



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA–MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO- PPGAN

Rayanne Araujo Pessoa

**COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E BIOATIVA DA AMÊNDOA DO TUCUM
(*Astrocaryum vulgare*)**

Teresina
2016

Rayanne Araujo Pessoa

**COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E BIOATIVA DA AMÊNDOA DO TUCUM
(*Astrocaryum vulgare*)**

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

Área: Qualidade de Alimentos

Orientador: Dr. Alessandro de Lima

Teresina
2016

Rayanne Araujo Pessoa

**COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E BIOATIVA DA AMÊNDOA DO TUCUM
(*Astrocaryum vulgare*)**

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

Área: Qualidade de Alimentos

Orientador: Dr. Alessandro de Lima

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alessandro de Lima-IFPI
(Orientador/Presidente)

Prof^a. Dra. Ana Mara de Oliveira e Silva-UFS
1º Examinador

Prof^a. Dra. Eldina Castro Sousa -IFPI
2º Examinador

Prof^a. Dra. Cecília Maria Resende Gonçalves de Carvalho-UFPI
3º Examinador – suplente

Teresina
2016

DEDICO

A Deus, pai todo poderoso, por todas as graças recebidas, pela saúde, força e por sempre iluminar meu caminho na certeza de que tudo ia se cumprir.

Aos meus pais, Neuraci e Raimundo pelo amor incondicional, admiração, apoio e incentivo constante. E ao meu irmão maravilhoso Mateus pelo carinho de sempre.

Para vocês todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Senhor, Pai Todo Poderoso, só tenho a agradecer por tudo que tens feito em minha vida. Obrigada pelas bênçãos diárias. Obrigada por ser a mão que me sustenta e me protege. Obrigada pela certeza de que tudo ia se cumprir!

Agradeço aos meus pais Neuraci Pessoa e Raimundo Araujo e ao meu maravilhoso irmão Mateus, meus exemplos, pelo amor incondicional, apoio e confiança, vocês são o meu maior tesouro e a minha fortaleza!!!

Ao meu noivo Gilbert pelo amor, apoio constante aos estudos, compreensão e pela ajuda valiosa durante o mestrado.

À minha família (tios, primos, avós) pelo amor, apoio de cada um de vocês e pelos vários momentos de alegrias. Saibam que vocês tornam a minha vida mais doce! Agradeço em especial aos meus tios-pais: Bidita e Rangel pelo amor, cuidado de filha e a oportunidade que me deram, essa conquista é nossa!. Em especial também agradeço aos meus primos-irmãos e amigos, Stefy, Gabriella e Lucas por dividirem a vida de vocês comigo e terem permitido que eu dividisse a minha com vocês também, obrigada de coração, serei eternamente grata a cada um de vocês!!! A Fernanda pelo carinho, apoio, companhia e pelos momentos de descontração. Amo você!

À prima Walkíria e seu esposo Leonardo que prontamente se dispuseram a me ajudar em tudo que eu precisasse, sempre muito solícitos. Obrigada pelo carinho que tens por mim, é recíproco. Podem contar comigo.

Agradeço ainda as minhas grandes amigas Dhenne e Natailde, aos amigos da biologia, Paula, Mário, Cícero e Antônio pelos momentos de descontração, conversas agradáveis, carinho e compreensão nos momentos de ausência. Obrigada pela torcida. À Maria Fernanda, Vânia e Rita, pelos momentos compartilhados, apoio, compreensão, companhia e conversas agradáveis. Vocês são realmente especiais para mim. Agradeço ainda e de forma especial, as minhas queridas amigas Laíza, Edilene, Kaliny, Ravena e Fabricianne, que nem mesmo a distância e o tempo conseguem diminuir o amor e o carinho que sinto por vocês.

Ao meu orientador Professor Alessandro, o qual tenho uma enorme admiração. Obrigada por ter permitido que eu vivenciasse a prática laboratorial e docente, me deixando sempre à vontade, saiba que muito me acrescentou. Obrigada pelos ensinamentos, disponibilidade, confiança e compreensão ao longo

desse trabalho. Agradeço ainda pela pessoa simples e doce que você é. Obrigada por tudo! Obrigada por ser meu Orientador!

