos bioativos encontrados

destaque para a Procianidina B2 (3,05mg/100g). Nos testes de atividade antioxidante todos os três métodos obtiveram atividades, ABTS⁺ foi de 3,06 $\mu\text{mol Trolox} / 100\text{g}$, o DPPH• foi 16,90 $\mu\text{mol Trolox} / 100\text{g}$ e o FRAP 4,65 $\mu\text{mol FeSO}_4 / 100\text{g}$. Na caracterização físico química, na análise de difratograma foi identificado picos típicos de celulose podendo ser proveniente de fibras, localizado em $2\theta = 15,9^\circ$ a $34,2^\circ$, e outros picos ocorreram em regiões de $72,7^\circ$ e $88,5^\circ$, podendo ser de componentes inorgânicos. Na análise de espectroscopia de infravermelho os picos ocorrem nas regiões de $550 - 3700 \text{ cm}^{-1}$, indicando presença de carbonilas, carboxilas, fenóis, ésteres e polissacarídeos. Na análise térmica constatou-se que há uma preservação dos componentes nutricionais até a temperatura de 180°C . O presente estudo é pioneiro no que se trata da caracterização da torta de babaçu como fonte de alimento humana. Todavia, estudos futuros e aplicabilidades gastronômicas serão necessárias para obter-se formas adequadas para o desenvolvimento de produtos que possam ser consumidos pelo homem.

Palavras-chave: *Orbignya speciosa* Mart; palmeira; amêndoa; resíduo agroindustrial; valor nutricional.

ABSTRACT

Babassu (*Orbignya speciosa* Mart.) is a native Brazilian fruit, coming from a *Palmae*. It is a fruit with great economic and sustainable value, in addition to being an important food in regions of Brazil. The part that has the greatest commercial value is its almond, an oil is extracted from it that is used in the cosmetics and human food industry. When oil is extracted from almonds by the pressing method, a residue called babassu cake is obtained. This residue generated by the fruit is little studied regarding its nutritional composition for human consumption. As a way to elucidate the future applicability of babassu cake for food and human consumption, this study aimed to evaluate the toxicity and nutritional and physical-chemical characterization of babassu nut cake (*Orbignya speciosa*). *In vitro* toxicity and cytotoxicity tests were performed using the *Allium cepa* bioindicator. Physical-chemical parameters and proximal composition: pH, total titratable acidity, moisture, ash, lipids, proteins, total carbohydrates, total energy value, sugars, organic acids. The profile of fatty acids and amino acids was also evaluated, as well as the quantification of dietary fibers: food, soluble and insoluble. Quantitative study of existing bioactive compounds and antioxidant activity. Physical-chemical characterization (X-ray diffraction; Fourier transform infrared spectroscopy; Thermogravimetric analysis). In the evaluations of genotoxicity, mutagenicity and cytotoxicity *in vitro* and *Allium cepa* test, the results did not show toxicogenetic effects and weak cytotoxic activity according to the applied methods. The results obtained through the proximal composition are characterized by the high energy and nutrient density, mainly carbohydrates (41.69%), lipids (35.06%) and protein (20.26%), the fatty acids that obtained results from saturated acids were more expressive, especially lauric (36.66%) and myristic (19.30%) acids. It is a fiber source material, which can be beneficial in terms of recommended amounts for an adult individual, with emphasis on insoluble dietary fiber (55.31g/100g). The sample is a source of vegetable amino acids highlighted for leucine (1.11g). Of the bioactive compounds found, Procyanidin B2 (3.05mg/100g) stands out. In the antioxidant activity tests, all three methods obtained

activities, ABTS⁺ was 3.06 μmol Trolox/100g, DPPH• was 16.90 μmol Trolox/100g and FRAP 4.65 μmol FeSO₄/100g. In the physical-chemical characterization, in the diffractogram analysis, typical peaks of cellulose were identified, which may come from fibers, located at 2θ = 15.9° to 34.2°, and other peaks occurred in regions of 72.7° and 88.5°, which may be inorganic components. In the infrared spectroscopy analysis, the peaks occur in the regions of 550 – 3700 cm⁻¹, indicating the presence of carbonyls, carboxyls, phenols, esters and polysaccharides. In the thermal analysis it was verified that there is a preservation of the nutritional components until the temperature of 180°C. The present study is a pioneer in the characterization of babassu cake as a source of human food. However, future studies and gastronomic applicability will be necessary to obtain suitable forms for the development of products that can be consumed by man.

Keywords: *Orbignya speciosa* Mart; Palm tree; almond; agroindustrial waste; nutritional value.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Palmeira do coco babaçu (<i>Orbignya speciosa</i> Mart.).....	25
Figura 2	Cacho de coco babaçu (<i>Orbignya speciosa</i> Mart.).....	27
Figura 3	Fruto inteiro (a), fruto cortado (b), epicarpo (c), mesocarpo (d), endocarpo (e) e amêndoa (f).....	30
Figura 4	Processos de extração do óleo das amêndoas do babaçu.....	32
Figura 5	Processo de espremedura a frio da amêndoa do babaçu.....	33
Figura 6	Pó do torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i> Mart.)....	35
Figura 7	Fluxograma dos procedimentos gerais da pesquisa.....	39
Figura 8	Fluxograma para obtenção dos extratos para teste de <i>Allium cepa</i>	42
Figura 9	Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de Trolox em etanol frente ao radical DPPH.....	56
Figura 10	Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de Trolox em etanol frente ao radical ABTS ^{•+}	57
Figura 11	Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de sulfato ferroso frente ao radical FRAP ^{•+}	58
Figura 12	Gráficos do teste de citotoxicidade <i>in vitro</i> do extrato do torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>) em linhagem normal e tumorigênica determinada pelo ensaio MTT após 72 h de incubação.....	62

Figura 13	Difração de raios X da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i> Mart.).....	79
Figura 14	Espectros no infravermelho da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i> Mart.).....	80
Figura 15	Curvas TG/DrTGA da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i> Mart.).....	82
Quadro 1	Composição da amêndoa e torta do coco babaçu....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Screening de citotoxicidade <i>in vitro</i> do extrato da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>) em linhagem normal e tumorigênica determinada pelo ensaio MTT após 72 h de incubação.	62
Tabela 2	Avaliação de toxicidade, citotoxicidade e mutagenicidade de diferentes concentrações do extrato da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>) em células meristemáticas vegetais de <i>A. cepa</i> após 72h de tratamento.....	63
Tabela 3	Características físico-química, composição proximal (g/100g de amostra), valor energético total - VET e composição de Fibra Diária Alimentar - FDA da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).	64
Tabela 4	Aminograma da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	69
Tabela 5	Composição (%) de ácidos graxos presentes na torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	71
Tabela 6	Ácidos orgânicos e açúcares identificados na torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	73
Tabela 7	Composição de minerais (mg/100g de amostra seca) na torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>) e Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos.....	75
Tabela 8	Compostos bioativos e atividade antioxidante encontrados na torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	77
Tabela 9	Etapas de decomposição térmica da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
ABTS⁺⁺	2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-acido sulfônico)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATT	Acidez total titulável
BioMicS	Bioanalítica, Microfabricação e Separações
Ca	Cálcio
CaCl₂	Cloreto de Cálcio
Ceasa	Centrais Estaduais de Abastecimento
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CTDR	Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional
CN	Controle Negativo
CP	Controle Positivo
Cu	Cobre
DCFI	Sal sódico 2,6-diclorofenol indofenol
DMEM	Dulbecco's Modified Eagle Medium
DMSO	Sulfóxido de Dimetilo
DPPH[·]	2,2-difenil-1- picrilidrazil
DRX	Difração de Raios X
EE	Extrato Etéreo
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FDA	Fibra em Detergente Ácido

FDI	Fibra Dietética Insolúvel
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDS	Fibra Dietética Solúvel
FDT	Fibra Dietética Alimentar Total
Fe	Ferro
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power -
FTIR	Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier
H₂SO₄	Ácido Sulfúrico
HCl	Ácido Clorídrico
HClO₄	Ácido Perclórico
HNO₃	Ácido Nítrico
HPCL	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IDR	Ingestão diária recomendada
IFPI	Instituto Federal do Piauí
IM	Índice Mitótico
IQSC	Instituto de Química de São Carlos
K	Potássio
kcal	Quilocaloria
Kg	Quilograma
LabCancer	Laboratório de Cancerologia Experimental
LANEX	Laboratório de Nutrição Experimental
Lapgenics	Laboratório de Genética Toxicológica

Mg	Magnésio
mg	Miligrama
mL	Mililitros
mm	Milímetro
Mmol	Milimol
MM	Matéria Mineral
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MMS	Metilmetanosulfonato
Mn	Manganês
MS	Matéria Seca
MTT	[3-(4,5-dimetiltiazol- -2yl)-2,5-difenil brometo de tetrazolina]
NaOH	Hidróxido de sódio
NCI	Núcleo de Tecnologia Farmacêutica
P	Fósforo
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PB	Proteína Bruta
PBS	Tampão fosfato-salino
pH	Potencial hidrogeniônico
PTC	Feniltiocarbamida
Ppm	Parte por milhão
RDI	Diertary Reference Intakes
rpm	Rotação por minuto
Se	Selênio

SisGen	Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado
SSF	Simulação de Fluido Salivar
SST	Sólidos Solúveis Totais
TAC	Total de Alterações Cromossômicas
Tba	Torta de Babaçu
TR	Tamanho de Raiz
µL	Microlitros
TEAC	Capacidade antioxidante total equivalente ao Trolox
TGA/TG	Termogravimetria
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPI	Universidade Federal do Piauí
USP	Universidade de São Paulo
VET	Valor energético total
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
2 OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo Geral.....	24
2.2 Objetivos específicos.....	24
3 REVISÃO DE LITERATURA	25
3.1 Babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	25
3.2 Aproveitamento integral do babaçu e importância econômica.....	27
3.3 Coco babaçu.....	29
3.4 A amêndoa do babaçu.....	31
3.5 Torta da amêndoa de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>) e suas potencialidades.....	34
3.6 Principais nutrientes encontrados na torta de babaçu.....	36
4 METODOLOGIA	39
4.1 Obtenção do material para estudo.....	40
4.2 Local e período de estudo.....	40
4.3 Cadastro no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado – SisGen.....	41
4.4 Preparação da amostra.....	41
4.4.1 Secagem por condução para obtenção do pó.....	41
4.5 Testes de toxicidade.....	41
4.5.1 Elaboração do extrato para análise de <i>Allium cepa</i>	41
4.5.2 Teste <i>Allium cepa</i>	42
4.5.3 Citotoxicidade <i>in vitro</i>	44
4.6 Parâmetros físico-químicos e composição proximal.....	45
4.6.1 pH.....	45
4.6.2 Acidez Titulável Total (ATT).....	45
4.6.3 Umidade.....	46
4.6.4 Cinzas.....	46
4.6.5 Extrato etéreo (lipídios).....	47
4.6.6 Teor de Proteínas.....	47
4.6.7 Carboidratos Totais.....	48

4.6.8 Valor Energético Total (VET).....	49
4.6.9 Fibra Dietética Alimentar Total (FDT), Fibra Dietética Insolúvel (FDI) e Fibra Dietética Solúvel (FDS).....	49
4.6.10 Análise do perfil de aminoácidos.....	50
4.6.11 Ácidos Graxos.....	50
4.6.12 Ácidos Orgânicos e Açúcares.....	50
4.7 Análises dos minerais.....	51
4.7.1 Preparo da amostra.....	51
4.7.2 Determinação dos teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), manganês (Mn) e cobre (Cu).....	52
4.7.3 Determinação dos teores de potássio (k) e fósforo (P).....	52
4.7.4 Determinação dos teores de ferro (Fe), zinco (Zn).....	53
4.7.5 Determinação dos teores de selênio (S).....	53
4.8 Compostos bioativos.....	53
4.8.1 Perfil fenólico.....	53
4.8.2 Ácido ascórbico.....	54
4.8.3 Obtenção do extrato hidroalcoólico da torta de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>) para as análises de atividade antioxidante.....	55
4.8.4 Atividade antioxidante DPPH.....	55
4.8.5 Atividade antioxidante ABTS.....	56
4.8.6 Atividade antioxidante FRAP.....	57
4.9 Métodos de análises físico.....	58
4.9.1 Difração de raios X (DRX).....	58
4.9.2 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR).....	59
4.9.3 Análise termogravimétrica (TGA/DrTGA).....	59
4.10 Análises estatísticas.....	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
5.1 Avaliações de toxicidade.....	61
5.1.1 Citotoxicidade <i>in vitro</i>	61
5.1.2 Citogenotoxicidade <i>Allium cepa</i>	63
5.2 Caracterização físico-química, composição proximal, valor energético total – VET e composição de FDA da torta da amêndoa de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	63
5.3 Perfil de aminoácidos.....	68

5.4 Composição de ácidos graxos.....	71
5.5 Ácidos orgânicos e açúcares.....	73
5.6 Análises de minerais.....	74
5.7 Quantificação dos compostos bioativos e atividade antioxidante da torta da amêndoa de babaçu (<i>Orbignya speciosa</i>).....	76
5.8 Caracterização físico química	79
5.8.1 Difração de Raios X – DRX.....	79
5.8.2 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier – FTIR.....	80
5.8.3 Análise termogravimétrica – TG/DrTGA.....	81
6 CONCLUSÃO.....	84
PERSPECTIVAS FUTURAS	85
REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com destaque mundial devido a sua biodiversidade que, representa um potencial imensurável de uso, porém seu conhecimento ainda é restrito, negligenciado e não explorado de forma correta, gerando uma perda do que poderia ser aproveitada economicamente. A flora nativa brasileira ainda tem sua potencialidade obscura, ou seja, não está disponível em supermercados, feiras e apresenta pouco uso na culinária/gastronomia, geralmente seu consumo se dá apenas em comunidades que já se tem o hábito de consumi-lás^{1,2}.

Entre essas variedades de frutas, está o fruto babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.), que pertence à família *Palmae*, é uma palmeira nativa. Este gênero é composto por mais de 36 espécies diversas de palmeiras presentes na América Central e do Sul. Com grande representatividade na região de transição entre a Amazônia, o Cerrado e o semiárido nordestino com maior predominância na área de transição denominada Mata dos Cocais, nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins^{3,4}. A palmeira babaçu produz cachos de frutos, esses são constituídos em epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas. Essa sendo a parte que tem maior valor comercial é a amêndoa⁵.

O coco babaçu é um importante alimento que se utiliza integralmente suas partes, estando presente em várias áreas de produção, aplicado de diferentes formas, seja na indústria de alimentos ou cosmética. Ademais, os resíduos gerados pelo coco babaçu também são utilizados na agricultura por alguns produtores na alimentação animal, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil⁶.

Os produtos dos babaçuais são importantes para a econômica, social e ambientalmente porque fornecem renda para uma das camadas mais pobres da Amazônia por meio do sistema extrativista. O principal produto, o óleo de babaçu, é amplamente utilizado nas indústrias farmacêuticas, cosméticas, de biocombustíveis e alimentícias.^{4,7} A torta da amêndoa de babaçu é um resíduo agroindustrial, obtida no processo de extração do óleo quando é utilizado o método espremedura a frio. Porém existem poucos estudos

que avaliam a composição nutricional para fins alimentícios desse resíduo.

O aproveitamento integral é a utilização completa do alimento, incluindo partes não convencionais, que seriam naturalmente descartadas e transformadas em resíduos orgânicos. Tal prática de aproveitar integralmente o alimento reduz o desperdício e melhora consideravelmente a qualidade nutricional da dieta.

O aproveitamento de resíduos para o desenvolvimento de outros insumos amplia a cadeia de produção, aumenta a aplicabilidade de resíduos na biotecnologia, amplia a possibilidade de elaboração de novos produtos e reduz danos ambientais, a partir do controle no descarte de resíduos sólidos⁸. Portanto, a utilização de coprodutos é uma alternativa bastante viável para determinados tipos de insumos, porém ainda é pouco explorada pelas indústrias de alimentos no campo de desenvolvimento tecnológico de novos produtos⁹.

Vale destacar que buscar o aproveitamento de resíduos é oportunizar a busca para o desenvolvimento de coprodutos e gerar estratégias tecnológicas aplicáveis¹⁰. Dessa forma, é importante que a sociedade saiba cada vez aproveitar de forma inteligente todos os recursos da qual dispõe, dando novas finalidades para alimentos que antes seriam descartados.

A tendência atual na produção de alimentos pressupõe uma aplicação mais significativa de ingredientes de origem vegetal com, simultaneamente, melhor aproveitamento de toda a sua composição química. Nesse contexto, a aplicação da torta de babaçu permitirá aproveitar todo o potencial nutricional, componentes exploráveis que podem contribuir para os benefícios à saúde associados ao consumo. Um argumento adicional a favor do uso desse resíduo é o seu elevado teor proteico.

Portanto, o trabalho apresentado teve como objetivo realizar uma avaliação de toxicidade, caracterização nutricional e físico-química da torta da amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa* MART.).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Fornecer uma avaliação de toxicidade, caracterização nutricional e físico química da torta da amêndoa do babaçu (*Orbignya speciosa* MART.).

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a genotoxicidade, mutagenicidade e citotoxicidade *in vitro* e testes *Allium cepa* por meio do extrato aquoso da torta de babaçu;
- Determinar os parâmetros físico-químicos e composição mineral da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*);
- Quantificar os compostos bioativos da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*);
- Caracterizar parâmetros físico-químicos da torta da amêndoa de babaçu.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Babaçu (*Orbignya speciosa*)

Babaçu é o nome dado às palmeiras oleaginosas da família *Palmae* e complementares dos gêneros *Orbignya* e *Attalea* (Figura 1). O babaçu é encontrado principalmente na região que abrange os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins conhecida como Mata dos Cocais, sendo uma transição entre a caatinga, o cerrado e a floresta amazônica³. O babaçu é bastante conhecido entre populações tradicionais brasileiras, e a depender da região, pode ser chamado também de coco-de-macaco, coco-palmeira, coco-pindoba, uauaçu, catolé, andaiá, baguaçu, andajá, pindoba, entre outros¹¹.



Figura 1: Palmeira do Coco Babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.). Fonte: Autoria própria, 2022.

De acordo com a pesquisa realizada por Sousa Junior¹², algumas observações complementares sobre a origem do nome babaçu e a sua classificação botânica. A palavra babaçu vem da língua tupi “uauassú”. É Quanto ao processo de formação da palavra o oachú significa coco e assú significa grande. Em algumas regiões também recebe outras nomenclaturas como: bagassú; buassú, aguassú, guagassú, coco de macaco e coco de palmeira, etc. De acordo com a sua classificação botânica não se tem definições exatas, ocorrem controvérsias de alguns estudiosos com relação a essa classificação, alguns autores descrevem-na como *Orbignia speciosa*; outros como *Attalea speciosa*; *Attalea funifera* e ainda *Orbignia martiniana*.

Nas Américas existem cerca de 20 espécies¹³ de palmeira do babaçu, de forma que no estado do Piauí, segundo Carvalho¹⁴ existe a predominância da *Orbignya speciosa*. Possuindo grande porte, o babaçueiro pode chegar até 20 metros de altura, apresentando um caule liso e cilíndrico. Sua copa é em forma de taça e possui de 15 a 20 folhas grandes, largas e longas¹⁵. (Figura 2).

A planta frutifica a partir do oitavo ano, alcançando aos 15 sua plena produção³. A produção dos frutos se dá durante todo o ano, tendo pico de florescimento entre os meses de janeiro e abril e a maturação dos frutos entre agosto e dezembro. Os frutos são alongados e ovais, chegando a pesar 0,5kg¹⁶.

Cada palmeira geralmente produz de 3 a 6 cachos de frutos podendo chegar de 15 a 25 cachos, quando em hábitat natural¹⁷, de forma que, cada cacho pode ter de 150 a 300 cocos e dentro de cada fruto contém em média 3 a 5 amêndoas¹⁸. Segundo Whilhelms¹⁹, considerando as condições locais de ocorrência, uma palmeira de babaçu chega a produzir, anualmente, cerca de 2.000 frutos.



Figura 2: Cacho de Coco Babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.). Fonte: Autoria própria, 2022.

3.2 Aproveitamento integral do babaçu e importância econômica

O processo social e econômico na qual a cadeia do coco babaçu está envolto é caracterizado por Pascal et al.²⁰ como uma estrutura de produção e comercialização que tem como alicerce a pequena produção, sendo encabeçada por família de posseiros, arrendatários agrícolas e pequenos proprietários. Nesse cenário, é notório que os produtos oriundos da produção da palmeira e do coco babaçu são em sua maioria resultado de uma produção artesanal, com um ciclo industrial ainda perene, mesmo diante das possibilidades que tal matéria prima oferece para a sociedade.

A amêndoa do babaçu é considerada um produto de grande valor comercial e industrial, uma vez que apresenta alto teor de óleo, é considerada um alimento com potencial para produção de óleo vegetal, já que a sua ocorrência em condições naturais é elevada. Outro produto que pode ser produzido a partir da amêndoa do babaçu e que as culturas extrativistas investem é o óleo de babaçu, que é produzido de forma artesanal e pode substituir a culinária dos óleos tradicionais como o de soja, milho e girassol, sendo considerado benéfico à saúde, pois apresenta características anti-inflamatórias, antioxidantes, analgésicas, estimulantes do sistema imunológico e inibidor viral²¹.

As palmeiras do babaçu funcionam como catalisadoras de águas. As pastagens que conservam as palmeiras suportam mais o período seco do ano (junho a outubro), e a umidade do ar condensa a água nas folhas das palmeiras no período noturno (o chamado sereno da madrugada), que caem em forma de gotas e mantêm o solo umedecido, sustentando assim o capim da pastagem. Além disso, os moradores também sabem da interação da fauna com o coco babaçu. Diversos animais se alimentam do mesocarpo, como a cutia, a paca, o caititu, a anta e a arara. Da mesma forma, animais domesticados também se alimentam com o coco. Vacas lactantes melhoram sua produção leiteira se comerem o mesocarpo; porcos e jumentos também apreciam e se alimentam dele. Essa é uma das razões para que a palmeira do babaçu seja referenciada como um “refrigério” para todos os seres²².

A partir das fibras do epicarpo do coco babaçu, é possível elaborar xaxim, estofados, embalagens, vasos, placas e murais. Da amêndoa do babaçu também é possível extrair um leite artesanal feito para consumo imediato após seu preparo. Além disso, a massa que sobra do processamento do leite é muito nutritiva para alimentação animal, principalmente para porcos e galinhas. Outro produto que pode ser feito com a fibra do babaçu é o papel¹¹.

A partir da casca do babaçu também pode ser produzido o carvão, onde é queimada toda a casca (epicarpo, mesocarpo e endocarpo). No entanto, o recomendado é o aproveitamento integral, por exemplo, a extração do mesocarpo e fibras do epicarpo e a queima apenas do

endocarpo¹¹. Há uma infinidade de finalidades da qual toda a palmeira de babaçu pode ser utilizada, tanto em escala comercial, como para a utilização diária por parte dos moradores que residem nas regiões de grande incidência dessa palmeira.

Considerado o maior recurso oleífero nativo do mundo e um dos principais produtos extrativos do Brasil, o babaçu contribui de forma significativa para a economia de alguns estados do país. Este fruto apresenta um grande valor ecológico, social e político, envolvendo centenas de milhares de famílias nos estados do Maranhão, Piauí e Goiás, onde há uma maior produção. Além disso, a exploração do babaçu acontece no período de entressafra das principais culturas regionais, aumentando ainda mais a sua importância social, pois colabora para a manutenção das famílias que são dependentes deste fruto para a sua sobrevivência, além de contribuir para conter o êxodo rural e exercer um papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo¹⁴.

3.3 Coco babaçu

O aproveitamento do coco babaçu nas mais diversas áreas de produção (alimentícia, estética, etc.) demonstra seu grandioso valor econômico, pois é uma fonte de renda para diversas famílias e sustentável pelo fato de que sua cadeia de produção não agride o meio ambiente e não compromete gerações futuras, além desses, o babaçu também pode ser utilizado com finalidade medicinal. “O potencial do babaçu vai desde a geração de energia ao artesanato, e diversas atividades econômicas podem ser desenvolvidas a partir da palmeira. Dentre as partes (Figura 3) desta, o fruto tem o maior valor econômico para aproveitamento tecnológico e industrial”²³.

No entanto, tanto o caule como a folha também apresentam valor econômico, pois são utilizados na produção de outros produtos. A palmeira babaçu é nativa da flora brasileira, principalmente na região amazônica, tendo grande destaque medicinal. Do fruto se extrai uma farinha do mesocarpo com grande valor nutricional, bastante utilizada como suplementação alimentar nas escolas. Os compostos fenólicos, assim como flavonoides, apigenina, catequina, epicatequina e quercetina [...] estão presentes na farinha do mesocarpo. O emprego

da farinha de mesocarpo do babaçu como medicamento, ainda é baseado no conhecimento empírico e popular, que tem suas diluições e recomendações diárias à depender da enfermidade²⁴.

Como foi mostrado anteriormente na Figura 2 o cacho de coco babaçu, demonstrando a disposição e a quantidade de frutos que podem ser encontrados em cada cacho da planta. Segundo Soler et al.²⁵, a composição física do fruto possui quatro partes aproveitáveis: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas. De 6 a 8% do peso do fruto corresponde a amêndoa. Elas estão envoltas e separadas por paredes divisórias²⁶.

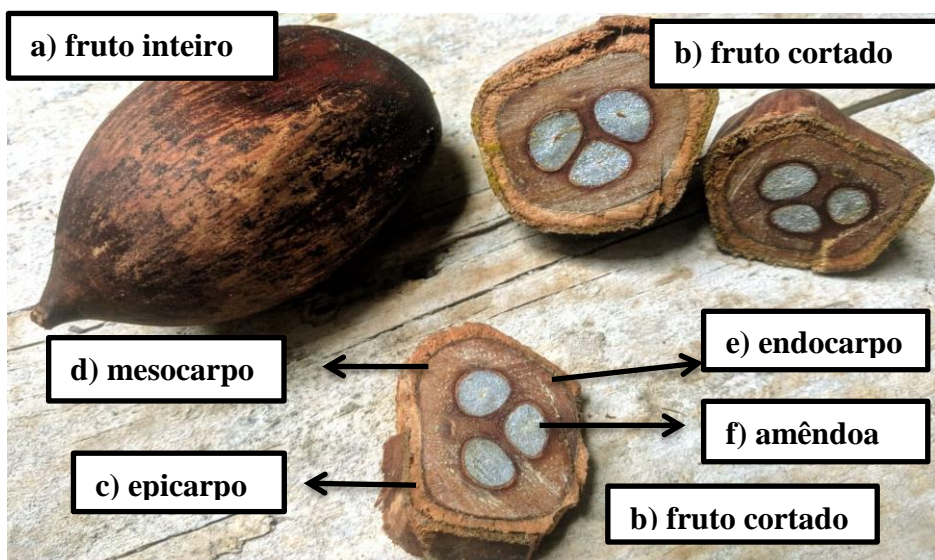


Figura 3: Fruto inteiro (a), fruto cortado (b), epicarpo (c), mesocarpo (d), endocarpo (e) e amêndoa(f). Fonte: Autoria própria, 2022.

Como apresentado na Figura 3, Bezerra²⁷ descreve assim as partes constituintes do coco de babaçu que são aproveitáveis, as suas características e aplicações:

Epicarpo: corresponde de 11-16% do fruto, é um material fibroso, ligno-celulósico, podendo ser utilizado como industrial, e até mesmo na cogeração de eletricidade;

Mesocarpo: corresponde a 15-22% do fruto, é a porção amilácea do coco, prestando-se como energético na produção de rações ou para a produção geração de eletricidade; etanol, entre outras possibilidades;

Endocarpo: corresponde de 50-65% do fruto, é um lignito vegetal, de elevada dureza, utilizado para a produção de carvões especiais de grande interesse para a indústria química, empregadas como substituto de madeiras, na indústria de móveis e nas construções civis. Possíveis excedentes podem ser direcionados como combustível industrial, na cogeração de eletricidade;

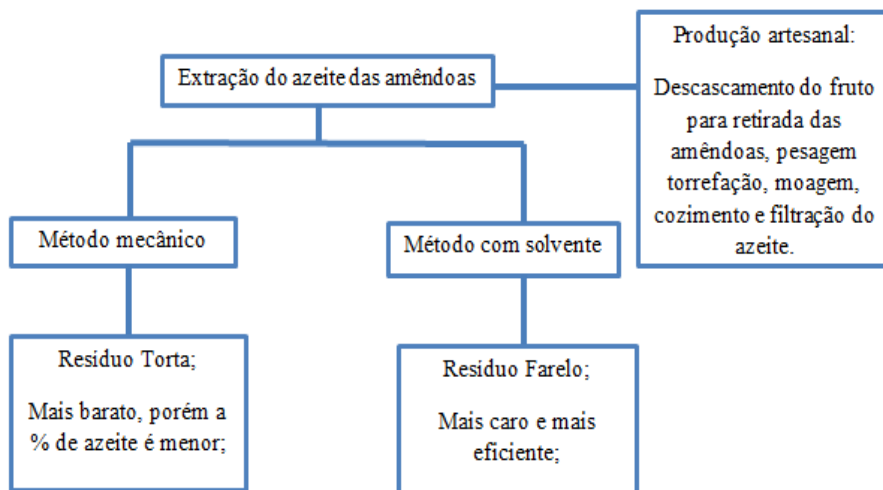
Amêndoa: corresponde de 5-9% do fruto, é um oleaginoso, composto por até 62% de óleo do tipo láurico, depois da extração do óleo resulta na torta utilizada para ração de animais.

3.4 A amêndoa do babaçu

A amêndoa do babaçu apresenta uma coloração branca, coberta por uma película de cor castanha e em cada fruto são encontradas de 3 a 4 amêndoas. É considerada o produto mais utilizado da palmeira do babaçu, correspondendo de 6% a 8% do coco e possui aproximadamente 60% de óleo ou óleo, que pode ser utilizado para diversas finalidades¹⁷. A amêndoa encontra-se inserida no interior do endocarpo, sendo uma parte dela composta por óleo e o restante pela torta, que é um resíduo utilizado como ração animal e adubo. A composição nutricional da amêndoa é de aproximadamente 7,25% de proteína, 66,00% de óleo, 18,00% de carboidratos e 7,80% de materiais minerais²⁸.

Da amêndoa se extrai um extrato denominado de extrato hidrossolúvel, popularmente denominado leite vegetal, porém o óleo é o único produto que tem escala industrial²⁶. O óleo extraído da amêndoa do babaçu é rico em ácido láurico, apresentando concentrações acima de 40%¹⁷, sendo classificado como subproduto para a fabricação de sabão, glicerina e óleo comestível²⁴. (Figura 4)

Figura 4: Processos de extração do óleo das amêndoas do babaçu.



Fonte: Autoria própria, 2022.

O processo de extração do óleo das amêndoas do coco babaçu pode acontecer de formas distintas, em acordo com a escala de produção e a finalidade que se busca dar a essa matéria prima. Por exemplo, as produções artesanais do óleo ocorrem pelas quebradeiras de coco que colhem o fruto nos babaçuais e após amontoá-los em algum espaço longe da luz do sol, fazem a quebra do coco com ajuda de um machado ou porrete¹¹. Oliveira²⁴ afirma que esse processo rudimentar emprega as amêndoas em água em altas temperaturas ou por espremedura a frio (Figura 5), de forma que se esmague as amêndoas e filtre o óleo. Ademais, o processo da quebra do coco babaçu é demorado e exaustivo quando se utiliza o método tradicional. Geralmente quem executa esse procedimento são mulheres e crianças com idade acima de 10 anos, debruçam no chão, apoiando o machado com os pés, com a lâmina virada para cima. O fruto é colocado sobre a lâmina e aplicadas pancadas com um macete, até a ruptura do mesocarpo e endocarpo e assim chegando às amêndoas do fruto²⁶.

Um dos problemas que podem afetar a qualidade do óleo de babaçu são as amêndoas quebradas ou arranhadas, uma vez que, quando elas são expostas ao ar úmido, elas se rancificam. Além disso,

a presença de enzimas lipases nos óleos de origem vegetal constitui o fator que catalisa a acidificação, principalmente nos casos em que as amêndoas ficam estocadas durante muito tempo antes do processo de extração do óleo²⁹. Após a extração dos lipídios o que resta das amêndoas é classificado como torta, que é utilizada na produção de ração animal^{30, 31}.



Figura 5. Processo de espremedura à frio da amêndoa do babaçu. Da esquerda para a direita. Maquinário de espremedura a frio, amêndoas no maquinário, e torta, resíduo pós espremedura. Fonte: Autoria própria, 2022.

O Quadro 1 traz a composição da amêndoa do coco babaçu de acordo com a literatura disponível.

Quadro 1: Composição da amêndoa e da torta do coco babaçu

Amostra	Composição	Autores
Amêndoas do babaçu	Lipídios: 49,81±0,23g/100g, Proteínas: 5,94±0,08g/100g Carboidratos: 23,60±1,94 g/100	Vieira 2011 ¹⁷
Torta de babaçu	Proteína bruta: 20,6%; Fibra em detergente neutro: 78,7%; Fibra em detergente ácido: 45,4%	Valadares Filho et al. ³²
Torta de babaçu	Proteína bruta de 17,12% Fibra em detergente neutro: 68,41% Fibra em detergente ácido: 44,56% Carboidratos totais: 72,67% Carboidratos não fibrosos 48,36%.	Farias et al. ³³
Torta de babaçu	Proteína bruta: 19,72% Fibra bruta: 28,47% Fibra detergente neutro: 75,57% Fibra detergente ácido: 45,97%	Gasparini et al. ³⁴

Fonte: Autoria própria, 2022.

3.5 Torta da amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa*) e suas potencialidades

A torta de babaçu é um subproduto de alto valor proteico originado a partir da extração do óleo de babaçu³⁴ (Figura 6). O processo de produção da torta de babaçu ocorre por meio da extração mecânica do óleo, com o objetivo de separar o óleo bruto, que será empregado na fabricação de sabões, do resíduo resultante (torta de babaçu), que será moído e conduzido até o local onde será embalado e armazenado³⁵. Em virtude das suas características físicas e químicas, a torta de babaçu apresenta-se como uma alternativa fonte de energia e proteína na dieta de ruminantes, podendo substituir grãos mais nobres

como milho e soja, amplamente utilizados na alimentação de humanos e não ruminantes.



Figura 6: Pó da torta de babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) resultante da torrefação por condução. Fonte: Autoria própria, 2022.

Segundo Farias et al.³³, a torta de babaçu possui 1,75 Mcal/kg de energia metabolizável, 92,8% de matéria seca (MS), 20,6% de proteína bruta (PB), 5,8% de extrato etéreo (EE), 78,7% de fibra em detergente neutro (FDN), 45,4% de fibra em detergente ácido (FDA) e 6,2% de matéria mineral (MM) na matéria seca.

Em pesquisa realizada por Silva et al.³⁶, constatou a eficácia da utilização da torta de babaçu na alimentação de aves de corte, em substituição à ração usual. Domingos³⁷ cita ainda que a presença de importantes nutrientes na torta de babaçu, como o ferro, o magnésio, cálcio, dentre outros, apresentam grande importância na dieta alimentar, de forma que a ausência de algum deles pode prejudicar a saúde gravemente³². Ainda complementa que é de suma importância ter conhecimento sobre o valor energético presente na torta de babaçu de forma a permitir o correto balanceamento nutricional dos animais.

Em estudo realizado por Câmara et al.³⁸ desenvolveu um biscoito utilizando o extrato hidrossolúvel proveniente da trituração da amêndoa de babaçu, assim como a utilização do bagaço da amêndoa

após passar pelo processo para elaboração do extrato hidrossolúvel. Porém, para utilização desse bagaço elaboram um pó que foi agregado na massa do biscoito. Segundo os autores, o estudo demonstra que a utilização do pó extraído da trituração da amêndoa do babaçu é uma alternativa para agregar valor a este subproduto do coco babaçu, o que vem a minimizar os impactos que estes causam ao serem descartados de forma inadequada no meio ambiente.

3.6 Principais nutrientes encontrados na torta de babaçu

A aplicabilidade tecnológica proveniente de insumos advindos da biomassa de produções agroindustriais pode ser um potencial na formulação de novos produtos alimentícios, seja ele para consumo humano ou animal, é essencial que se conheça o valor nutritivo que está intrínseco a ele, conhecendo sua composição química, a disponibilidade, a sua concentração energética. Redução de resíduos despejados no meio ambiente ou usados de maneira que não usufrua todo seu potencial, assim como a agregação de um valor comercial a essa matéria-prima na elaboração de um produto viável, sustentável e contemporâneo^{39,40}.

O potencial nutricional da torta de babaçu tendo como foco a sua aplicabilidade tecnológica, é possível identificar os principais componentes: lipídios, proteínas - aminoácidos e carboidratos - fibras.

Os lipídios tem papel importante no organismo humano, fornece energia e realiza o transporte de agentes químicos orgânicos solúveis em óleo, quando o organismo humano está com déficit de lipídios, não tem a capacidade de receber quantidades de alimentos necessários para a sua manutenção, ocasionado pelo longo período do sistema digestivo humano, os lipídios proporcionam sensação de maior saturação e plenitude gástrica⁴¹. Os lipídios são de extrema importância na alimentação humana, porém é necessário ter atenção a sua qualidade⁴².

Os lipídeos também são importantes para as propriedades sensoriais, com destaque na constituição dos alimentos, conferindo sabor, maciez, sensação de saciedade, volume, cremosidade, entre outras características⁴³.

Os aminoácidos são substâncias orgânicas formadas por uma carboxila e um amino⁴⁴. “Uma mistura proteica de boa qualidade ou de alto valor biológico é aquela que fornece boa digestibilidade, quantidades adequadas de aminoácidos essenciais e de nitrogênio total”⁴⁵.

Os alimentos de origem vegetal possuem uma quantidade acessíveis de proteínas e outros nutrientes⁴⁶. Nos últimos anos é notório o crescente interesse sobre a utilização de proteínas vegetais na alimentação humana, através da inserção em produtos alimentícios, devido a mudanças na dieta humana e a procura por uma alimentação mais saudável⁴⁷. As proteínas vegetais são apresentadas como funcionais, pois proporcionam benefícios à saúde, além de disponibilizar nutrientes essenciais já característicos da espécie⁴⁴. Muitas espécies de vegetais, como as oleaginosas, possuem grande potencial como fonte de proteínas para a alimentação, contudo, pode apresentar limitação em relação a alguns tipos de aminoácidos. Em geral, as proteínas de cereais não contêm todos os aminoácidos essenciais⁴⁸.

A fibra alimentar tem grande relevância quando se trata da saúde intestinal e possivelmente estar intimamente ligada a uma menor probabilidade de desenvolver doença cardíaca coronária, hipertensão, acidente vascular cerebral, diabetes e obesidade⁴⁹. Buscando novas maneiras de atender e suprir os desejos da nova classe de consumidores que se preocupam com a qualidade da sua alimentação, a indústria alimentícia, vem desenvolvendo novos produtos ricos em fibras, por isso é necessário descoberta e/ou conhecimento nutricional de ingredientes⁵⁰.