Aos amigos da turma PPGAN pelo período em que estivemos juntos, dividindo angústias e alegrias. Aprendi muito com cada um de vocês.

À Thaís e os alunos da iniciação científica Thiago e Isaac pela disposição e auxílio durante a realização das análises.

Agradeço ainda a professora Ana Zélia pela valiosa ajuda na identificação botânica.

À Daniela pela disponibilidade e paciência durante o auxílio estatístico desse trabalho, mesmo diante de tantas outras responsabilidades, dentre elas a mais bela: a de ser mãe.

Ao Jurandy, pessoa de fundamental importância durante as realizações das análises, obrigada pela boa vontade de sempre!

Ao Instituto Federal do Piauí, *campus* Zona Sul por ter permitido a realização das análises.

Aos professores de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Piauí-IFPI em especial à Prof^a Rosana, Prof^a Regiane, Prof^o Robson, Prof^a Lidiana e Prof^a Vera, pessoas que admiro e tenho um enorme carinho.

Aos professores que fazem parte do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, pelo ensino e incentivo.

As professoras Ana Mara, Ana Maria, Eldina e Cecília que gentilmente aceitaram participar como membro da banca examinadora para avaliar nosso trabalho, dando suas valiosas contribuições para a melhoria deste. Agradeço ainda as contribuições da professora Christina Muratori durante a etapa de qualificação do projeto.

À capes pelo incentivo à pesquisa e pela bolsa concedida.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a construção deste trabalho.

A todos a minha sincera e eterna gratidão!

“Mantenha seus pensamentos positivos, porque seus pensamentos tornam-se suas palavras. Mantenha suas palavras positivas, porque suas palavras tornam-se suas atitudes. Mantenha suas atitudes positivas, porque suas atitudes tornam-se seus hábitos. Mantenha seus hábitos positivos, porque seus hábitos tornam-se seus valores. Mantenha seus valores positivos, porque seus valores tornam-se seu destino”.

Mahatma Gandhi

RESUMO

PESSOA, R. A. **Composição nutricional e bioativa da amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*)**. 2016. 94p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2016.

O tucunzeiro (*Astrocaryum vulgare*) é uma palmeira que pertence à família Arecaceae, muito difundida no cerrado brasileiro e sua amêndoa é bastante apreciada e consumida de diversas formas, sendo utilizada na alimentação humana e animal. O objetivo dessa pesquisa foi realizar a identificação botânica da espécie estudada, avaliar a composição físico-química, nutricional, os compostos bioativos, a atividade antioxidante *in vitro* e a atividade citotóxica da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*) encontrada no cerrado maranhense. A determinação das características físicas, físico-químicas, composição centesimal e perfil de minerais foram realizadas segundo metodologias oficiais; os ácidos graxos foram determinados por cromatografia gasosa; os compostos bioativos (flavonóides, antocianinas, carotenóides, ácido ascórbico e fenólicos totais) foram determinados por espectrofotometria com exceção do ácido ascórbico que foi realizado pelo método de Tillmans (titulação); a atividade antioxidante *in vitro* foi realizada utilizando os radicais DPPH e TEAC-ABTS e o teste de toxicidade utilizando o bioensaio com *Artemia salina* sp. Os resultados demonstraram que a amêndoa do tucum possui alta densidade energética, com 37,4% de carboidratos, 38,73% de lipídios totais, destes, os ácidos graxos majoritários foram os saturados (87,44%), com destaque para o ácido láurico (51,82%). Foram encontrados os minerais cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, cobre, zinco e manganês, destacando-se este último, como maior fonte deste micronutriente entre alimentos brasileiros (11,88mg.100g⁻¹). Na quantificação dos compostos bioativos verificou-se 2,99; 0,61 e 68,33mg.100g⁻¹ para flavonóides, antocianinas e ácido ascórbico, respectivamente e 1,44µg de β-caroteno.g⁻¹ para carotenóides totais. Na quantificação de fenólicos totais, observou-se maior concentração no extrato etanólico (533,60±16,81mg EAG.100 g⁻¹), seguido dos extratos acetônico (139,15±3,67) e aquoso (57,20±0,89). Nos dados da atividade antioxidante para os dois métodos de sequestro dos radicais DPPH e ABTS, o extrato etanólico apresentou a maior capacidade antioxidante com EC₅₀: 66,38±5,33µg.mL⁻¹ e valor TEAC: 43,07±1,96µmol Trolox.g⁻¹, seguidos dos extratos aquoso (EC₅₀:2074,09±264,88µg.mL⁻¹ e valor TEAC:7,54±1,25µmol Trolox.g⁻¹) e acetônico (EC₅₀:3443,19±271,36µg.mL⁻¹ e valor TEAC:7,03±0,44µmol Trolox.g⁻¹). Em relação ao teste de toxicidade, a amêndoa do tucum não foi considerada tóxica nas concentrações testadas. Portanto, a referida amêndoa possui elevado valor nutricional, com vários compostos bioativos, destacando-se seu alto teor de fenólicos totais com atividade antioxidante e o seu consumo associado a uma dieta equilibrada trará benefícios à saúde.

Palavras-chave: *Astrocaryum vulgare*. Composição nutritiva. Compostos bioativos. Atividade antioxidante. Toxicidade.

ABSTRACT

PESSOA, R. A. **Nutritional composition and bioactive of tucum Almond (*Astrocaryum vulgare*)**. 2016. 94p. Thesis (Masters) - Masters Program in Food and Nutrition, Universidade Federal do Piauí, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2016.

The tucunzeiro (*Astrocaryum vulgare*) is a palm tree belonging to the family Arecaceae, widespread in the Brazilian cerrado and its almond is highly appreciated and consumed in different ways, being used in food and feed. The objective of this research was to conduct the botanical identification of the studied species, evaluate the physical and chemical composition, nutritional, bioactive compounds, antioxidant activity in vitro and cytotoxic activity almond tucum (*Astrocaryum vulgare*) found in Maranhão cerrado. The determination of the physical, physico-chemical, chemical composition and mineral profile were carried out according to official methodologies; fatty acids were determined by gas chromatography; bioactive compounds (flavonoids, anthocyanins, carotenoids, ascorbic acid and phenolic compounds) were determined by spectrophotometry with the exception of ascorbic acid was carried out by Tillmans method (titration); in vitro antioxidant activity was performed using DPPH and TEAC ABTS-radical and toxicity bioassay test using *Artemia salina* sp. The results showed that the almond tucum has high energy density, with 37.4% carbohydrates, 38.73% of total lipids, of these, the major fatty acids were saturated (87.44%), especially for acid lauric (51.82%). the minerals calcium were found, iron, magnesium, phosphorus, potassium, copper, zinc and manganese, especially the latter, as a major source of this micronutrient between Brazilian food (11,88mg.100g⁻¹). In quantifying the bioactive compounds found to be 2.99; 0.61 and 68,33mg.100g⁻¹ for flavonoids, anthocyanins and ascorbic acid, respectively, and 1,44µg of β-caroteno.g-1 for total carotenoids. The quantification of total phenolics, there was a higher concentration in the ethanol extract (533.60 ± 16,81mg EAG.100 g⁻¹), followed by acetone extracts (139.15 ± 3.67) and aqueous (57.20 ± 0.89). In the data of antioxidant activity for both sequestration methods of DPPH and ABTS radical, the ethanol extract showed the highest antioxidant activity with EC₅₀: 66.38 ± 5,33µg.mL⁻¹ and TEAC value: 43.07 ± 1,96µmol Trolox.g⁻¹, followed by aqueous (EC₅₀: 2074.09 ± 264,88µg.mL⁻¹ and TEAC value: 7.54 ± 1,25µmol Trolox.g⁻¹) and acetone (EC₅₀: ± 3443.19 271,36µg.mL⁻¹ and TEAC value: 7.03 ± 0,44µmol Trolox.g⁻¹). Regarding the toxicity test, almond tucum was not considered toxic at the concentrations tested. Therefore, said almond has a high nutritional value, with various bioactive compounds, especially its high content of phenolic compounds with antioxidant activity and their consumption associated with a balanced diet will bring health benefits.