Nas amêndoas contém quantidades significativas de carboidratos com potencial prebióticos. Fibras dietéticas que se encontram nas paredes celulares das amêndoas possuem resistência à degradação enzimática que acontece no trato gastrointestinal superior. Após o processo de fermentação dos polissacarídeos formadores da fibra dietética ocorre o equilíbrio da microbiota e da saúde epitelial do intestino grosso, desenvolvendo mudanças da atividade das bactérias intestinais, estimulando benefícios para a saúde. Fibras dietéticas melhoram o perfil da microbiota intestinal apontando que a pele de

amêndoa pode ser consumida como um prebiótico^{51, 52}. A ingestão de fibras está intimamente ligada aos benefícios para o trato gastrointestinal, o aumento do volume fecal, diminuição do trânsito intestinal e fermentação da microbiota intestinal⁵³.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi conduzida tendo como foco principal a caracterização da torta de babaçu. Foram analisados parâmetros físico-químicos, nutricionais, minerais, compostos bioativos e métodos de caracterização micro estrutural e suas aplicações. Encontra-se o fluxograma na Figura 7.

Figura 7: Fluxograma dos procedimentos gerais da pesquisa.



4.1 Obtenção do material para estudo

A torta da amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa*), foi adquirida no mês de setembro de 2021 na cooperativa cuja razão social é Cooperativa de Economia Solidária das Mulheres Quebradeiras de Coco Babaçu de Cabeceiras do Piauí e Comunidades Vizinhas, na comunidade Mutuca, S/N – Zona Rural, no município de Cabeceiras do Piauí, Estado do Piauí, Brasil (latitude: 4°28'26" S; longitude: 42°18'37" O). Situada a 100 km da capital Teresina. Após a disponibilidade do material, ocorreu o armazenamento em caixas de alimentos, cujo material é polietileno.

4.2 Local e período de estudo

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal do Piauí - IFPI, campus Teresina Zona Sul, no Laboratório do Programa de Engenharia de Materiais do Instituto Federal do Piauí - IFPI, Campus Teresina Central, no Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal do Piauí – IFPI, campus Teresina Central, no Laboratório de Bioquímica dos Alimentos da Universidade Federal do Piauí - UFPI, Campus Helvídeo Nunes de Barros, Picos – PI, no Laboratório de Nutrição Experimental – LANEX, do Departamento de Nutrição - Universidade Federal da Paraíba – UFPB. No Núcleo de Tecnologia Farmacêutica – NTF – Labcancer e Lapgenics – Campus Petrônio Portela, Teresina – PI. Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI. Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa, Fortaleza – CE. Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal Sertão de Pernambuco – IFSertão-PE, Campus Petrolina – PE, Laboratório Físico-Química, no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional - CTDR, na Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa – PB.

4.3 Cadastro no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado – SisGen

A amostra (AB473C8) foi cadastrada no SisGen (Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado, ou seja Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e Conhecimento Tradicional Associado, Glück Informática, Rio de Janeiro, Brasil)⁵⁴ de acordo com a legislação brasileira de biodiversidade (Lei Federal nº 13.123/2015)⁵⁵.

4.4 Preparação da amostra

4.4.1 Secagem por condução para obtenção do pó

A secagem por condução foi realizada por um período de 8 a 10 minutos, aproximadamente 300g da amostra por lote, utilizando uma *sauté* de aço inoxidável, com temperatura controlada de 160 a 180°C. Após atingir a temperatura ambiente, foi fragmentada em processador de alimentos (Mixer Philips Walita, Itaipava, Brasil), acondicionada em vidros com tampas, cobertas por papel alumínio e armazenadas em temperatura ambiente (30°C).

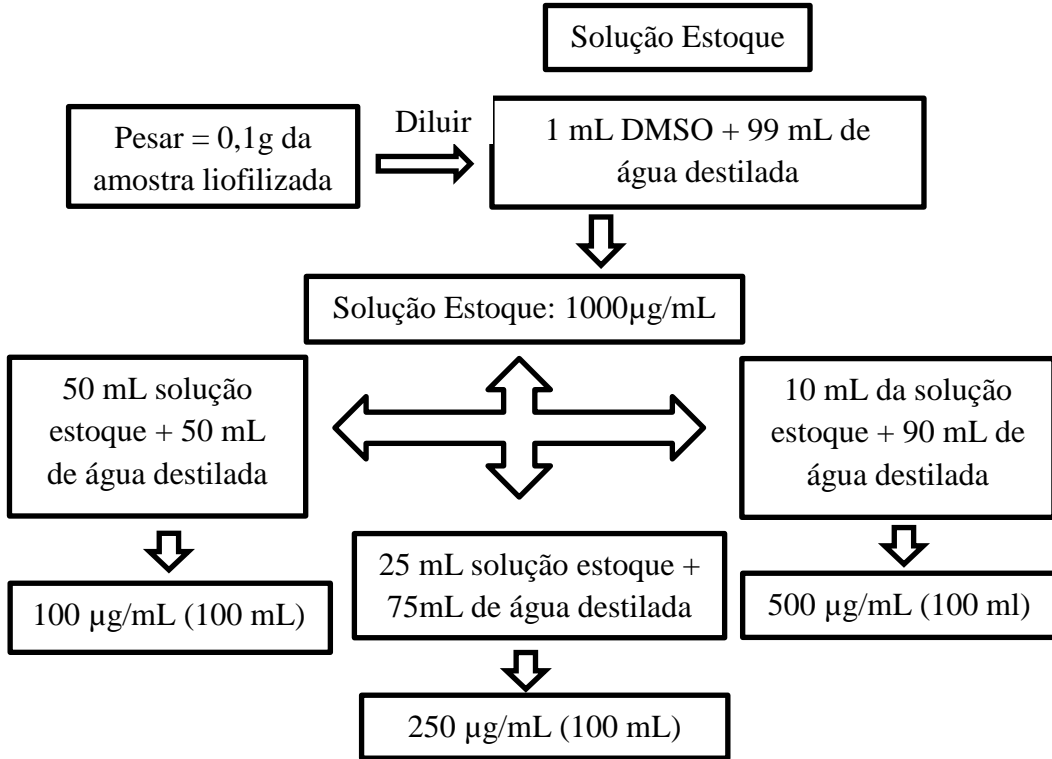
4.5 Testes de toxicidade

4.5.1 Elaboração do extrato para análise de *Allium cepa*

Para elaboração do extrato aquoso o procedimento se deu da seguinte forma: pesou 10 g da amostra e homogeneizou com 50 mL de água destilada, após esse processo se iniciou a filtração á vácuo para retirada de algumas partículas sólidas que não dilui em meio aquoso (Figura 8). Após essa etapa ocorreu o processo de liofilização, e no final obteve-se o pó para as próximas etapas da análise.

Para a elaboração das soluções testes as concentrações foram de 100µg/mL, 250µg/mL e 500µg/mL, segue abaixo o fluxo do processo:

Figura 8: Fluxograma para obtenção dos extratos para o teste de *Allium cepa*



Fonte: autoria própria (2022)

Todos os bulbos de *Allium cepa*, foram selecionados através dos seguintes itens, com diâmetros aproximados, bulbos com crescimento secundário, tempo de colheita. A obtenção se deu no comércio local, Nova Ceasa Piauí, na cidade de Teresina – PI, tendo sua origem de plantações orgânicas familiar.

4.5.2 Teste *Allium cepa*

O método utilizado na análise de *Allium cepa*, foi descrito por ^{56, 57, 58, 59,60}.

Iniciou-se com a seleção e limpeza das cebolas, retirando raízes secas e camadas externas secas, assim como parênquima central da coroa de brotamento para que ocorra o aumento da absorção das soluções e a uniformidade de brotamento e crescimento; Colocou-se água mineral em frascos de vidros e encaixado o bulbo para manter contato direto com a água por 48 horas no escuro a 25°C. Após esse período de desenvolvimento dos rizomas se inicia um novo procedimento dentro da análise.

Ocorreu a substituição da água dos frascos pelas concentrações elaboradas na Figura 8, temperatura de 25°C, durante 5 dias, sendo acrescido extrato diariamente para que ocorra o contato da cebola com a substância teste. Os únicos bulbos utilizados, foram os com raízes de aproximadamente 1,2 a 2 cm. Ocorreu a remoção das raízes e sua fixação em solução *Carnoy* durante 24h. Após este tempo, as raízes foram estocadas em etanol 70% a 4°C.

Para a preparação das lâminas, as raízes foram lavadas com água destilada, e passaram por hidrólise com 1N de HCl a 60°C por 40 min, seguido de um novo banho em água destilada à temperatura ambiente. Foram secas em papel filtro, após a secagem as raízes foram transferidas para frascos, contendo o reativo de *Schiff*, por aproximadamente 2 horas. Em seguida as raízes foram lavadas em água corrente, até a total retirada do corante.

As raízes foram debruçadas sobre uma lâmina e ocorreu à separação da região meristemática de um dos lados da lâmina, divididas em pedaços de menor tamanho. Adicionou-se sobre os materiais seccionados a solução carmim acético 2% e cobriu com lamínulas.

Para análise no microscópio (Motic BA 200, Santa Monica, USA), utilizou o aumento de 400X, com o uso de lente de imersão. Foram contados os micronúcleos quando: I) A intensidade da coloração da cromatina foi similar ao núcleo; II) Limites distintos indicando a presença de membrana nuclear; III) Estruturas redondas e separadas do núcleo principal; IV) Encontrados no mesmo plano do núcleo; V) Estão no mesmo citoplasma que o núcleo principal; VI) Tamanho não é limitante. Foram contadas 5.000 células por ponto (1000 células/lâmina). Nesse teste, a toxicidade é observada pela

inibição do crescimento da raiz, a citotoxicidade pelo índice mitótico e a mutagenicidade está relacionada com o total de alterações cromossômicas.

4.5.3 Citotoxicidade *in vitro*

As linhagens de células utilizadas, L929 (fibroblastos de camundongo, ATCC[®] CCL-1TM) e B16-F10 (melanoma murino, ATCC CRL-6475TM) foram cedidas pelo Instituto Nacional do Câncer (EUA), tendo sido cultivada em meio DMEM e RPMI, respectivamente, e suplementadas com 10 % de soro fetal bovino e 1 % de antibióticos (penicilina/estreptomicina, Sigma[®]) e 5mg/L de anfotericina (Cristalia[®]), mantidas em estufa (Shel Lab[®]) a 37°C e atmosfera contendo 5% de CO₂.

A amostra foi diluída em DMSO P.A. (Dinâmica[®]) para preparo da solução estoque de 10mg/mL. Em seguida, foram testadas em concentração única de 100µg/mL. O controle negativo consistiu em DMSO diluído a 1% em meio de cultura (v/v).

A análise de citotoxicidade pelo método do MTT, que testa mais de 10.000 amostras a cada ano⁶¹, é um método rápido, sensível e barato. Foi primeiramente descrita por Mossman⁶², tendo a capacidade de analisar a viabilidade e o estado metabólico da célula. É uma análise colorimétrica baseada na conversão do sal 3-(4,5-dimetil-2-tiazol)-2,5-difenil-2-H-brometo de tetrazolium (MTT) em azul de formazan, a partir de enzimas mitocondriais presentes somente nas células metabolicamente ativas. O estudo citotóxico pelo método do MTT permite definir facilmente a citotoxicidade, mas não o mecanismo de ação⁶³.

As células foram plaqueadas na concentração de 0,5-1,0 x 10⁶ céls/mL. As placas foram incubadas por 72 horas em estufa Tecnal – modelo 394/1 a 5% de CO₂ a 37°C. Ao término deste, adicionou-se 20 µL da solução de MTT (sal de tetrazolium) solubilizado em PBS estéril, e as placas foram incubadas por 4h. A absorbância foi lida após dissolução do precipitado com 100 µL de DMSO puro em espectrofotômetro de placa (modelo GloMax Discover Microplate, Reino Unido) a 560nm.

4.6 Parâmetros físico-químicos e composição proximal

4.6.1 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) da amostra foi determinado empregando o processo eletrométrico com o auxílio de um potenciômetro marca Tecnocon – PA 210 ,previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Pesou-se 10 g da amostra, em seguida foi diluída em 100mL de água destilada, sendo submetida à agitação durante 30 minutos, até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. Após agitação a amostra ficou em repouso durante 10 minutos para decantação, em seguida realizou-se a leitura do pH no sobrenadante⁶⁴.

4.6.2 Acidez Titulável Total (ATT)

A acidez titulável total (ATT) foi executada seguindo as recomendações da AOAC⁶⁵. Pesou-se 10g da amostra, em seguida foi diluída em 100mL de água destilada. Obtida por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N e de 2-3 gotas de fenolftaleína como indicador fator de correção 0,99, sob agitação constante até obter coloração rósea. O teor de acidez foi determinado considerando o volume do álcali que foi gasto na titulação da suspensão, conforme a Equação 2:

Equação 2:

$$ATT_{(g/100mL)} = \frac{n \cdot N \cdot Eq}{10 \cdot p}$$

Onde:

n = gasto do NaOH na titulação (mL)

N = normalidade do NaOH

Eq = equivalente grama do ácido cítrico

p = peso da amostra (gramas).

4.6.3 Umidade

Para análise de umidade, foi utilizado o método gravimétrico, que está descrito por IAL⁶⁴. Pesou-se 3g da amostra em pó em triplicata, disponibilizadas em cápsulas de porcelana previamente aquecidas a 105°C e pesadas. As cápsulas com as amostras foram acondicionadas em estufa Tecnal – modelo TE 394/1 a 105°C durante 3 horas, em seguida foram retiradas da estufa e resfriadas em dessecador por 30 minutos, em seguida foram pesadas. O teor de umidade (%) foi obtido pela Equação 1:

Equação 1:

$$U (\%) = (100 \times N) \cdot P^{-1}$$

Onde:

U (%): teor de umidade por cento

N: n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P: n° de gramas da amostra

4.6.4 Cinzas

A determinação de cinzas foi obtida pelo método gravimétrico. Foram pesados 3g em triplicata de amostra em cadinhos de porcelana previamente tarados, conforme preconizado por IAL⁶⁴. O teor de cinzas foi determinado por incineração em mufla modelo SP-1200DRP7/B com temperatura entre 550-570°C durante 6 horas, até a incineração completa da amostra. Após esse tempo, as amostras foram resfriadas em dessecador até obter temperatura ambiente e em seguida pesadas. O teor de cinzas (%) foi obtido pela Equação 3:

$$\text{Equação 3: } C (\%) = (100 \cdot N) \cdot P^{-1}$$

Onde:

C (%) = teor de cinzas por cento

N = n° de gramas de cinzas

P = n° de gramas da amostra

4.6.5 Extrato etéreo (lipídios)

A fração lipídica foi determinada por extração direta em *Soxhlet*, utilizando-se hexano como solvente⁶⁴. Foram pesados 10g de amostra em cartuchos de *Soxhlet* e estes em aparelho extrator de *Soxhlet* (marca Tecnal Sebelim TE-188, São Paulo-SP). O extrator foi acoplado a balões de fundo chato previamente aquecidos a 105°C e pesados.

Foi adicionado 150mL de hexano a estes balões, onde os mesmos foram mantidos em chapa elétrica aquecida em torno de 60°C para extração contínua durante 6 horas. Após o término da extração, recuperou-se o solvente e os balões com o resíduo extraído foram transferidos para estufa a 105°C durante 1 hora. Resfriaram-se em dessecador por 30 minutos e foram pesados até peso constante. O teor de lipídios (%) foi obtido de acordo com a Equação 4:

Equação 4:

$$L (\%) = (100. N). P^{-1}$$

Onde:

L(%) = teor de lipídios por cento

N = n° de gramas de lipídios

P = n° de gramas de amostra

4.6.6 Teor de proteínas

O conteúdo de proteínas foi baseado na determinação de nitrogênio, pelo método de *Kjeldahl*, segundo IAL⁶⁴, usando o fator de conversão 6,25. Inicialmente foram pesados cerca de 200mg da amostra e posteriormente essa amostra foi transferida para os tubos de digestão (tubo *Kjeldahl* de digestão de proteína). Nos tubos de digestão foi adicionado 5mL de ácido sulfúrico concentrado e 2g de mistura catalítica (96,5% de sulfato de potássio e 3,5% de sulfato de cobre). Em seguida, os tubos foram aquecidos em bloco digestor (marca Marconi, modelo MA 4025/SCR, Piracicaba-SP) a uma temperatura de 450°C, durante 1h40min, até a solução ser totalmente

digerida, (apresentando coloração azul-esverdeada, livre de material não digerido).

Após o tempo decorrido desligou-se o equipamento digestor e aguardou-se o resfriamento dos tubos. Em seguida foram adicionados 10mL de água destilada e o tubo foi acoplado no destilador. A destilação foi realizada no destilador de nitrogênio/proteína (Te-0363-Agroads). Adicionou-se ao frasco com a amostra digerida, usando um funil com torneira, 15mL de solução de hidróxido de sódio a 50%, até garantir um rápido excesso de base. No *erlrmeyer* adicionou-se 10mL de solução de ácido bórico e indicadores e acoplado para recolhimento do destilado. Após a ebulição ocorreu a destilação até a obtenção de 100mL do destilado. Em seguida, o destilado foi titulado com ácido clorídrico 0,02 N de fator conhecido.

O teor de proteínas (%) foi obtido pela fórmula equação (5):

Percentual de Nitrogênio Total:

Equação 5:

$$\frac{\text{Vac} \cdot \text{F} \cdot 0,14}{\text{P}}$$

Onde:

Vac: Volume de ácido clorídrico utilizado na titulação;

F: fator de correção da solução de ácido clorídrico;

P: peso da amostra em gramas.

O cálculo do teor de proteína (em porcentagem) foi obtido por meio da seguinte formula:

Equação (6)

Teor de proteína (%): *nitrogênio total x 6,25(fator de conversão)*

4.6.7 Carboidratos totais

O teor de carboidratos foi calculados por diferença dos demais constituintes, subtraindo de 100% dos valores de umidade, lipídios, proteínas, e cinzas⁶⁶, de acordo com a Equação 7:

Equação 7:

$$\text{CT} = 100 - \text{Pr} - \text{L} - \text{C} - \text{U}$$

Onde:

CT = carboidratos totais

L= Lipídios

Pr = proteínas

U = umidade

C = cinza

4.6.8 Valor energético total (VET)

O valor energético total (VET) foi adquirido por meio de uma conversão dos valores relacionados a 4 kcal/grama para carboidratos totais e proteínas, 9 kcal/grama para lipídios⁶⁷.

4.6.9 Fibra dietética alimentar total (FDA), fibra dietética solúvel (FDS) e fibra dietética insolúvel (FDI)

Determinação dos teores de fibra dietética alimentar (frações insolúveis – FDI e frações solúveis – FDS) de acordo com o método 991.43 da AOAC⁶⁸, utilizando analisador automático de fibra alimentar FDT da ANKON (ANKON Technology Corporation, 2018). A fibra alimentar total (FDT) foi determinada pela soma das frações insolúvel e solúvel, como preconiza o mesmo método.

4.6.10 Análise do perfil de aminoácidos

Na análise do perfil de aminoácidos foi calculada a massa a ser hidrolisada em função do teor de %PB na amostra, pesa-se a massa em um tubo de hidrólise, adiciona-se 9mL de HCl 6N com 3% m/v de fenol, fez-se vácuo no tubo, lacrou-se e acondicionou o mesmo em bloco de reação térmica, deixando-o por 24h a 110°C. Em seguida, acrescentou uma alíquota do padrão interno AAAB e diluiu-se a volume tabelado. Filtrou uma alíquota, seguindo-se a tabela de diluição, secou a 70 miliTorr em sistema trapp com nitrogênio criogênico. Neutralizou com uma solução 4:4:2 de acetato de sódio trihidratado 0,2N, metanol grau high-performance liquid chromatography - HPLC e trietilamina a 99-100%, em seguida secou novamente. Nesta etapa, adiciona-se o PITC para derivatizar os aminoácidos liberados pela hidrólise, formando-se o PTC-aminoácido.