Keywords: *Astrocaryum vulgare*. Nutritional composition. Bioactive compounds. Antioxidant activity. Toxicity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Distribuição do bioma cerrado no Brasil.....	19
Figura 02	A) Palmeira do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) agrupada em touceira. B) Palmeira do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) solitária. C) Estipe da palmeira do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) coberto por espinhos pretos e longos. D) Folhas pinadas da palmeira de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>). E) Inflorescência do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) protegida por brácteas. F) Fruto do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) verde, agrupados em cacho.....	26
Figura 03	A) Fruto maduro do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>). B) Amêndoa de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>). C) Estágios de secagem do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>), da esquerda para a direita: fruto maduro, fruto em processo de secagem natural, fruto completamente seco, amêndoa (endosperma retirado do endocarpo).....	27
Figura 04	Exemplos de estruturas químicas de alguns carotenóides.....	33
Figura 05	Estrutura química geral de um flavonóide.....	35
Figura 06	Estrutura química dos principais flavonoides encontrados em frutas.....	36
Figura 07	Fluxograma dos procedimentos gerais do trabalho.....	38
Figura 08	Montagem da exsicata da palmeira do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	39
Figura 09	(1) Frutos do tucum maduros; (2) amêndoas; (3) moinho analítico; (4) amêndoa triturada.....	40
Figura 10	Representação esquemática das dimensões mensuradas: A) Fruto inteiro e B) amêndoa de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	41
Figura 11	Potenciômetro.....	42
Figura 12	(1) Diluição das amostras em triplicata; (2) Filtração à vácuo; (3) Espectrofotômetro.....	47
Figura 13	Obtenção dos extratos aquoso, etanólico e acetônico das amêndoas do tucum.....	50
Figura 14	(1) Equipamento de ultrasson; (2) Interior do equipamento de ultrasson com os três extratos; (3) Centrífuga.....	50
Figura 15	Curva de calibração do ácido gálico ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$).....	51

Figura 16	Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de Trolox em etanol (10 a 1000 $\mu\text{mol.mL}^{-1}$) frente ao radical ABTS ^{•+} (734 nm).....	53
Figura 17	Análise de toxicidade em <i>Artemia salina</i> sp.....	54
Figura 18	Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	62
Figura 19	Curvas cinéticas da degradação do radical DPPH pelos antioxidantes presentes no extrato aquoso (a), etanólico (b) e acetônico da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	71
Figura 20	Curva cinética da atividade antioxidante, pelo método ABTS, da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Ações e mecanismos de diversas substâncias antioxidantes.....	31
Tabela 02	Ações e mecanismos de diversas substâncias antioxidantes não enzimáticas.....	32
Tabela 03	Classificação taxonômica da espécie <i>Astrocaryum vulgare</i>	55
Tabela 04	Características físicas e físico-químicas dos frutos de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) coletados em Passagem Franca-MA, 2015....	56
Tabela 05	Composição centesimal (g/100g de amostra) e valor energético total (Kcal/100 g) da amêndoa de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	58
Tabela 06	Composição de minerais (mg.100g ⁻¹ de amostra <i>in natura</i>) da amêndoa de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) coletadas em Passagem Franca-MA e Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos.....	60
Tabela 07	Composição (%) de ácidos graxos presentes no óleo da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	64
Tabela 08	Compostos bioativos (flavonóides totais, antocianinas totais, carotenóides totais e ácido ascórbico) presentes na amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	65
Tabela 09	Teores de Fenólicos totais (mg EAG.100 g ⁻¹ amostra) em extratos aquoso, etanólico e acetônico obtidos da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	67
Tabela 10	Atividade antioxidante, expressos pelo percentual de proteção (%) e EC ₅₀ (µg.mL ⁻¹) pelo método de sequestro do radical DPPH• para os extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	69
Tabela 11	Valor TEAC (Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao TROLOX) pelo método ABTS ⁺⁺ dos extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	72
Tabela 12	CL ₅₀ do extrato aquoso da amêndoa de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) testado em diferentes concentrações.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Estudos sobre os compostos bioativos encontrados em frutos do cerrado Brasileiro.....	23
Quadro 02	Modelo da etiqueta do Herbário Ático Seabra-Universidade Federal do Maranhão com os dados característicos da planta	55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Abs	Absorbância
ABTS ⁺⁺	2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-acido sulfônico)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATP	Adenosina trifosfato
ATT	Acidez total titulável
Ca	Cálcio
CAT	Catalase
CG	Cromatografia gasosa
CL50%	Concentração letal 50%
cm	Centímetro
Cu	Cobre
DCF1	Sal sódico 2,6-diclorofenol indofenol
DPPH [*]	2,2-difenil-1- picrilidrazil
DRI	Dietary Reference Intakes
EC ₅₀	Concentração que inibe 50% da oxidação
EAG	Equivalente de ácido gálico
ERO's	Espécies reativas do oxigênio
FAO	Organização das Nações Unidas para alimentação e Agricultura
Fe	Ferro
GPx	Glutathione Peroxidase
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
HIV	Vírus da Imunodeficiência Humana
IDR	Ingestão diária recomendada
K	Potássio
kcal	Quilocaloria
Kg	Quilograma
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LDL-ox	Lipoproteína de baixa densidade oxidada
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
mL	Mililitros