Ao tubo contendo os cristais de aminoácidos derivatizados, adicionou-se 500uL de diluente. A detecção foi de 254nm após a cromatografia em fase reversa (loop de injeção de 30 uL, pH 6,40, em gradiente linear binário com fluxo de 1mL/min e temperatura da coluna 58°C), sendo o eluente A um tampão de acetado de sódio 0,14N, acetonitrila (240mL/2000mL de acetado de sódio 0,14N) e trietilamina (1mL/2000mL de acetado de sódio 0,14N). O eluente B é uma solução 6:4 de acetonitrila (grau HPLC) e água milli-Q. A quantificação foi feita por inclusão do ácido a-aminobutírico AAAB como padrão interno, de acordo com White et al.⁶⁹, Hagen et al.⁷⁰.

4.6.11 Ácidos graxos

O extrato lipídico do cérebro foi obtido pelo método de Folch et al.⁷¹. Para determinar o perfil de ácidos graxos do extrato, foi realizada a esterificação metílica, seguindo a metodologia desenvolvida por Hartman et al.⁷².

A quantificação dos ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo gasosa acoplada à espectrometria de massas – GCMS, a gás da marca QP2010 (Shimadzu, Kyoto, Japão), acoplado a uma coluna capilar Durabound DB-23, com dimensões de 30m × 0,25mm e 0,25mm foi utilizado hélio como gás de arraste. A temperatura do injetor e do detector foi fixada em 230°C e a coluna temperatura ajustada em 90°C. O gradiente de eluição na coluna foi de 90 a 150°C (10°C/min), de 150 a 200°C (5°C/min), e de 200 a 230°C (3°C/min) em um total tempo de 34 minutos⁷³.

4.6.12 Ácidos orgânicos e açúcares

Para a obtenção do extrato, pesou-se uma alíquota de 0,5g da amostra. Em seguida utilizando um tubo falcon de 15mL, adicionou-se á amostra 5mL de água acidificada (*Água acidificada: Solução de ácido sulfúrico 4,0mM/L (diluição de 0,22mL de ácido sulfúrico P.A diluído em 1000mL de água destilada).. A solução foi solubilizada em vortex. Após o processo de solubilização, a solução foi centrifugada a 2500 RPM durante 10 minutos. O sobrenadante foi coletado com o uso de uma seringa e agulha, filtrado em filtro de seringa de 0,45µ e

armazenado em eppendorf de 2mL. A identificação e quantificação de ácidos orgânicos e açúcares e foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) usando um sistema LC 1260 Infinity (modelo Agilent Technologies, Santa Clara, Califórnia, EUA) acoplado a um detector de matriz de fotodiodo (PDA) (G1315D) e um detector de índice de refração (RID) (G1362A). Especificamente, os teores de ácidos orgânicos foram determinados no PDA a 210nm e os açúcares foram quantificados no RID. Padrões externos de glicose e frutose foram obtidos da Sigma-Aldrich (St. Louis, EUA) e os ácidos (cítrico, málico, succínico, fórmico e acético) foram obtidos da Química Vetec (Rio de Janeiro, Brasil), todos com nível de pureza de $\geq 98\%$. Nesta análise, utilizou-se uma coluna Agilent Hi-Plex H (300 x 7,7mm) com tamanho de partícula de 8,0 μm ; a coluna foi protegida com uma coluna de proteção PL Hi-Plex H (5 x 3mm) (Agilent Technologies). As temperaturas da coluna foram mantidas em 50°C. A amostra foi diluída em água ultrapura filtrada através de uma membrana de poros de 0,45 μm (Millipore, Barueri, São Paulo, Brasil); um volume de injeção de 10 μL , fluxo de 0,5mL min^{-1} e tempo de execução de 20 minutos. A fase foi H_2SO_4 4,0mM em água ultrapura. Os dados obtidos foram processados usando o OpenLAB CDS ChemStation EditionTM (Agilent Technologies)⁷⁴.

4.7 Análises dos minerais

4.7.1 Preparo da amostra

Para determinar os teores de alguns minerais realizou-se a digestão das amostras. Pesou-se 0,3g da amostra, em seguida foram transferidas para um tubo de digestão e adicionou-se 5,0mL da solução digestora nitro-perclórica, mais as soluções HNO_3 : HClO_4 na proporção de 2:1. Os tubos foram alocados no bloco digestor por aproximadamente 2 horas até atingir 200°C, dessa forma obteve-se os extratos. Em seguida os mesmos foram avolumados com água Milli-Q até completar 20mL e homogeneizados em agitador tipo vortex. Os valores das concentrações de todos os minerais analisados, foram obtidas em partes por milhão (ppm) e como forma de comparativos

com outros resultados presentes na literatura os valores foram convertidos para $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$.⁷⁵.

4.7.2 Determinação dos teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), manganês (Mn) e cobre (Cu)

Para a determinação do magnésio (Mg), cálcio (Ca), manganês (Mn) e cobre (Cu) realizou-se a espectrofotometria de absorção (modelo UV-Visible Shimadzu 1650-PC, Tokyo, Japão), segundo método descrito por Silva et al.⁷⁶. Foi aliqotado 200 μL do extrato e transferido para um tubo de ensaio, adicionou-se 3,5 mL de lantânio e 3,3mL de água Milli-Q. Posteriormente homogeneizou em agitador tipo vortex e progrediu realizando a leitura no espectro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, EUA), o software do equipamento foi previamente selecionado para distinguir o elemento que seria analisado.

4.7.3 Determinação dos teores de potássio (k) e fósforo (P)

Para determinação de potássio (k), foi pipetada 2mL do extrato em um tubo de ensaio e adicionou-se 2mL de água Milli-Q, homogeneizou e realizou-se o ajustamento e calibração do equipamento denominado fotômetro de chama (modelo B462, marca Micronal, Piracicaba-SP) e realizou-se a leitura da amostra.

A determinação do teor de fósforo (P) foi realizada através de calorimetria, de acordo com o método descrito por Silva et al.⁷⁶. Da solução elaborada com o extrato, pipetou-se 200 μL e transferiu-se para um tubo de ensaio. Em seguida, adicionou-se 8,4mL de água Milli-Q, 1,0mL de solução ácida de molibdato de amônia (SAMA) e 400 μL de solução de ácido ascórbico a 2%. Posteriormente homogeneizou-se o extrato que foi preparado usando um agitador tipo vortex, esperou-se 5 minutos até ocorrer o aparecimento da cor (azul), para assim proceder com a leitura no espectrofotômetro (modelo Genesys 10S UV-Vis Madison, Spectrofotometer, EUA). Antes de iniciar a leitura das amostras realizou-se a leitura do branco, tendo as cubetas preenchidas com água destilada, para que ao final, fosse

subtraído da leitura direta do equipamento. Os valores de leitura em absorbância foram aplicados na Equação 8:

$$\text{Equação 8: } P = (0,2 \cdot \text{Leitura/Peso da amostra}) / 10000$$

Onde:

0,2 = representa o fator obtido da curva de calibração.

4.7.4 Determinação dos teores de ferro (Fe) e zinco (Zn).

Para a determinação dos elementos citados acima, realizou-se de acordo com o método descrito por Sarruge et al.⁷⁷ para os minerais ferro e zinco. Os resultados foram obtidos através da leitura direta dos extratos em espectro de absorção atômica (modelo iCE 3000 Series, marca Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, EUA) onde selecionou-se anteriormente o comprimento de onda específico de cada elemento a ser analisado no *software* do equipamento.

4.7.5 Determinação dos teores de selênio (S)

Determinação dos teores de selênio foi realizada com o método de referência POP-FQ123, de acordo com a AOAC⁷⁸.

4.8 Compostos bioativos

4.8.1 Perfil fenólico

Para obtenção do perfil fenólico a amostra utilizada passou por um processo de desengorduramento, a análise foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), usando um sistema Agilent 1260 Infinity LC (modelo Agilent Technologies, Santa Clara, EUA) acoplado a um detector de matriz de diodos (DAD, modelo G1315D). A coluna utilizada foi o Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4,6 mm, 3,5µm) e a pré-coluna Zorbax C18 (12,6 × 4,6mm, 5µm). A temperatura utilizada foi de 35 ° C, o volume de injeção foi de 20µL e as amostras foram diluídas na fase A e filtradas através de uma membrana de 0,45µm (Millipore, Barueri, São Paulo, Brasil). O fluxo de solvente foi de 0,8 mL min⁻¹, o gradiente usado na separação foi de 0 a 5 min: 5% de B; 5 a 14 min: 23% de B; 14 a 30 min: 50% de B; 30

a 33 min: 80% B. O solvente A foi uma solução H_3PO_4 0,1 M e o solvente B foi acidificado com metanol com H_3PO_4 a 0,5%. Os dados foram processados no software Open LAB CDS Chem Station Edition (Agilent Technologies, Santa Clara, EUA). A detecção foi realizada em 220, 280, 320, 360 e 520nm, com identificação de picos e quantificações feitas por comparação com padrões externos^{79, 80, 81}.

4.8.2 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico (vitamina C) foi analisado pelo método de Tilmans, que se baseia na redução do sal sódico 2,6-diclorofenol indofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico⁶⁴. Inicialmente, realizou-se a análise da solução padrão de ácido ascórbico (concentração de 1mg/mL) pipetando-se 10mL em um *erlenmeyer* contendo 50mL da solução de ácido oxálico a 1%, em seguida a solução final foi titulada com a solução DCFI a 0,2% até coloração rosa persistente durante 15 segundos. Posteriormente, foi realizado o mesmo procedimento, substituindo a solução de ácido ascórbico pela amostra a ser analisada. Para a obtenção da quantidade de ácido ascórbico utilizou-se a Equação 9:

$$\text{Equação 9: ácido ascórbico mg/100mL} = V \cdot F \cdot 100/A$$

Onde:

V= volume da solução de *Tilmans* gasto na titulação

F= fator da solução de *Tilmans*

A= mL da amostra utilizada

Para o cálculo do fator (F) da solução de *Tilmans* utilizou-se a seguinte Equação 10:

$$F (\text{mg de ácido ascórbico/mL solução 2,6 diclorofenol indofenol}) = V_a \cdot (V_c - MV_b)^{-1}$$

Onde:

V_a=volume da solução de ácido ascórbico usada

V_c= volume da solução de 2,6 diclorofenol indofenol usada na titulação do ácido ascórbico

MV_b= média do volume da solução de 2,6 diclorofenol indofenol gasto na titulação do branco.

4.8.3 Obtenção do extrato hidroalcoólico da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*) para as análises de atividade antioxidante.

O método utilizado para elaborar o extrato hidroalcoólico e as análises de atividade antioxidante foi descrito por Rufino et al.⁸², Rufino et al.⁸³.

Para a obtenção do extrato hidroalcoólico, pesou-se uma alíquota de 1g da amostra em um tubo falcon. Posteriormente, foram adicionados, 15mL da solução de etanol a 70% (proporção – etanol 70:30 água). A mistura foi homogeneizada em vortex e posteriormente foi submetida ao ultrassom (marca Cristófoli, modelo cuba de ultrassom Cristófoli 0.8A, Shenzhen, China) durante 60 minutos. Posteriormente, a mistura foi centrifugada para coleta do sobrenadante.

Para a realização da análise de atividade antioxidante da torta de babaçu, foi necessário realizar a diluição de 1:10. A atividade antioxidante foi determinada pelos métodos: DPPH, ABTS e FRAP, utilizou-se a metodologia padronizada pela EMBRAPA.

4.8.4 Atividade antioxidante DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil)

A partir do extrato hidroalcoólico, preparou-se em tubos de ensaio diluições diferentes em triplicata. Transferiu-se alíquota de 0,1mL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,9mL do radical DPPH e foi homogeneizado em agitador de tubos. Utilizou 0,1mL da solução controle com 3,9 mL do radical DPPH e homogeneizar. O álcool metílico foi utilizado como branco, para calibrar o espectrofotômetro (Marca Eppendorf BioSpectrometer basic. SW-Version:4.2.3.0, Germany). As leituras (515 nm) foram monitoradas a cada minuto, onde foi observada a redução da absorbância até sua estabilização. A leitura da absorbância final para o cálculo do EC₅₀ foi feita após a estabilização da absorbância. Os resultados foram expressos em TEAC (Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao Trolox)⁷⁵.

Equação 11: $g \text{ amostra} / \text{DPPH} = (\text{EC}_{50} (\text{mg/L}) / 1.000 \cdot 1) / g$
DPPH

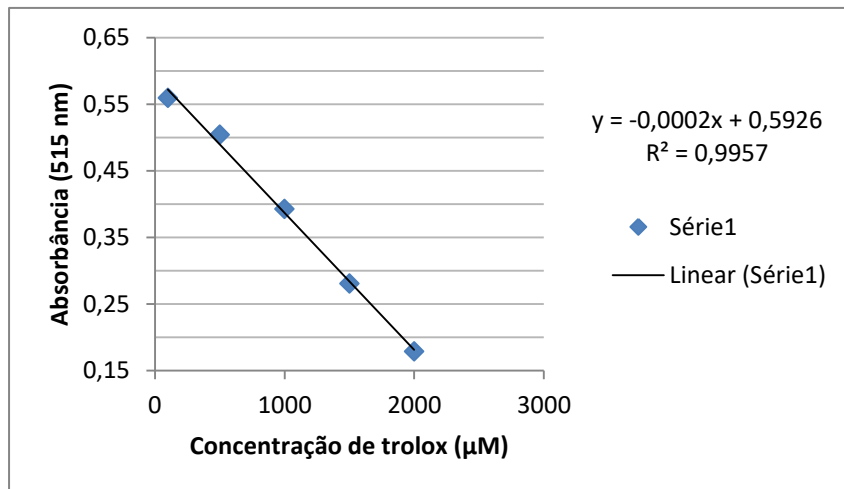


Figura 9: Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de Trolox em etanol (10 a 2000 $\mu\text{mol.mL}^{-1}$) frente ao radical DPPH (515 nm).

4.8.5 Atividade antioxidante ABTS (2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-acido sulfônico)

A partir do extrato obtido para realização das análises de atividade antioxidante, foi utilizado tubos de ensaio, utilizando três diluições, triplicata, Em ambiente escuro, foi transferido uma alíquota de 30 μL de cada diluição do extrato para os tubos de ensaio com 3,0mL do radical ABTS^{•+} e homogeneizou-se em agitador de tubos. Realizou-se a leitura (734nm) após 6 minutos da mistura e utilizou o álcool etílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro (Marca Eppendorf BioSpectrometer basic. SW-Version:4.2.3.0, Germany). A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições do extrato. Para calcular a AAT, foi substituído na equação da reta a absorbância equivalente a 1.000 μM do padrão trolox. Os resultados foram expressos em TEAC (Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao Trolox)⁸⁴.

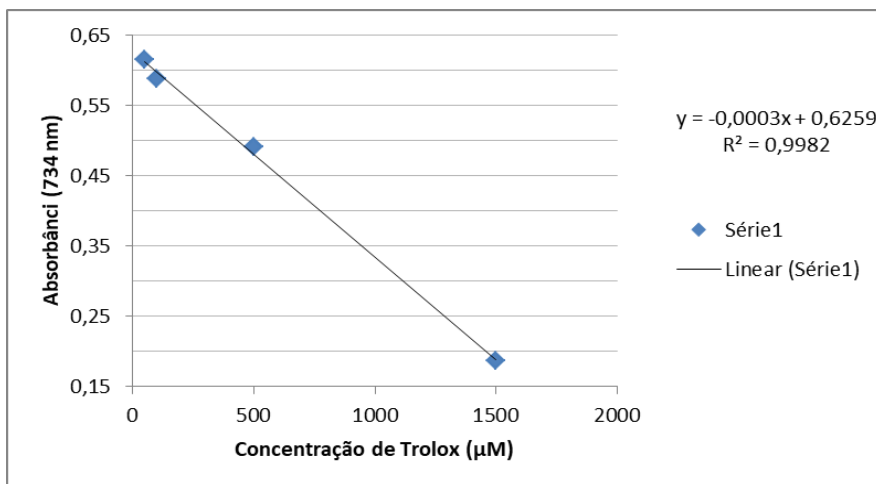


Figura 10: Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de Trolox em etanol frente ao radical $ABTS^{+}$ (734nm).

4.8.6 Atividade antioxidante FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power Fe^{+2})

Para a determinação da atividade antioxidante utilizando o radical FRAP⁸², utilizou-se o extrato hidroalcoólico, preparou-se em tubos de ensaio, três diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de $90\mu L$ de cada diluição do extrato para tubos de ensaio, foi acrescentado $270\mu L$ de água destilada, misturou-se com $2,7mL$ de reagente FRAP, com o agitador de tubos foi realizada a homogeneização e em seguida colocado em banho-maria a $37^{\circ}C$. Realizou-se a leitura ($595nm$) após 30 minutos da mistura preparada, para a calibração do espectrofotômetro (Marca Eppendorf BioSpectrometer basic. SW-Version:4.2.3.0, Germany) foi utilizado o reagente FRAP.

A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições do extrato, calculou-se a AAT, substituindo na equação da reta a absorbância equivalente a $1.000\mu M$ do padrão sulfato ferroso. O resultado final foi calculado pela divisão de $1.00(\mu M)$ pelo valor de X (g) e multiplicado por 1 (g) para encontrar o valor final (Z) que foi expressado em μM sulfato ferroso/g da amostra.

Equação 12:

$$X(g) = x/1.000$$
$$Z = 1.000/X(g).1$$

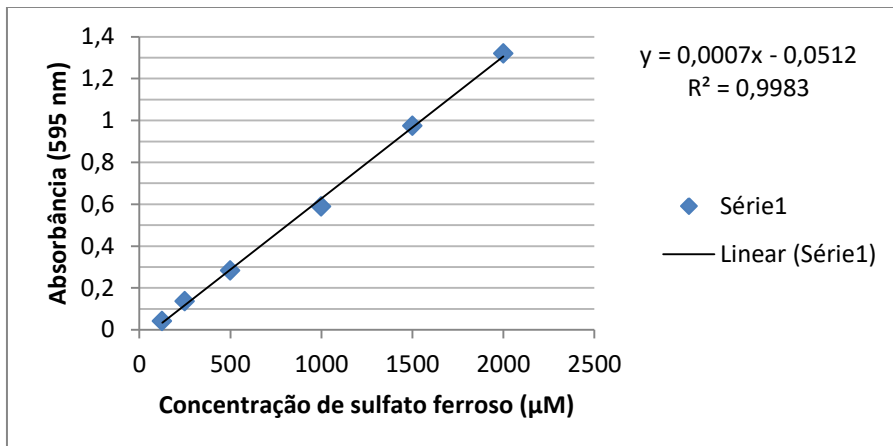


Figura 11: Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de sulfato ferroso frente ao radical FRAP⁺ (595 nm).

4.9 Métodos de análises físicas

4.9.1 Difração de raios X (DRX)

Para realizar a análise difração de Raios X – DRX, a amostra foi peneirada em uma peneira de malha 200, adicionadas no porta amostras e nivelada com uma lâmina de vidro. Para a obtenção de resultados foi utilizado o aparelho da marca PANALytical (Malvern, Reino Unido). O sistema de difração de raios X Empryean Series 2, os dados foram analisados por meio do programa X'Expert High Score Plus 2.0, que contém um banco de dados, e através de comparações, verifica as informações cristalográficas dos elementos que estão presentes na amostra e em seguida são tratadas no software Origin Pro 8.0[®].

4.9.2 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Para a determinação do espectro infravermelho, foi elaborado um comprimido de amostra feito com KBr (brometo de potássio) utilizando uma prensa hidráulica. Em seguida o material foi manipulado para o espectrofotômetro Fourier Transform Infrared (software Shimadzu IR Affinity¹® e IR-solution®, Quioto, Japão). As medidas foram realizadas em absorbância com resolução de 4 cm e 1e digitalização na faixa de 500 cm⁻¹ a 4000 cm⁻¹. Os dados foram tratados com o software Origin Pro 8.0®.

4.9.3 Análise termogravimétrica (TGA/TG)

A análise termogravimétrica foi realizada no equipamento Shimadzu TGA – (modelo 51, Quioto, Japão), utilizando o software TA-WA do próprio aparelho, assim como os dados foram tratados utilizando o mesmo programa. Para o início da análise limpou e calibrou a balança, pesou-se de 8 a 14mg da amostra em cadinho de platina, em seguida se iniciou a análise, com taxa de aquecimento de 10°C por minuto, com um fluxo de gás nitrogênio a partir de 50 mL.min⁻¹a 1000°C.

4.10 Análises estatísticas

Para o teste de *Allium cepa* Média ± desvio padrão. (ANOVA seguida de *Tukey* como *post hoc* teste; p<0,05). Estatístico em comparação ao CN e Estatístico em comparação ao CP. No teste de citotoxicidade *in vitro* utilizou Análise de Variância (ANOVA), seguido do teste de *Dunnet* para avaliação de significância (p<0,05).

As análises os resultados referente a parâmetros físico-químicos, composição proximal, composição mineral, componentes bioativos, foram realizadas pelo menos em triplicata (n = 3) e os resultados expressos como média e desvio padrão utilizando-se o programa Excel. Já para os componentes bioativos a comparação entre duas médias foi realizada pelo teste t de *Student* e, para três médias, foi utilizado o *One-way* (ANOVA) e o pós-teste de *Tukey* (p < 0,05).

Para as análises de atividade antioxidante in vitro (DPPH[•], ABTS^{•+} e FRAP) foram construídas curvas de calibração para obtenção de equações, correlações e regressões lineares utilizando o programa Excel. Para verificação da normalidade dos dados aplicou-se o teste de *Kolmogorov-Smirnov* e *Shapiro-Wilk* e os resultados médios encontrados foram submetidos à análise de variância e aplicação do teste de *Tukey* para identificar quais variáveis diferiram entre si. Para todos os testes realizados considerou-se como diferença significativa $p < 0,05$. Para os resultados de métodos de análises físico, TG/DrTGA os dados foram analisados pelo programa SPSS, utilizando-se o teste F de *Levene* com o teste T de *Student* entre os variáveis independentes. A diferença significativa entre os tratamentos estiveram com o intervalo de 5%. Os dados FTIR foram tratados com o software Origin Pro 8.0[®]. O sistema de difração de raios X *Empyrean Series 2*, os dados foram analisados por meio do programa X'Expert High Score Plus 2.0[®], que contém um banco de dados, e através de comparações, verifica as informações cristalográficas dos elementos que estão presentes na amostra e em seguida são tratadas no software Origin Pro 8.0[®].

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

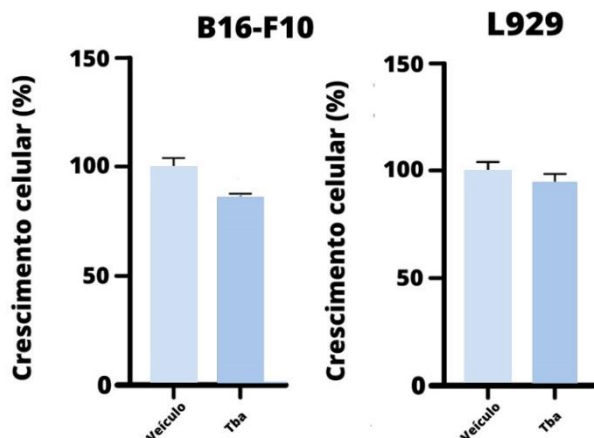
5.1 Avaliações de toxicidade

5.1.1 Citotoxicidade *in vitro*

A análise de citotoxicidade pelo método do MTT vem sendo utilizada no programa de *screening* do *National Cancer Institute* dos Estados Unidos (NCI), que testa mais de 10.000 amostras a cada ano⁸⁵. É um método rápido, sensível e barato. Foi descrita primeiramente por Mossman⁶², tendo a capacidade de analisar a viabilidade e o estado metabólico da célula. É uma análise colorimétrica baseada na conversão do sal 3-(4,5-dimetil-2-tiazol)-2,5-difenil-2-H-brometo de tetrazolium (MTT) em azul de formazan, a partir de enzimas mitocondriais presentes somente nas células metabolicamente ativas. O estudo citotóxico pelo método do MTT permite definir facilmente a citotoxicidade, mas não o mecanismo de ação⁸⁶.

Na linhagem B16-F10, o extrato da torta de babaçu reduziu significativamente a viabilidade celular (86,03 %), quando comparada ao veículo (100,0 %) ($p < 0,05$) (Figura 12). Embora seja significativa, do ponto de vista estatístico, a redução é limitada. Na linhagem de L929, o extrato não reduziu a viabilidade celular.

Figura 12. Gráficos do teste de citotoxicidade *in vitro* do extrato da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*) em linhagem normal e tumorigênica determinada pelo ensaio MTT após 72 h de incubação.



Média±EPM. Análise de Variância (ANOVA), seguido do teste de Dunnet para avaliação de significância ($p < 0,05$). Fonte: autoria própria (2022).

Na Tabela 1 retratam-se os percentuais de viabilidade celular encontrados após 72h de exposição.

Tabela 1. *Screening* de citotoxicidade *in vitro* do extrato da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*) em linhagem normal e tumorigênica determinada pelo ensaio MTT após 72 h de incubação.

Amostra	Viabilidade celular (%)*	
	B16-F10	L929
Veículo	100 ± 3,00	100 ± 4,60
Torta de babaçu	86,03 ± 1,90	95,3 ± 3,30

*Média ± E.P.M. Fonte: autoria própria (2022)

O extrato Tba apresentou fraca atividade citotóxica na concentração testada contra a linhagem B16/F-10.

5.1.2 Citogenotoxicidade *Allium cepa*

O teste *Allium cepa* foi usado para determinar a toxicidade, citotoxicidade e mutagenicidade da torta de babaçu em células meristemáticas vegetais. Os resultados dessas três variáveis mostraram que a torta de babaçu em todas as suas concentrações analisadas não apresentou efeitos toxicogênicos em comparação com o controle negativo (Tabela 2).

Tabela 2: Avaliação de toxicidade, citotoxicidade e mutagenicidade de diferentes concentrações do extrato da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*) em células meristemáticas vegetais de *A. cepa* após 72h de tratamento.

Amostras	Tratamentos	TR (mm)	IM (%)	TAC
CN	Água destilada	215,5 ± 16,6	55,8 ± 3,4	3,6 ± 0,4
CP	MMS	73,8 ± 8,9 ^a	12,4 ± 4,4 ^a	49,5 ± 6,0 ^a
Torta de babaçu	100 µg/mL	186,6 ± 14,1 ^b	56,3 ± 3,7 ^b	4,2 ± 1,6 ^b
	250 µg/mL	200,0 ± 15,0 ^b	52,7 ± 5,5 ^b	5,3 ± 1,6 ^b
	500 µg/mL	192,2 ± 15,6 ^b	50,1 ± 3,6 ^b	6,2 ± 1,5 ^b

Cada tratamento foi testado em 5 *A. cepa* (10 raízes/*A. cepa*). CN: controle negativo; CP: controle positivo; MMS: metilmetanosulfonato (5µg/mL); TR: Tamanho de raiz; IM: Índice mitótico; TAC: Total de alterações cromossômicas. Média ± desvio padrão. (ANOVA seguida de Tukey como *post hoc* teste; p<0,05). ^a:Estatístico em comparação ao CN e ^b: Estatístico em comparação ao CP. Fonte: autoria própria (2022).

5.2 Caracterização físico-química, composição proximal, valor energético total – VET e composição de FDA da torta da amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa*).

As características físico-química, da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*) são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3. Características físico-química, composição proximal (g/100g de amostra), valor energético total - VET e composição de Fibra Diária Alimentar - FDA da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*).

Caracterização físico química	Teor (%)
pH	5,84 ± 0,04
ATT*	22,5 ± <0,01
Composição proximal	
Umidade (%)	0,09 ± 0,01
Cinzas (%)	2,88 ± <0,01
Proteína bruta (%)	20,26 ± 0,10
Lipídios (%)	34,80 ± 0,50
Carboidratos (%)	41,69 ± 0,25
VET	563,43
Fibras Dietéticas Alimentares	
FDI (g/100g)	55,31 ± 1,64
FDS (g/100g)	4,04 ± 0,31
FDT (g/100g)	59,36 ± 1,32

Média ± desvio padrão; n=3; $\alpha = 0,95$. ATT: acidez total titulável; VET= Valor Energético Total; Fibra Dietética Alimentar Insolúvel – (FDI); Fibra Dietética Alimentar Solúvel – (FDS); Fibra Dietética Alimentar Total – (FDT). Todas as análises foram realizadas em base seca. Fonte: autoria própria (2022).

Segundo Menezes Filho et al.⁸⁷ e *Nort Carolina Departament of Agriculture and Consumer Services*⁸⁸ o pH é um fator importante quando se trata de microbiologia dos alimentos, podendo afetar o tempo de prateleira de alguns produtos ocasionado pelo desenvolvimento microbiano, alimentos com pH acima de 4,5 é considerado pouco ácido, podendo desenvolver fungos e bactérias. O valor de pH encontrado na torta de babaçu, Tabela 3 (5,84 ± 0,04),

demonstrando que é uma amostra pouco ácida e que necessitará de algum tratamento mais eficaz para que não ocorra problemas relacionados ao desenvolvimento microbiológico. Em estudo realizado por Mello⁸⁹, utilizando a farinha desengordurada do babaçu o valor de pH foi de 4,5 valor inferior ao da presente pesquisa e considerado ácido. O resultado da determinação de acidez total titulável (ATT) apresentou $22,5 \pm <0,01$, superior ao que foi encontrado na amêndoa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) *in natura* que foi de $1,32 \pm 0,23$ ⁹⁰.

De acordo com Canuto et al.⁹¹ a caracterização de parâmetros para controle de qualidade (pH, acidez total titulável), assim como de compostos de interesse funcional, possibilita que ocorra uma valorização desses produtos como alimento funcional e gera uma opção de atividade sustentável para as comunidades dessas regiões.

Na Tabela 3 estão expressos os valores referentes à composição proximal e o valor energético total da torta da amêndoa de babaçu. Verifica-se que o conteúdo de umidade encontrado na amêndoa de baru torrada (*Diptryx alata*), por Castro et al.⁹² foi de $3,94 \pm 0,10\text{g}/100\text{g}$ e cinzas $2,70 \pm 0,30 \text{ g}/100\text{g}$, valores superiores aos encontrados na torta da amêndoa de babaçu, já na pesquisa realizada por Vieira et al.¹⁷ avaliando a amêndoa do babaçu a umidade encontrada foi de $19,47 \pm 0,43\text{g}/100\text{g}$ e cinzas $1,18 \pm 0,01\text{g}/100\text{g}$, os valores tiveram essa diferenciação mesmo sendo a amêndoa do babaçu pelo fato de que o referido estudo não utilizou a amostra depois da extração do óleo. A análise realizada por Peixoto⁹³, mesmo utilizando a torta de babaçu obteve resultados superiores de umidade ($11,59\text{g}/100\text{g}$) e cinzas ($5,60\text{g}/100\text{g}$) quando comparados com os encontrados na presente pesquisa, isso pode ter ocorrido pelo fato de que a torta analisada teve um processo de extração de óleo diferente da que foi utilizada na pesquisa, essa utilizou-se o método a frio e aquela o método tradicional (torrefação, trituração e cozimento).

O valor de proteína bruta encontrado na torta da amêndoa deste trabalho, igual a $20,26 \pm 0,49\text{g}/100\text{g}$, para Da Silva et al.⁹⁴ a quantidade de proteína encontrada em três lotes de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) variou de $13,52 \pm 0,45\text{g}/100\text{g}$ a $15,48 \pm 0,19\text{g}/100\text{g}$, valores menores ao encontrado na torta de babaçu. Na

pesquisa realizada por Oliveira²⁴ utilizando a amêndoa do babaçu *in natura* o valor de proteína foi de $8,26 \pm 0,26\text{g}/100\text{g}$, assim como o estudo realizado por Vieira et al.¹⁷ proteínas $5,94 \pm 0,08\text{g}/100\text{g}$, valores inferiores ao encontrado na torta da amêndoa de babaçu, já a quantidade proteína bruta encontrada no estudo de Souza et al.⁹⁵ avaliando a torta de pinhão-manso foi de $28,66 \pm 0,45\text{g}/100\text{g}$, valor superior ao encontrado na presente pesquisa. Na torta residual da macaúba analisada por Veridiano⁹⁶, o valor da proteína bruta é de $8,0 \pm 0,5\text{g}/100\text{g}$, bem abaixo do valor encontrado no presente estudo.

A quantidade proteica encontrada é de grande relevância principalmente para a nutrição humana, por esse motivo o presente estudo também buscou quantificar de forma mais detalhada o perfil de aminoácidos dessa amostra para quantificar detalhadamente esses constituintes essenciais para o homem, que está mencionado na Tabela 4.

O valor de lipídios encontrado na torta da amêndoa de babaçu, foi bem acima do esperando, sendo este de $34,80 \pm 0,50\text{g}/100\text{g}$, corroborando com a afirmação de Salvador⁹⁷ “as tortas apresentam um elevado teor de óleo remanescente, fato este que tem relação direta com o processo de espremedura que são aplicados nas indústrias”, apesar de que o resíduo utilizado tenha passado por um processamento de extração de lipídios, ainda se tem uma grande concentração do óleo do fruto, sendo que quanto maior a eficiências na extração, menor a concentração de óleo na torta. Assim como afirma Magalhães et al.⁹⁸, em seu estudo afirma o método mais eficaz para a produção do óleo do coco babaçu, e o que se mostrou mais satisfatório foi o método tradicional que se utiliza a torrefação.

Apesar do valor de lipídios está acima do esperado, que também é inferior ao encontrado por Vieira et al.¹⁷, $49,81 \pm 0,23\text{g}/100\text{g}$, e por Oliveira²⁴ $62,14 \pm 0,41\text{g}/100\text{g}$ ambos utilizaram a amêndoa do babaçu na sua pesquisa. No estudo realizado por Castro et al.⁹² avaliando a amêndoa de baru torrada (*Diptryx alata*) obteve valor de $37,38 \pm 1,08\text{g}/100\text{g}$, superior ao encontrado no presente estudo. Já Da Silva et al.⁹⁴ ao avaliar três lotes de castanha portuguesa (*Castanea sativa*) obteve uma variação entre $2,42 \pm <0,01\text{g}/100\text{g}$ a $3,54 \pm 0,36\text{g}/100\text{g}$ valores abaixo do encontrado na torta de babaçu.

A consequência do elevado valor de lipídios na torta, o seu valor calórico se torna alto, podendo ser constatado no presente estudo (563,43 kcal). Outro fator determinante foi o alto valor de proteína bruta encontrada na torta da amêndoa de babaçu ($20,26 \pm 0,49\text{g}/100\text{g}$).

As fibras alimentares estão associadas com benefícios importantes para a saúde. Na tabela 3, estão às quantidades de fibras dietéticas existentes na torta de babaçu (*Orbignya speciosa*), tendo sido observado valores de grande relevância na amostra analisada.

De acordo com a *Dietary Reference Intakes (RDI)*⁹⁹ a recomendação de fibras diária para adultos entre 19 e 50 anos é de 25 a 38g/dia, corroborando com essa recomendação o Guia Alimentar para a População Brasileira¹⁰⁰ recomenda 25 g/dia de fibras alimentares para adultos, portanto, conforme o identificado nessa pesquisa e observado na Tabela 3, dessa forma a quantidade de fibras encontradas na amostra poderá ser benéfica para a quantidade diárias necessária recomendada para um indivíduo adulto. Muitos benefícios à saúde estão associados à ingestão de fibras, incluindo efeitos fisiológicos positivos sobre a digestão e/ou a diminuição do colesterol sanguíneo e/ou glicose^{101, 102}.

A literatura científica retrata que a FAD desempenha um papel no encapsulamento de nutrientes, na qual as paredes celulares podem permanecer intactas mesmo após a mastigação e outras fases do processo de digestão, e este é um mecanismo identificado pelo qual tecidos vegetais estruturalmente intactos tendem a serem digeridos em uma taxa mais lenta e, provocando uma redução de complicações clínicas diversas relacionadas ao trato gastrointestinal e controle pós-prandial da glicemia¹⁰³. Vale relatar que as fibras insolúveis possuem propriedades fisiológicas relacionadas à sua fermentação que acontece de forma lenta, gradual e às vezes incompleta, de forma que terá efeitos mais pronunciados nos hábitos intestinais, enquanto que as fibras solúveis, irão atuar principalmente sobre a absorção de glicose e lipídios no intestino delgado, que são facilmente fermentadas por bactérias no cólon¹⁰⁴.

Nas análises de fibra bruta com base na matéria seca realizadas por Silva et al.¹⁰⁵ na comparação das amêndoas de cacau (*Theobroma cacao*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e cupuí (*Theobroma*

subincanum) respectivamente obtiveram os seguintes valores: 23,87%, 19,83% e 23,86% valores significantes, porém abaixo dos valores encontrados na torta de babaçu. Entretanto, nessa pesquisa, a FDI (55,31±1,64g/100g) obteve maior destaque quando comparada a FDS (4,04±0,31g/100g).

Pereira-Freire et al.¹⁰⁶ analisaram a casca do buriti liofilizada e obtiveram as seguintes quantidades, FDI (49,9±1,1g/100g) e FDS (0,5±<0,01g/100g) já no endocarpo os valores encontrados também foram inferiores aos da presente pesquisa, FDI (24,7± <0,01g/100g) e FDS (3,5±0,1g/100g). Diante destas informações, é importante destacar que as fibras possuem excelentes propriedades quando os alimentos ingeridos estão em sua forma integral, incluindo cascas e sementes.

As principais funções das fibras alimentares estão relacionadas à redução do risco de doenças cardiovasculares através da interferência positiva no metabolismo de lipídios, efeito positivo no metabolismo de carboidratos e nos índices glicêmicos e insulinêmicos, prevenção da constipação através da regulação do trânsito intestinal, absorção de minerais e redução da ingestão energética por se tratar de um ingrediente de baixo valor calórico. Dessa forma, os resultados aqui apresentados do teor de fibras da torta da amêndoa de babaçu, ressalta seu potencial biotecnológico e que deve ser explorado em suas características físico-químicas e sensoriais, a fim de agregar valor comercial.

5.3 Perfil de aminoácidos

O resultado do aminograma da torta de babaçu, esta expresso na Tabela 4. O valor da quantidade de proteína bruta identificada na Tabela 4 instigou a uma análise mais aprofundada da quantificação dos aminoácidos da presente na amostra. Na tabela abaixo é possível identificar os principais aminoácidos essenciais, assim como uma grande variedade dos não essenciais, presentes no material de estudo dessa pesquisa.

Tabela 4 Aminograma da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*).

Aminoácidos	Torta de babaçu (g/100g)
Essenciais	
Histidina	0,27
Treonina	0,45
Valina	0,95
Metionina	0,46
Isoleucina	0,60
Arginina	1,38
Leucina	1,11
Fenilalanina	0,79
Lisina	0,29
Triptofano	0,28
Não Essenciais	
Ácido Aspartíco	1,24
Ácido Glutâmico	3,28
Serina	0,58
Glicina	0,73
Taurina	<0,01 (LQ)*
Alanina	0,73
Prolina	0,61
Tirosina	0,51
Cistina	0,10
Hidroxiprolina	0,03
Total	14,38

*LQ= Limite de Quantificação. Fonte: autoria própria (2022)

É possível observar que dentre os aminoácidos essenciais que apresentaram maior porcentagem na amostra foram arginina (1,38g), leucina (1,11g), valina (0,95g) e fenilalanina (0,79g). Já entre os aminoácidos não essenciais o ácido glutâmico (3,28g), arginina (1,38g) e ácido aspártico (1,24g) obtiveram os valores mais expressivos. Em estudos mais recente a WHO¹⁰⁷ elaborou uma referência de requerimentos médios de aminoácidos para um indivíduo adulto, que é de 184 mg/kg, tendo como comparativo o total de aminoácidos (14,38% de 100g⁻¹) encontrados na torta de babaçu, é notório que é um valor bem significativo com o valor de referência. A composição de aminoácidos presentes na amostra analisada tem em sua composição apenas a cisteína foi deficiente nos aminoácidos essenciais recomendado pela FAO.

Ao analisar o estudo realizado por Pires et al.¹⁰⁸ afirma que todos os materiais de estudos de origem vegetal apresentaram um ou mais aminoácidos essenciais com escore químico de aminoácidos menor que um, assim como maior parte dos valores encontrados na torta de babaçu, o que pode ser um diferencial entre esses valores são, as unidades de medidas analisadas, pois a autora citada acima expressa em mg/g e a presente pesquisa em g/g, totalizando assim valores superiores, um outro diferencial é o processamento que foi aplicado na torta frente aos que são analisados pelo estudo apontado anteriormente.

Buscando uma referência dos produtos ricos em aminoácidos de origem vegetal de fácil acesso para a população obteve-se o seguinte comparativo, de acordo com a análise de Verma et al.¹⁰⁹ os aminoácidos essenciais presentes na proteína do arroz 80% (g/100g) os de maiores valores foram leucina (5,9g), valina (4,7g), e fenilalanina (4,0g), valores expressivamente superiores aos encontrados na torta de babaçu, porém ocorre similaridade entre os aminoácidos destacados. No mesmo estudo também foi traçado um aminograma da proteína de ervilha 86% (g/100g), os aminoácidos que obtiveram valores superiores foram, leucina (7,0g), lisina (6,2g) e fenilalanina (4,5g), assim como os valores do arroz, obteve resultados superiores ao da torta da amêndoa de babaçu, o maior destaque foi o aminoácido lisina.

Esse resultado é promissor, embora necessite de mais estudos (por exemplo, a bioacessibilidade desses aminoácidos), mostra que é uma fonte proteica, podendo ser utilizado em mistura de proteínas vegetais é um potencial carreador, principalmente para restrições alimentares, tal como estilos de vida contemporâneos.

5.4 Composição de ácidos graxos

Os resultados da composição de ácidos graxos da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*) encontram-se dispostos na Tabela 5.

Tabela 5. Composição (%) de ácidos graxos presentes na torta da amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa*).

Ácidos Graxos	Torta de babaçu (%)
Ácidos graxos saturados	
Ácido cáprico - C ₁₀ H ₂₀ O ₂	4,80 ± 0,08
Ácido undecílico - C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,03 ± <0,01
Ácido láurico - C ₁₂ H ₂₄ O ₂	36,66 ± 0,66
Ácido tridecílico - C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,06 ± <0,01
Ácido mirístico - C ₁₄ H ₂₈ O ₂	19,30 ± 0,03
Estearato de metila - C ₁₉ H ₃₈ O ₂	4,93 ± 0,02
Ácido palmítico - C ₁₆ H ₃₂ O ₂	11,96 ± <0,01
Total	77,74 ± 0,79
Ácidos graxos insaturados	
Ácido oleico - C ₁₈ H ₃₄ O ₂	18,91 ± 0,18
Ácido linoleico - C ₁₈ H ₃₂ O ₂	3,03 ± 0,04
Total	21,94 ± 0,22

Média ± desvio padrão; n=3; α = 0,95 Fonte: autoria própria (2022)

Pode-se observar que houve o predomínio de ácidos graxos saturados ($77,74 \pm 0,79\%$) com destaque para o ácido láurico ($36,66 \pm 0,66\%$), seguido do ácido mirístico ($19,30 \pm 0,03\%$), de acordo com Duarte et al.¹¹⁰, o ácido láurico é encontrado em óleos de coco, que também apresentam outros ácidos graxos de baixo peso molecular, porém sua grande importância na estabilidade oxidativa, sendo uma boa característica para a indústria de alimentos.

Os ácidos graxos láurico e mirístico são encontrados em óleos vegetais Amazônicos, como o óleo de babaçu¹¹¹, juntos está entre os ácidos graxos mais abundantes na natureza¹¹². O ácido láurico apresenta atividade antimicrobiana específica no intestino e tem vários efeitos benéficos, como redução do pH da digestão, aumento da secreção no pancreática¹¹³, também utilizado como intensificador de sabor na indústria alimentícia¹¹⁴.

Dentre os ácidos graxos insaturados ($21,94 \pm 0,22\%$) o que se tem maior destaque é o ácido oleico ($18,91 \pm 0,18\%$), de acordo com Mendes et al.¹¹⁵, é um ácido que tem grande importância, pois participa do nosso metabolismo, tendo como principal e fundamental foco, a síntese de hormônios.

De acordo com a pesquisa realizada por Pimenta¹¹⁶, utilizando torta da polpa da macaúba, após a primeira espremedura o ácido palmítico (16,51%), foi o principal ácido graxo saturado encontrado, na sequência o ácido esteárico, já os ácidos graxos insaturados o de maior predominância foi o ácido graxo oleico (67,67%), seguido pelo ácido linoleico, o óleo presente na polpa teve maior predominância de ácidos graxos insaturados (80,35%). Ao comparar com os ácidos graxos encontrados na presente pesquisa o ácido palmítico obteve destaque, porém um valor inferior ao encontrado na torta da polpa da macaúba, assim como o valor referente á ácidos graxos insaturados que foi bem superior ao encontrado na torta de babaçu, o que na tabela 5 é invertido, pois o de maior valor se encontra nos ácidos graxos saturados.

O ácido graxo oléico é bastante empregado em cremes e emulsões cosméticas, pois apresenta propriedades emolientes, e possui influência sobre redução da pressão arterial¹¹⁷, já o ácido linoléico, não pode ser sintetizado pelo organismo humano, dessa forma

necessita ser inseridos na dieta, pois oferece diversos benefícios à saúde, como manutenção da estrutura de membranas celulares¹¹⁸. Os óleos vegetais ricos em ácido graxo insaturados (oleico e linoleico) torna o alimento bem mais rico nutricionalmente, tornando-se muito apreciado por consumidores que se preocupam com a saúde.

5.5 Ácidos orgânicos e açúcares

Na Tabela 6 está descrito os teores de ácido orgânicos e açúcares analisados na amostra. Os ácidos encontrados foram o láctico ($0,08 \pm <0,01\text{g}/100\text{g}$), málico ($0,03 \pm <0,01\text{g}/100\text{g}$) e butirico ($0,14 \pm <0,01\text{g}/100\text{g}$) resultados abaixo de outros estudos de amostras *in natura*, principalmente frutos.

Tabela 6. Ácidos orgânicos e açúcares identificados na torta de babaçu (*Orbignya speciosa*).

Ácidos orgânicos	Torta de babaçu (g /100g)
Lático	$0,08 \pm <0,01$
Málico	$0,03 \pm <0,01$
Butirico	$0,14 \pm 0,01$
Açúcares	Torta de babaçu (g /100g)
Glicose	$0,24 \pm 0,01$
Ramnose	$0,07 \pm <0,01$

Média \pm desvio padrão; n=3; $\alpha = 0,95$. Todos os resultados foram expressos em base úmida. Fonte: autoria própria (2022)

Na tabela 6 estão os valores de açúcares, só foram encontrados a glicose ($0,24 \pm 0,01\text{g}/100\text{g}$) e o ramnose ($0,07 \pm <0,01\text{g}/100\text{g}$), sendo esse o de menor valor, na pesquisa realizada por Munhoz et al.¹¹⁹ na análise de açúcares totais em glicose da amêndoa de bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.) $1,11 \pm 0,03\text{g}/100\text{g}$ superior ao

encontrado na presente pesquisa, assim como o estudo realizado por Meireles et al.¹²⁰ avaliando os açúcares totais presente na amêndoa do coco catolé (*Syagrus cearenses*) $3,79 \pm 0,31\text{g}/100\text{g}$, possivelmente os valores possam ser superiores pelo fato das amêndoas não terem passado por um algum processamento.

5.6 Análises de minerais

Os resultado da composição de minerais na torta da amêndoa de babaçu (*Orbignya speciosa*) e a Ingestão Diária Recomendada para adultos (IDR) referente a esses minerais estão descritos na Tabela 7. A partir dos dados encontrados é notória a presença dos principais minerais necessários para o funcionamento do organismo humano, porém alguns com valores abaixo do que é recomendado para suprir a necessidade diária, mas talvez esse fato ocorra por se tratar de uma amostra residual.

Tabela 7. Composição de minerais (mg/100g de amostra seca) na torta de babaçu (*Orbignya speciosa*) e Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos.

Minerais	Torta de babaçu (mg/100g)	IDR*
Magnésio (Mg)	0,346 ± 0,03	260mg
Cálcio (Ca)	0,147 ± 0,17	1000mg
Potássio (K)	0,838 ± 0,30	4700mg
Fósforo (P)	0,830 ± 0,24	700mg
Ferro (Fe)	0,062 ± 1,91	14mg
Zinco (Zn)	**	7mg
Manganês (Mn)	0,014 ± 0,12	2,3mg
Cobre (Cu)	**	0,9mg
Selênio (Se)	**	0,034mg

Média ± desvio padrão; n=3; $\alpha = 0,95$. *IDR: Ingestão Diária Recomendada para adultos normais¹²¹. **Encontrado apenas traços. Fonte: autoria própria (2022).

Com base nos resultados apresentados na tabela acima, é possível observar que o potássio, o fósforo e o magnésio foram os minerais encontrados em maiores quantidades na torta de babaçu, enquanto o zinco cobre e selênio foram encontrados apenas traços. Além disso, os valores de todos os minerais apontados encontram-se abaixo da Ingestão Diária Recomendada para adultos saudáveis. Essa baixa

quantidade pode se justificar pelo fato do produto em estudo se tratar de um resíduo.

Comparando os resultados deste estudo aos de Lopes¹²² que avaliou o perfil de minerais das amêndoas das castanha-de-cutia (*Couepia edulis Prance*), castanha-de-galinha (*Couepia longipendula Pilger*), castanha-de-sapucaia (*Lecythis pisonis*) e castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa Bonpl*). Dentre as castanhas analisadas as que tiveram maiores destaque para o potássio, foram a castanha-de-sapucaia ($6713,47 \pm 75,76\text{mg}/100\text{g}$) e castanha-de-cutia ($6286,53 \pm 155,14\text{mg}/100\text{g}$), para o fósforo a castanha-de-galinha ($2149,48 \pm 33,99\text{mg}/100\text{g}$) obteve menor quantidade. Na quantidade de cálcio, a castanha-do-brasil teve a maior quantidade ($2260,47 \pm 45,18\text{mg}/100\text{g}$), seguido de castanha-de-cutia ($2195,48 \pm 124,96\text{mg}/100\text{g}$). O mineral magnésio a castanha-do-Brasil ($3584,98 \pm 101,50\text{mg}/100\text{g}$) obteve maior quantidade e castanha-de-galinha o menor ($2306,52 \pm 18,68\text{mg}/100\text{g}$). Quanto ao valor de cobre ($30,89 \pm 0,75\text{mg}/100\text{g}$), manganês ($79,16 \pm 2,13\text{mg}/100\text{g}$), zinco ($54,37 \pm 1,70\text{mg}/100\text{g}$) e ferro ($91,11 \pm 13,79\text{mg}/100\text{g}$) os mais expressivos encontram-se na castanha-de-sapucaia. Já o selênio a castanha-do-Brasil ($147,79 \pm 4,02\text{mg}/100\text{g}$) foi a que obteve maior quantidade e a castanha-de-galinha ($3,80 \pm 0,81\text{mg}/100\text{g}$) obteve menor quantidade. É notório o poder de superioridade dos principais minerais presentes nas amêndoas citadas acima quando comparadas com os valores encontrados na torta da amêndoa de babaçu.

5.7 Quantificações dos compostos bioativos e atividade antioxidante da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*)

Os resultados dos compostos bioativos e os métodos aplicados para avaliar a capacidade antioxidante *in vitro* estão apresentados na Tabela 8.

A quantidade de ácido ascórbico encontrada no presente estudo ($3,6 \text{ mg}/100\text{g}$) de acordo com a classificação feita por Ramful et al.¹²³ frutos com teores menor que $30 \text{ mg}/100\text{g}$ é considerado baixo, apesar do material em análise não se tratar de um fruto é necessário comparativos com alimentos consumidos pelo homem. Na pesquisa

realizada por Castro et al.⁹² as amêndoas de baru (*Dipteryx alata*) torradas obteve resultado de $0,69 \pm 0,01\text{g}/100\text{g}$ bem abaixo do encontrado na presente pesquisa.

Tabela 8. Compostos bioativos e atividade antioxidante encontrados na torta de babaçu (*Orbignya speciosa*).

Compostos bioativos	Torta de babaçu (mg/100g)
Ácido Ascórbico	$3,6 \pm 0,17$
Perfil fenólico (mg /100g)	
Flavonol	Torta de babaçu (mg/100g)
Catequina	$0,84 \pm <0,01$
Procianidina B1	$0,82 \pm 0,12$
Procianidina B2	$3,05 \pm 0,26$
Flavonóis	Torta de babaçu (mg/100g)
Miricetina	$5,20 \pm 0,13$
Total de Flavonóides	$9,91 \pm 0,51$
Atividade antioxidante	Torta de babaçu
ABTS ($\mu\text{mol Trolox} / 100\text{g}$)	$3,06 \pm 0,14$
DPPH ($\mu\text{mol Trolox} / 100\text{g}$)	$16,90 \pm 1,58$
FRAP ($\mu\text{mol FeSO}_4 / 100\text{g}$)	$4.65 \pm 0,03$

Média \pm desvio padrão; n=3; $\alpha = 0,95$. Todos os resultados foram expressos em base úmida. Fonte: autoria própria (2022).

No perfil fenólico na classe dos flavonoides o flavonol e na classe dos polifenóis os flavonóis foram os encontrados, sendo os

componentes de maiores destaques seguindo a ordem das classes acima os compostos procianidina B2 ($3,05 \pm 0,26\text{mg}/100\text{g}$) e miricetina ($5,20 \pm 0,13 \text{ mg}/100\text{g}$). Em estudo *in vivo* realizado por Fernández-Larrea et al.¹²⁴ as procianidinas afetaram favoravelmente os perfis de lipoproteínas séricas apresentando efeitos cardioprotetores (anti-aterogênicos, anti-hipertensivos e antitrombóticos).

Na tabela 8 constam os resultados da atividade antioxidante pelos métodos ABTS⁺, DPPH• e FRAP executados utilizando o extrato hidroalcoólico na torta de babaçu. Os resultados dos métodos ABTS⁺, DPPH• estão expressos em função do Trolox e o método FRAP expresso em FeSO₄ pela facilidade de comparação dos resultados. Na pesquisa realizada por Vieira et al.¹⁷, ao analisar a capacidade antioxidante da amêndoa do babaçu utilizando o método ABTS⁺, observa-se que o extrato que apresentou melhores valores foi o aquoso ($0,36 \pm 0,02$ a $0,68 \pm 0,03\mu\text{mol trolox/g}$) valores inferiores ao que foi encontrado na torta do mesmo tipo de amêndoa. Já na pesquisa realizada por Pessoa⁹⁰, com a amêndoa do tucum utilizando o radical ABTS⁺, o extrato etanólico foi o que apresentou melhor atividade antioxidante ($32,48 \pm 2,61$ a $43,07 \pm 1,96\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$), valores superiores a todos os métodos aplicados na presente pesquisa.

Em estudo realizado por El Maaiden et al.¹²⁵ avaliando a atividade antioxidante da amêndoa de diferentes espécies do gênero *Ziziphus* cultivadas no Marrocos com os radicais DPPH• e ABTS⁺, a amêndoa do fruto *Z. Lótus* ($26,36 \pm 0,28$) e *Z. spina Christi* ($55,88 \pm 0,72$) utilizando o radical DPPH•. Analisando através do radical ABTS⁺, a amêndoa do fruto *Z. Lótus* ($26,36 \pm 0,28$) e *Z. spina Christi* ($65,84 \pm 0,28$), valores superiores aos encontrados na torta de babaçu.

Na pesquisa realizada por Bisinotto et al.¹²⁶ avaliou a capacidade antioxidante da farinha de amêndoa de castanha de caju desengordurada, utilizando os extratos ABTS⁺ e DPPH•. Os resultados de antioxidantes com maior destaque foi para o radical ABTS⁺ utilizando o extrato etanol ($10,57 \pm 0,61$) e para o DPPH• o extrato metanólico ($7,35 \pm 1,72$) quando comparados com os valores encontrados no presente estudo apenas o valor do ABTS⁺ é superior.

Os resultados obtidos através da análise de atividade antioxidante utilizando os radicais ABTS⁺, DPPH• e FRAP, os três métodos

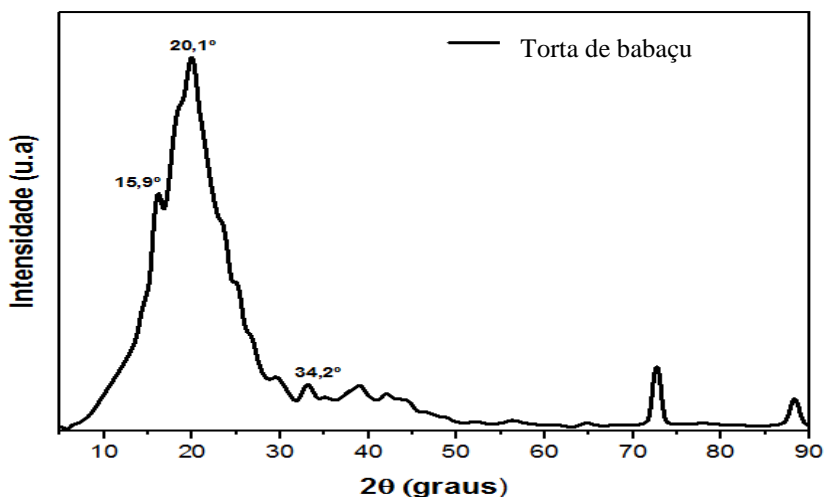
obtiveram resultados positivos, porém o que obteve maior absorbância foi o método DPPH•.

5.8 Caracterização físico - química

5.8.1 Difração de Raios X – DRX

O difratograma de DRX da torta de babaçu está apresentado no gráfico da Figura 13. O pico mais intenso ocorre aproximadamente $20,1^\circ$. Observou-se picos característicos típicos de celulose, localizados em $2\theta = 15,9^\circ$, $20,1^\circ$ e $34,2^\circ$. Estudos de espectroscopia infravermelha e difração de raios X da organização da celulose em plantas mostraram que a porção principal da celulose é constituída por cristais com regiões amorfas intercaladas de baixo grau de ordem Daniel¹²⁷. A celulose presente pode ser indicada pela presença de fibras vegetais presentes na amostra, é provável que sejam provenientes do epicarpo do coco babaçu.

Figura 13 – Difração de Raio X da torta de babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.)



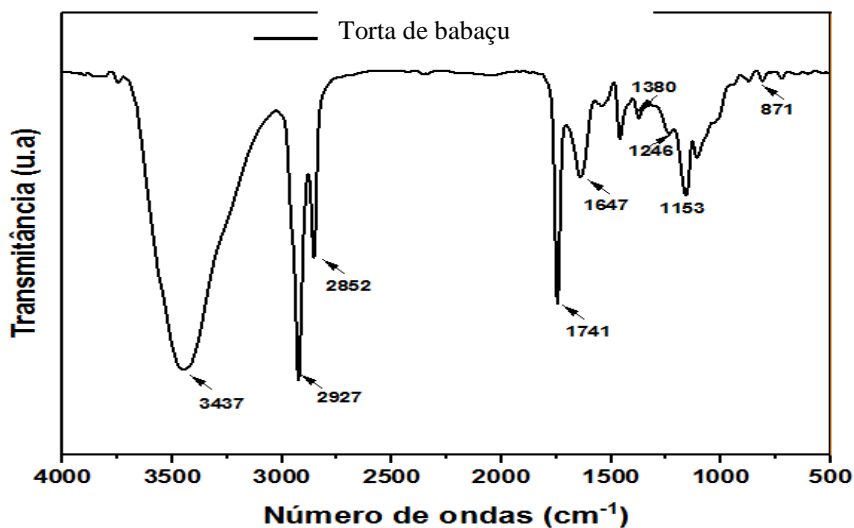
Fonte: autoria própria (2022)

Além disso, o difratograma apresenta outros picos em regiões mais distantes nas regiões de $72,7^\circ$ e $88,5^\circ$ nos quais podem ser referentes aos componentes inorgânicos presentes na torta de babaçu. Martins et al.¹²⁸, Soares et al.¹²⁹ realizando estudos com celulose oriundas resíduo de coco babaçu e bagaço de cana respectivamente, relataram características similares.

5.8.2 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier – FTIR

O espectro de infravermelho do material analisado, observado na Figura 14, apresenta picos nas regiões de $550 - 3700 \text{ cm}^{-1}$ com bandas fortes e fracas, indiciando assim a presença de substâncias orgânicas, dentre outros, de carbonilas, carboxilas, fenóis, ésteres e polissacarídeos.

Figura 14 - Espectros no infravermelho da torta de babaçu. (*Orbignya speciosa*).



Fonte: autoria própria (2022)

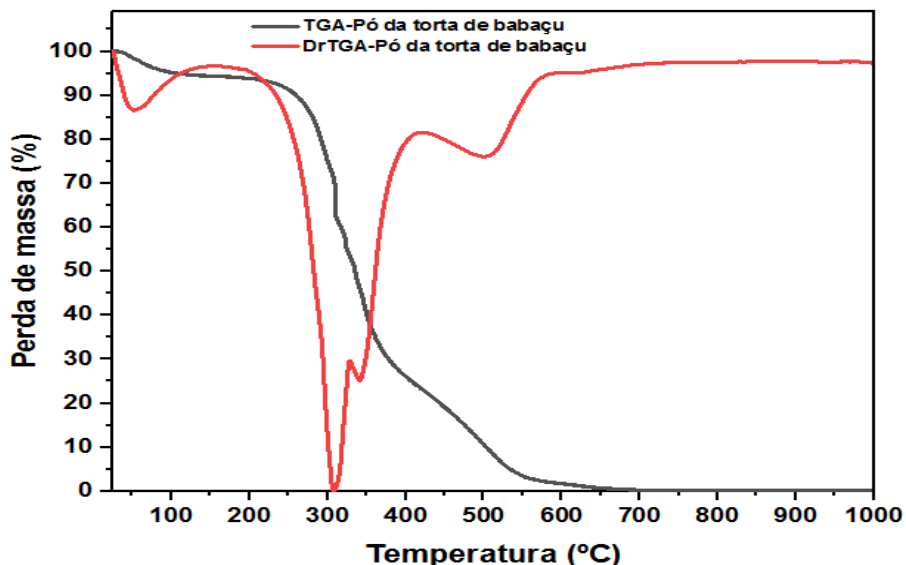
Foram identificadas as seguintes bandas e suas respectivas atribuições: bandas de absorção entre 3448 - 3415 cm^{-1} que são características de estiramento axial de O-H de álcool ou fenol ligado a estruturas aromáticas que compõe a matéria orgânica da torta; as bandas em 2922 - 2924 cm^{-1} , de grupos - CH; a banda em 1734 cm^{-1} podendo ser característica de grupos aldeídos; já as bandas de 1681-1653 cm^{-1} são bandas de carbonilas, ácidos carboxílicos e ésteres; as bandas em 1560 - 1520 cm^{-1} , de aminas e amidas; as bandas em 1423-1377 cm^{-1} , de deformação axial de - CN de grupos aminos e amidas; as bandas em 1064 -1039 cm^{-1} , de grupos C-N e C-O e a banda em 871 cm^{-1} , de estruturas de polissacarídeos^{130, 131, 132}.

5.8.3 Análise termogravimétrica - TG/DrTGA

A figura 15 mostra TGA do material, a qual consiste em uma análise térmica da torta de babaçu incluindo estudos de decomposição térmica, determinação de umidade, voláteis, resíduos e teor de cinzas, determinação de calor específico, determinação de transição vítrea, de fusão, entre outros¹³³.

As curvas TG/DrTGA da torta de babaçu apresentaram três etapas de perda de massa (Tabela 9) atribuídas à volatilização e/ou decomposição da amostra (Figura 15).

Figura 15 – Curvas TG/DrTGA da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*).



Fonte: autoria própria (2022).

Tabela 9 - Etapas de decomposição térmica da torta de babaçu (*Orbignya speciosa*).

Etapas	Intervalo de temperatura (°C)
Perda de massa 1	40°C - 120°C
Perda de massa 2	190°C - 330°C
Perda de massa 3	415°C - 690°C

Fonte: autoria própria (2022)

Os resultados obtidos na análise da curva termogravimétrica da torta de babaçu podendo avaliar as características da amostra em um intervalo de temperatura entre 30 a 1000 °C, pois através desse intervalo foi possível monitorar até qual condição de temperatura algumas substâncias que estão presentes na torta permanecem constantes.

Pode ser identificado na Figura 15, que a curva de TGA apresentou uma tendência de perda de massa inicial a partir de aproximadamente 40°C, e a sua decomposição térmica, ocorreu em mais duas etapas de perdas de massa, finalizando-se entre 415°C a 690°C.

Na análise termogravimétrica da torta de babaçu, foram identificados presença de três estágios de decomposição, com a primeira etapa ocorrendo nas temperaturas *on set* em 30°C e *end set* em 120°C com perda de aproximadamente de 1 a 5%, podendo ser atribuída, provavelmente, a presença de água e substâncias voláteis na amostra causando assim a desidratação. A segunda perda de peso da amostra foi nas temperaturas *on set* em 180°C e *end set* em 320°C, com perdas que podem ser atribuídas as ligações carboxílicas, quebra de fibras e proteicas, com perda da massa de aproximadamente 6 – 65%, sendo essa a etapa de maior perda de peso. Já a terceira perda de peso, deu-se aproximadamente acima das temperaturas *on set* 550°C - 560°C, ocorrendo à degradação dos minerais e decomposição de componentes mais estáveis da torta, como celulose e lignina. Na pesquisa realizada por Rangel et al.,¹³⁴ analisou a composição química do mesocarpo do babaçu, foi possível identificar que ocorreram perdas de componentes que também estão presentes na torta advinda da amêndoa do mesmo fruto pesquisado por aquele, o que difere, são as temperaturas e a porcentagem de massa que perdeu durante cada etapa, porém a maior perda de massa também ocorreu no segundo estágio (perda de massa 1: ocorreu nas temperaturas *on set* em 25°C e *end set* em 200 °C com perda de 12,92% da massa; perda de massa 2: ocorreu nas temperaturas *on set* em 200°C e *end set* em 325°C com perda de massa de 51,62%; perda de massa 3: ocorreu nas temperaturas *on set* em 325°C e *end set* em 550°C com perda de massa de 33,52%), a diferença de perda em temperaturas próximas possa ser que tenha ocorrido pelo fato de que o fruto em análise é o mesmo, porém alguns componentes são diferentes. Ao analisar a curva DrTGA pode se verificar quando ocorrem o fenômeno de desidratação e os eventos de degradação dos polissacarídeos, quando a temperatura atinge aproximadamente 280°C.

6 CONCLUSÃO

A torta de babaçu mesmo sendo um resíduo oriundo de um processamento agroindustrial, apresentou boas características nos testes de toxicidade, aspectos físico-químicos e composição proximal, compostos bioativos e caracterização físico-química. Nos testes de toxicidade os resultados encontrados foram positivos para ausência ou fraca atividade de toxicidade. Apesar de perdas que podem ter ocorrido durante a extração do óleo, a amostra tem relevância por sua alta densidade energética e de nutrientes, especialmente carboidratos, lipídios, destaque para proteína bruta. A torta de babaçu é fonte de fibras dietética alimentar total suprimindo as recomendações de fibras diárias que são indicadas para adultos de acordo com o *Dietar Reference Intakes* e o Guia Alimentar para a População Brasileira; A amostra em análise é uma fonte de aminoácidos vegetal. Na composição de ácidos graxos, os compostos saturados foram os de maior expressividade com destaque para os ácidos láurico. Estão presentes na composição da torta alguns dos minerais essenciais, porém abaixo da recomendação diária. Nos compostos bioativos encontrados, os de maiores destaques foram a Procianidina B2 e Miricetina. Já na atividade antioxidante o método que obteve maior absorvância foi com o radical DPPH•. Nas análises de caracterização físico química foi possível identificar que a torta de babaçu, possui potencial de aplicabilidade tecnológica. Todavia, estudos futuros serão necessários para aplicação e desenvolvimento de produtos, buscando maiores investigações para que assim possa garantir a qualidade dos alimentos, principalmente para alimentação humana.

PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente estudo é pioneiro no que se trata da caracterização da torta de babaçu como fonte de alimento humana, estudos futuros e aplicabilidades tecnológicas serão necessárias para obter formas adequadas no desenvolvimento de produtos que possam ser consumidos pelo homem.

- ✓ Faz-se necessário um estudo mais aprofundado para entender a biodisponibilidade dos aminoácidos pelo organismo humano;
- ✓ Realizar a hidrólise das fibras insolúveis presentes na amostra;
- ✓ Aplicabilidade tecnológica através do desenvolvimento de uma bebida, utilizando técnicas gastronômicas que estão inteiramente ligadas na produção de bebidas quente ou fria;
- ✓ Realizar análise sensorial da bebida elaborada utilizando a torta do babaçu.

REFERÊNCIAS

1. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. Editores Lidio Coradin, Julcéia Camillo, Frans Germain Corneel Pareyn; Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. – Brasília, DF: MMA, 1311 p. 2018.
2. Schiassi, M.C.E.V.; Souza, V. R.; Lago, A.M.T.; Campos, L.G.; QUEIROS, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chemistry*, n.245, p.305-311, 2018.
3. Santos, F. D. R. P.; Belfort, M. G. S.; Lucena, V. B.; Viana, M. B.; Castro, A. A. P. Uso do óleo de coco babaçu (*Attalea speciosa*) como emoliente em formulação fitocosmética com ação hidratante. *Revista CEREUS*. vol. 12, n. 4, 2020.
4. Bauer, L.C.; Santos, L.S.; Sampaio, K.A.; Ferrão, S.P.B.; Fontan, R. da C.I.; Minim, L.A. Physicochemical and thermal characterization of babaçu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. *Food research international*. P. 109 – 132. 2020.
5. Silva, L.K.R.; Jesus, J.C.; Onelli, R.R.V.; Conceição, D.G.; Santos, L.S.; Ferrão, S.P.B. Discriminação de queijo de Coalho por origem através de espectroscopia de infravermelho próximo e médio e medidas analíticas *International Journal of Dairy Technology*. p .393-403. 2021.
6. Castro, K.J.; Gomes, S. P.; Borges, I.; Miotto, F.R.C.; Pimentel, P. G.; Pinto, A.P.; Moreira, R.G.; Neiva, J.N.M. Valor energético da torta de babaçu em substituto ao volumoso na alimentação de ovinos. *Seminário Ciência Agrária Londrina*, v. 42, n. 3, suplemento 1, p. 1967-1980, 2021.

7. Lopes, I. A.; Paixão, L.C.; Silva, L.J.S.; Rocha, A.A.; Barros-Filho, A.K.D.; Santana, A.A. Elaboration and characterization of biopolymer films with alginate and babassu coconut mesocarp. *Carbohydrate Polymers*, 234, Article 115747. 2020.
8. Litz, F.H.; Fernandes, E. de A.; Pimenta, C.C.; Fagundes, N. S.; Ferreira, I. C.; Gonçalves, M. F. Avaliação bromatológica e digestibilidade “*in vitro*” de rações para bovinos formuladas com coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico. *Vet. Not.,Uberlândia*, v.20, n. 2, p.42-47. 2014.
9. Lacerda, D. B. C. L.; Soares Júnior, M. S.; Bassinello, P. Z.; Castro, M. V. L. De; Silva-Lobo, V. L.; Campos, M. R. H.; Siqueira, B. Dos S. Qualidade de farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v. 40, n. 4, p. 521–530, 2010.
10. Costa Filho, D. V.; Silva, A. J. ; Silva, P. A. P. Sousa, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. II Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER – PDVAgro. 2017.
11. Carrazza, L.R.; Ávilla, J. C. C.; Silva, M. L. Da. Manual tecnológico de aproveitamento integral de fruto e da folha do babaçu. Brasília; Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012.
12. Sousa Junior, A. Substituição parcial do farelo de soja e milho por farelo de babaçu na terminação de ovinos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Piauí – UFPI. Teresina, 53f. 2003.
13. 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 de Mestrado. Universidade Federal do Tocantins – UFT. Araguaína – TO. p. 89. Setembro. 2009.
14. Carvalho, J. D. V. Dossiê Técnico: Cultivo de Babaçu e Extração do Óleo. CDT/UnB, 22f. Abril, 2007.

15. Lorenzi, H. Flora brasileira Lorenzi: *Arecaceae* (palmeiras). 1ª ed. São Paulo: Nova Odessa, p. 367. 2010.
16. Silva, A. J.; Araújo, J. L. L.; Barros, R. F. M. O desafio do babaçu (*Orbignya speciosa* Mart. Ex Spreng) no Piauí. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 33, p. 44-74, 2015.
17. 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.
18. Cavalcante Neto, A. A.; Soares, J. P.; Pereira, C. T. M.; Gomes, M. S. S. O.; Sabaasrur, A. U. O. Utilização de farinha de mesocarpo de babaçu (*Orbignya sp.*) no preparo de massa alimentícia fresca tipo talharim. Brazilian Journal of Food Research, v. 7, n. 1, p. 105-115, 2016.
19. Wilhelms, C. Babaçu riqueza inexplorada: possibilidades para a intensificação das exportações brasileiras através da diversificação das ofertas. Rio de Janeiro: Banco do Brasil/Instituto de Óleos, 1968.
20. Pascoal, L. A. F.; Bezerra, A. P. A; Gonçalves, J. S. Farelo de babaçu: valor nutritivo e utilização na alimentação animal. Revista Eletrônica Nutritime, v. 3, n. 4, p. 339-345, 2006.
21. Rocha, Y. C. N; Junior, R. M. L. Potencial para o desenvolvimento da cadeia produtiva do babaçu - uma revisão literária. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXXVI, 2016, João Pessoa. Anais, João Pessoa - PB, p. 1-10. 2016.
22. Miranda, A. S.; Pacini, C. L. M. Universo Cultural da Palmeira Babaçu. Palmas - TO, Iphan, 2017.
23. Silva, A. J.; Araújo, J. L. L.; Barros, R. F. M. O desafio do babaçu (*Orbignya speciosa* Mart. Ex Spreng) no Piauí. Raega- O Espaço Geográfico em Análise, v. 33, p. 44-74, 2015.

24. Oliveira, N. A. Caracterização da farinha do mesocarpo e do óleo das amêndoas de babaçu (*Orbignya phalerata*, Mart.) obtidos via extração com fluido supercrítico e líquido pressurizado: estudos pré-clínicos e toxicológicos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação Em Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 208 f. p. 36. 2018.
25. Teixeira, M. A. Babassu – a new approach for na ancient Brazilian biomass. Biomass And Bioenergy, v. 32, n. 9, p. 857-864, 2008.
26. Soler, M. P.; Vitali, A. de A.; Muto, E. F. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). Food Science and Technology, v. 27, p. 717-722, 2007.
27. Bezerra, J. B. Babaçu: As guerreiras do Mearin. Revista Globo Rural. São Paulo: Editora Globo, 6: p. 38-45.1999.
28. Gouveia, V. M. O mercado de amêndoas de babaçu no estado do Maranhão. 141f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília - UNB, Distrito Federal, 2015.
29. Souza, I. P. Avaliação da implantação de uma unidade de extração do óleo do coco babaçu para o desenvolvimento sustentável de comunidades tradicionais da região amazônica. 119f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2012.
30. Lima, J. R. O.; Silva, R. B. O.; Silva, C.C.M.; Santos, L. S. S.; Santos Jr, J. R. dos; Moura, E. M.; Moura, C. V. R. de. Biodiesel de babaçu (*Orbignya sp.*) obtido por via etanólica. Química Nova, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 600-603, 2007.
31. Albiero, D. Maciel, A. J. S. Lopes, A. C. Mello, C. A. Gamero, C. A. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata Mart*) para a agricultura familiar. Acta amazônica, v. 37, p. 337-346, 2007.

32. Valadares Filho, S.C.; Magalhães, K.A.; Rocha Júnior, V.R. et al. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 297p, 2002.
33. Farias, L. N.; Vasconcelos, V. R.; Carvalho, F. F. R.; Sarmiento, J. L. R. Dinâmica da fermentação ruminal de coprodutos do babaçu por meio da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 64, p. 1275-1283, 2012.
34. Gasparini, S. P.; Ribeiro, F. B.; Siqueira, C. J.; Bomfim, A. D.; Nascimento, D. C. N. Avaliação nutricional da torta de babaçu para frangos de crescimento lento em diferentes idades. Revista Caatinga, v. 28, n. 2, p. 126-134, abr./jun. 2015.
35. Luz, J. B. Desempenho produtivo e avaliação de carcaça de cordeiros confinados recebidos torta de babaçu na dieta. 35f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia, Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém-PA, 2015.
36. Silva, M.C.da; Siqueira, J.C.de; Vaz, R.G.M.V.; Rodrigues, K.F.; Neiva, A.C.G.R.; Da Silva, G.F.; Fonseca, F.L.R.; Sousa, J.P.L.; Alves, C.F.; Cunha, L.P.N. Substituição do farelo de soja pela torta de babaçu em rações para frangos de corte 22 aos 42 dias de idade. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 2, p. 1099-1110, mar./abr. 2015.
37. Domingos, R. N. Fermentação da Farinha do mesocarpo do coco babaçu (*Orbignya sp*), pela ação de *Rhizopus microsporus var. oligosporus*. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. p.103, 2003.
38. Câmara, P. F. Zuniga, A. D. G.; Pires, C. R. F.; Maziero, L. B. C. R. Obtenção de extrato hidrossolúvel em pó proveniente da torta residual de amêndoas de coco babaçu e aplicação em biscoitos como alternativa de aproveitamento e sustentabilidade. In: Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. 2020.

39. Santos, P. S.; Solidade, L. S.; Souza, J. G. B.; Lima, G. S.; Braga Jr., A. C. R.; De Assis, F. G. V.; Leal, P. L. Fermentação em estado sólido em resíduos agroindustriais para a produção de enzimas: uma revisão sistemática. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*. v.4, n 02, 2018.
40. Calderano, A. A.; Gomes, P. C.; Albino, L. F. T.; Rostagno, H. S.; De Souza, R. M.; Mello, H. H. de C. Composição química e energética de alimentos de origem vegetal determinada em aves de diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 320-326, 2010.
41. Moretto, E.; Fett, R. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos. São Paulo. Varela Editora e Livraria LTDA. 150 p. 1998
42. Ramalho, V.C.; Jorge, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Química Nova*, vol. 29, nº 4, 755-760, São José do Rio Preto, 2006.
43. Lima, J.R.; Nassu, R.T. Substitutos de gorduras em alimentos: características e aplicações. *Química Nova*, v.19 n. 2. p. 127-134. Campinas, SP, 1996.
44. Alves, A. F.; Felipe, C. F. B.; Machado, L. S. AminoViewer3D. Apostila sobre aminoácidos. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa – PB. 28f. 2020.
45. Pires, C. V.; Oliveira, M. G. A.; Rosa, J. C.; Costa, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas. p.179-187, jan.-mar. 2006.
46. Figueiredo, P. Antinutrientes na alimentação humana. 2014.
47. Betoret, E.; Betoret, N.; Vidal, D.; Fito, P. Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science & Technology*, v. 22, n. 9, p. 498-508, 2011.

48. Farzana, W. ; Khalil, I. A. Protein quality of tropical food legumes. *Journal of Science and Technology*, v. 23, p. 13-19, 1999.
49. Saura- Calixto, F. Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: an essential physiological function. *J. Agr. Food. Chem., Davis*, v.59, n.1, 2011.
50. Cerqueira, P.M. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita máxima* L.) sobre metabolismo glicídico e lipídico em ratos. *Revista Nutrição, Campinas, SP*. v.21, n.2, abril, 2008.
51. Liu, Z.; Lin, X.; Huang, G.; Zhang, W.; Rao, P.; Ni, L. Prebiotic effects of almonds and almond skins on intestinal microbiota in healthy adult humans. *Anaerobe*, v. 26, p. 1–6, abr. 2014.
52. Mandalari, G.; Tomaino, A.; Arcoraci, T.; Martorana, M.; Lo Turco, V.; Cacciola, F.; Rich, G.T.; Bisignano, C.; Saija, A.; Dugo, P. In vitro evaluation of the prebiotic properties of almond skins (*Amygdalus communis* L.). *FEMS Microbiology Letters*, v. 304, n. 2, p. 116–122, mar. 2010.
53. Quagliani, D.; Felt-Gunderson, P. Closing America’s fiber intake gap: communication strategies from a food and fiber summit. *American Journal of Lifestyle Medicine*, v.11, p. 80-85, 2017.
54. SisGen, Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e Conhecimento Tradicional Associado. Rio de Janeiro, Brasil: Governo do Brasil; 2022.
55. Lei nº 13.123 de 20 de maio de 2015. Brasília, Brasil: Presidência da República, Secretaria-Geral de Assuntos Jurídicos; 2015.
56. Adams, W. J. Aquatic Toxicology Testing Methods. In: Hoffman, D. J.; Rattner, B. A.; Burton, G. A. J. (Org.). *Handbook of ecotoxicology*. Boca Raton: Lewis, p. 25-34. 1995.

57. Diana, F.; Fernández, V.; Torres, E. Evaluación de la actividad genotóxica de efuentes de curtiembres del Dpto. Central de la región oriental. Paraguay. Revista de Ciencia y Tecnología. 2, 37-48, 2000.
58. Fiskesjö, G. The *Allium* test as standard in environmental monitoring. Hereditas, 102, 99 – 112, 1985.
59. Fiskesjö, G. The *Allium* Test – A Potential Standard for the Assessment of Environmental Toxicity. In: Gorsuch, J. W. (Ed.), ASTM (American Society of Testing Materials) Special Technical Publication 1216, Environmental Toxicology and Risk Assessment. 331-345, 1993.
60. Grant, W. F. Chromosome aberration assays in *Allium*. A report of the U. S. Environmental Protection Agency Gen-Tox Program. Mutation Res. 99 (3), 273-291, 1982.
61. Skehan, P., Storeng, R., Scudiero, D., Monks, A., McMahon, J., Vistica, D., Warren, J.T., Bodesch, H., Kenney, S., Boyd, M. R. New colorimetric cytotoxicity assay for anticancer – drug screening. J. Natl. Cancer Inst., 82(13): 1107-1112. 1990.
62. Mossman, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. J. Immunol. Methods, 65: 55-63, 1983.
63. Berridge, M. V., Tan, A. S., McCoy, K. D., Wang, R. The Biochemical and Cellular Basis of Cell Proliferation Assays that Use Tetrazolium Salts. Biochemica, 4: 14-19, 1996.
64. Instituto Adolfo Lutz - IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Versão eletrônica. São Paulo. 1020 p. 2008.
65. Association of Official Analytical Chemistry - AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20 th ed. Gaithersburg, 2016.

66. Association of Official Analytical Chemistry - AOAC. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.
67. Buchholz, A.C.; Schoeller, D.A. Is a calorie a calorie? The American Journal of Clinical Nutrition, v.79, p.899–906, 2004.
68. Association of Official Analytical Chemistry - AOAC International Method 991.43. In Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th ed., 3rd rev. Gaithersburg, MD, 2010a.
69. White Ja, Hart Rj, Fry Jc. An Evaluation of The Waters Pico-Tag System For The Amino-Acid-Analysis of Food Materials. Journal of Automatic Chemistry 8(4): 170-177 Oct/Dec 1986.
70. Hagen Sr, Frost B, Augustin J. Precolumn Phenylthiocyanate Derivatization And Liquid-Chromatography of Amino-Acids in Food Journal of The Association of Official Analytical Chemists 72 (6): 912-916 Nov/Dec 1989.
71. Folch, J.; Less, M.; Stanley, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal Biological Chemistry, v.226, n. 1, 1957.
72. Hartman, L.; Lago, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters. Laboratory Practice, v. 22, n. 6, p. 475-494, 1973.
73. Alcântara, M. A., De Lima, A. E. A., Braga, A. L. M., Tonon, R. V., Galdeano, M. C., Mattos, M. C., Brígida, A. I. S., Rosenhaim, R., Dos Santos, N. A., Cordeiro, A. M. T. M. Influence of the emulsion homogenization method on the stability of chia oil microencapsulated by spray drying. Powder Technology, 354, 877-885. 2019.
74. Coelho, E.M.; Padilha, C. V.S.; Miskinis, G.A.; Sá, A. G. B.; Pereira, G.E.; Azevédo, L.C.; Lima, M.S. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. Journal of Food Composition and Analysis, v.66, p.160-167, 2018.

75. Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS. p.319.1997.
76. Silva, D. J.; De Queiroz, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2002.
77. Sarruge, J.R.; Haag, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ/USP. p.56. 1974.
78. Association of Official Analytical Chemistry - AOAC Official Method 999.10 Lead, Cadmium, Selenium, Copper, and Iron in Foods Atomic Absorption Spectrophotometry after Microwave Digestion First Action NMLK–AOAC Method. 1999.
79. Dutra, M. da C. P.; Rodrigues, L.L.; Oliveira, D. de.; Pereira, G. E.; Lima, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. Food Chemistry, v.269, p.157-165, 2018.
80. Coelho, E.M.; Padilha, C. V.S.; Miskinis, G.A.; Sá, A. G. B.; Pereira, G.E.; Azevédo, L.C.; Lima, M.S. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. Journal of Food Composition and Analysis, v.66, p.160-167, 2018.
81. Lima, M. S.; Nunes, P. C.; Silva, B. L. A.; Padilha, C. V. S.; Bonfim, T. H. F.; Stamford, T. L. M.; Vasconcelos, M. A. S.; Aquino, J. S. Determining 1-kestose, nystose and raffinose oligosaccharides in grape juices and wines using using HPLC: method validation and characterization of products from Northeast Brazil. Journal Food Science and Technology, v.56, n. 528, p.4575-4584, 2019.
82. Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; De Brito, E. S.; De Moraes, S. M.; Sampaio, C. G.; Jiménez, J.P.; Saura-Calixto, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). ISSN 1679-6535. 1ª ed.

online. Embrapa Agroindustrial Tropical. Fortaleza, CE. Dezembro, 2006.

83. Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; De Brito, E. S.; De Moraes, S. M.; Sampaio, C. G.; Jiménez, J.P.; Saura-Calixto, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. ISSN 1679-6535. 1ª ed. online. Embrapa Agroindustrial Tropical. Fortaleza, CE. Dezembro, 2007.

84. Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; De Brito, E. S.; De Moraes, S. M.; Sampaio, C. G.; Jiménez, J.P.; Saura-Calixto, F. D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS^{•+}. ISSN 1679-6535. 1ª ed. online. Embrapa Agroindustrial Tropical. Fortaleza, CE. Dezembro, 2007.

85. Skehan, P.; Storeng, R.; Scudiero, D.; Monks, A.; McMahon, J.; Vistica, D.; Warren, J.T.; Bodesch, H.; Kenney, S.; Boyd, M. R. New colorimetric cytotoxicity assay for anticancer – drug screening. *J. Natl. Cancer Inst.*, 82(13): 1107-1112. 1990.

86. Berridge, M. V., Tan, A. S., McCoy, K. D., Wang, R. The Biochemical and Cellular Basis of Cell Proliferation Assays that Use Tetrazolium Salts. *Biochemica*, 4: 14-19, 1996.

87. Menezes Filho, A. C. P. de, Cordeiro, D. A., Oliveira Filho, J. G. de, & Castro, C. F. de S. Biometria do fruto e avaliações físico-química e antioxidante da farinha de calabura. *Agrarian*, p. 437–447, 2020.

88. Nort Carolina Departament Of Agriculture And Consumer Services. pH y los alimentos. Disponível em: <<http://www.ncagr.gov/>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

89. Mello, J. G. de. Avaliação bioquímica e nutricional da proteína da farinha desengordurada de amêndoa do babaçu. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Campinas, SP. 69f 1983.

90. Pessoa, R. A. Composição nutricional e bioativa da amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*). 94p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2016.
91. Canuto, G. A. B.; Xavier, A. A. O.; Neves, L. C.; Benassi, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.
92. Castro, M. S. da S.; Kwiatkowski, A.; Silva, A. G.P.; Daniel, A. B. R.; Souza, G. dos S. Avaliação nutricional de amêndoas de baru e elaboração de creme das amêndoas. *Cadernos de Agroecologia*. v.13, n. 2, dez. 2018.
93. Peixoto, A. R. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo: Nobel, 282 p. São Paulo, SP. 1973.
94. Da Silva, B.P.P.C.; Pinheiro, V.J.F.; Barbosa, I.C. da C.; Cardoso, D.F.S.R.; Santos, L.P.; Rosa, R.M.S.S. Avaliação das características físico-químicas da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) e da castanha portuguesa (*Castanea sativa mill.*). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*. v.15, n.2, p.3700-3723, jul/dez. 2021
95. Souza, A. D. V.; Fávaro, S. P.; Ítavo, L. C. V.; Roscoe, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e cramble. *Nutrição Animal*. Pesquisa agropecuária brasileira. Out. 2009.
96. Verediano, F. C.; Aproveitamento da torta residual da extração do óleo da Polpa de Macaúba para fins alimentícios. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Belo Horizonte , MG, 2012.
97. Salvador, A. A.; Atividade antioxidante e perfil de ácidos graxos de extratos da torta de noz pecã (*Carya illinoensis*) obtidos por

extração supercrítica. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis – SC, 2014.

98. Magalhães da Silva, M.J; Jesus L. S. R., R.; Magalhães, R.; Nepomuceno dos S. P.; Costa Dos Santos, D. ; Silva, A.R.; Costa De Oliveira, M.B. ;Cantanhede, E.C. Diferentes metodologias para a produção do óleo do coco babaçu (*Orbignya speciosa*).56ºCongresso Brasileiro de Química. Química: Tecnologia, Desafios e Perspectivas na Amazônia. Belém – PA, 2016.

99. Institute of Medicine - IOM. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington (DC): National Academy Press, 2005.

100. Brasil. Ministério da Saúde. Guia Alimentar para a População Brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília: Ministério da Saúde, 210p. 2006.

101. Associação Americana de Diabetes - ADA. Padrões de cuidados médicos em diabetes - 2022 abreviado para prestadores de cuidados primários. *Clin. Diabetes* 40 , p.10–38. 2022.

102. Toh, D.W.K; Koh, E.S.; Kim, J.E. A redução do índice glicêmico do café da manhã e da carga glicêmica atenua a resposta glicêmica pós-prandial: uma meta-análise sistematicamente pesquisada de ensaios clínicos randomizados. *Nutrition*,71.2020

103. Holanda, C.; Ryden, P.; Edwards, C.H; Grundy, M.M.L. Paredes celulares vegetais: impacto na bioacessibilidade e digestibilidade dos nutrientes. *Foods*, 9 , 201. 2020

104. Cai, M.; Dou, B.; Pugh, J.E.; Lett, A.M.; Frost, G.S. O impacto da estrutura alimentar amilácea na resposta glicêmica pós-prandial e no apetite: uma revisão sistemática com meta-análise de ensaios cruzados randomizados. *Sou. J. Clin. nutr.* , 114 , p. 472–487. 2021

105. Silva, J. de F.; Santos, M. T. de O.; Mesquita, F. R.; Alves, W.F.; Junior, A. P. Comparação entre as características bromatológicas das amêndoas de cacau (*theobroma cacao*), cupuaçu (*theobroma grandiflorum*) e cupuí (*theobroma subincanum*). Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.28; p.312-317, 2018.
106. Pereira-Freire, J.A.; Aquino, J.deS. ; Campos, A.R.N. ; Viana,V. G.F. ; Costa Júnior, J.S. da ; Silva, J. do N.; Moura, A.K.S. ; Citó, A.M. das G. L. ; Moreira-Araújo, R.S. dos R. ; Frota, K. de M.G. ; Medeiros, S.R. A.; Ferreira, P. M. P. . Nutritional, Physicochemical and Structural Parameters of Mauritia flexuosa Fruits and By-Products for Biotechnological Exploration of Sustainable Goods. Food Technology And Biotechnolog, v. 60, p. 155-165, 2022.
107. World Health Organization - WHO. Report of Joint WHO/FAO/UNU. Expert Consultation: Protein and amino acid requirements in human nutrition. Geneva: WHO; 2011.
108. Pires, C. V. Oliveira, M. G. A. Rosa, J. C. Costa, N. M. B. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. Ciência Tecnologia Alimentos, Campinas, 26(1): 179-187, jan./mar. 2006.
109. Verma, D. K; Srivastav, P.P. Bioactive compounds of rice (*Oryza sativa*L.): Review on paradigm and its potential benefit in human health. trends in Food Science & Technology. v.97, p. 355-365, 2020.
110. Duarte, I. D.; Rogério, J. B.; Antoniassi, R.; Bizzo, H. R.; Junqueira, N. T. V. Variação da composição de ácidos graxos dos óleos de polpa e amêndoa de Macaúba. 4º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. 7º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Belo Horizonte - MG, 63-64 p. 2010.
111. Silva, E.L. Desenvolvimento de nanopartículas lipídicas sólidas contendo ácido retinóico e ácido láurico para o tratamento tópico

da acne vulgaris. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte (MG): Universidade Federal de Minas Gerais; 2011.

112. Vianni R, Braz-Filho R. Ácidos graxos naturais: importância e ocorrência em alimentos. *Química Nova*. 19(4): p. 400-407. Dez. 1995.

113. Dibner, J. J.; Buttin, P. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 11, p. 453- 463. 2002.

114. Eavis, R. M.; Booth, E. J.; Walker, K. C.; Taylor, B. R.; Wight-Man, P. S. Effect of lauric acid and nicin impregnated soy based films on the growth of *Listeria monocytogenes* on turkey bologna. *Poultry Science*, v. 81, p.721-726. 1997.

115. Mendes, B.D.; Lemes, L.S.; Cruz, R.C.S.; Filho, A.V.M.; Castro, M.L.L.; Carneiro, L.C. Teor de ácido oleico nos óleos de girassol, milho e soja. *Revista de Trabalhos Acadêmicos*, v.3, n. 6, p. 19-25. 2012.

116. Pimenta, T.V. Metodologias de Obtenção e Caracterização dos Óleos do Fruto da Macaúba com Qualidade Alimentícia: da Coleta à Utilização. Dissertação de Mestrado - UFMG. Belo Horizonte - MG. 2010.

117. Medeiros, E. A. Separação de Ácidos Graxos Via Programação Ótima de Destilação em Batelada. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

118. Sant'ana, L. S. Mecanismos bioquímicos envolvidos na digestão, absorção e metabolismos dos ácidos graxos ômega. *Revista Brasileira de Promoção a Saúde*, p. 211 - 216. 2014.

119. Munhoz, C. L.; Guimarães, R. de C. A.; Nozaki, V. T.; Sanjinez-Argandoña, E. J.; Macedo, M. L. R.. Composição química e de fatores antinutricionais de frutos de bocaiuva. *Ambiência Guarapuava – PR*. v.14 n.1 p. 212 - 224 jan/abr. 2018.

120. Meireles, B.R.L.A; Alcantara, M.A.; Brito, I.L.; Lima, R.P.; Sousa, A.S.B.; Cordeiro, A.M.T.M. Physicochemical aspects and nutritional quality of coco catolé (*Syagrus cearensis*). Research, Society and Development. v.9, n.7, p.1 -18. 2020.
121. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 23 de setembro de 2005.
122. Lopes, B. de O. Castanhas da Amazônia: composição nutricional e benefícios para a saúde. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 70f. 2021.
123. Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O.I, Bourdon, E. and Bahroun, T. Polyphenol Composition, Vitamin C Content and Antioxidant Capacity of Mauritian Citrus Fruit Pulps. Food Research International, 44, p. 2088-2099. 2011.
124. Fernández-Larrea, J.; Pinent, M.; Bladé, M.C.; Salvadó, M.J.; Blay, M.; Pujadas, G.; Ardévol, A.; Arola, L. Alimentos ricos en procianidinas, alimentación funcional para prevenir la aparición de síndrome metabólico. Revista Española de Obesidad, v.2, p. 98-108, 2007.
125. El Maaiden E.; Kharassi Y. El.; Lamaoui, M.; Allai, L.; Essamadi, A. K.; Nasser, B.; Moustaid, K. Variation in minerals, polyphenolics and antioxidante activity of pulp, seed and almond of diferente *Ziziphus species* grown in Morocco. Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 23, e2019206, 2020.
126. Bisinotto, M. S.; Da Silva, D.C.; Fino, L. de C.; Simabuco, F. M.; Bezerra, R. M. N.; Antunes, A. E. C.; Pacheco, M. T. B.

Bioaccessibility of cashew nut kernel flour compounds released after simulated in vitro human gastrointestinal digestion, *Food Research International*, v. 139, 2021.

127. Daniel, J.R. Estrutura e propriedades da celulose. Na enciclopédia de ciência e engenharia de polímeros; Kroschwitz, JI, Ed.; Publicação da Wiley-Interscience John Wiley & Sons: Nova York, EUA.v.3, p. 86 – 123. 1985.

128. Martins, M.A., Morelli, C.L., Marinelli, A.L., Marconcini, J. M., & Bretas, R.E.S. Caracterização das fibras amazônicas de pupunha, babaçu e balsa através de DRX, TG e RMN. In: Congresso Brasileiro de Polímeros-Cbpol, 11. Campos do Jordão - SP. Anais. São Carlos: ABPol, 2011.

129. Soares, L.A., Alexandrino, A.C., Souza, C.P., Duarte, M.M.L. Caracterização do bagaço de cana de açúcar visando a produção de carvão ativado. In: Congresso Brasileiro de Química. Rio Grande do Norte. 2014.

130. Sousa, F.W. Green coconut shells applied as adsorbent for removal of toxic metal ions using fixed-bed column technology. *Journal of Environmental Management*, agosto, 2010. v. 91, p. 1634-1640, 2010.

131. Sousa, F.W. Single and multielementary isotherms of toxic metals in aqueous solution using treated coconut shell powder. *Desalination and Water Treatment*, v. 36, p. 289-296. 2011.

132. Lima, A.C.A.; Vidal, C.B.; Melo, D.Q.; Raulino, G.S.C.; Sasaki, J.M.; Nascimento, R. F. Caracterização de materiais adsorventes. Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza, 2014.

133. Mothé, C.G.; Azevedo, A.D.D. Análise térmica de materiais. São Paulo: Artliber, 2009.

134. Rangel, J.H.G.; Oliveira, M.M.; Carneiro, F.J.C.; Melo, L.P. Conceição, M.M.; Rojas, M.O.A.I.; De Souza, A. G. Estudo termogravimétrico e das propriedades nutricionais do mesocarpo de babaçu (*Orbignya Speciosa*) em adição ao pão. Revista ACTA Tecnológica - Revista Científica, v. 6, n. 2, jul-dez. 2011.