mm	Milímetro
mmol	Milimol
Mn	Manganês
N	Normalidade
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
nm	Nanômetro
NO [•]	Óxido nítrico
O ₂ ^{•-}	Radical superóxido
[•] OH	Radical hidroxil
ONOO	Peroxinitrito
P	Fósforo
PA	Pró-análise (grau analítico)
PAA	Programa de Aquisição de Alimentos
PGPM-Bio	Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade
pH	Potencial hidrogeniônico
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
PNAN	Política Nacional de Alimentação e Nutrição
PNPSB	Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
ppm	Parte por milhão
PSE	Programa Saúde na Escola
rpm	Rotação por minuto
Se	Selênio
SOD	Superóxido Dismutase
TEAC	Capacidade antioxidante total equivalente ao Trolox
VET	Valor energético total
Zn	Zinco
µL	Microlitros
µmol	Micromol

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Cerrado brasileiro e suas potencialidades.....	19
2.2 Importância da identificação botânica das espécies do cerrado brasileiro.....	21
2.3 Potencial alimentício dos frutos do cerrado brasileiro.....	22
2.3.1 Tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>): considerações gerais e uso na alimentação	24
2.4 Espécies reativas e estresse oxidativo.....	27
2.5 Sistemas de defesas antioxidantes.....	29
2.5.1 Defesas antioxidantes enzimáticas.....	29
2.5.2 Defesas antioxidantes não enzimáticas.....	32
2.5.2.1 Carotenoides.....	32
2.5.2.2 Compostos fenólicos	34
3 OBJETIVOS	37
3.1 Objetivo Geral	37
3.2 Objetivos específicos	37
4 METODOLOGIA	38
4.1 Obtenção dos frutos e identificação botânica.....	39
4.2 Local e período de estudo.....	39
4.3 Preparo das amostras e trituração das amêndoas.....	40
4.4 Caracterização física e físico-química do fruto.....	41
4.4.1 Peso médio, biometria (diâmetro longitudinal e transversal) e rendimento.	41
4.4.2 pH.....	41
4.4.3 Acidez total titulável.....	42
4.5 Determinação da composição centesimal da amêndoa de tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	42
4.5.1 Umidade.....	42
4.5.2 Resíduo mineral fixo (cinzas).....	43
4.5.3 Lipídios.....	43
4.5.4 Proteína.....	44
4.5.5 Carboidratos totais.....	45
4.5.6 Valor energético total (VET).....	45

4.6 Análise de Minerais.....	45
4.7 Perfil de ácidos graxos da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	46
4.8 Compostos bioativos.....	46
4.8.1 Determinação de flavonóides e antocianinas	46
4.8.2 Carotenoides totais.....	48
4.8.3 Ácido ascórbico (vitamina C).....	48
4.9 Obtenção dos extratos da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>) para análise de fenólicos totais, atividade antioxidante e análise de toxicidade.....	49
4.9.1 Determinação de fenólicos totais.....	50
4.9.2 Determinação da matéria seca do extrato.....	51
4.9.3 Avaliação da atividade antioxidante.....	52
4.9.3.1 Método de sequestro do radical livre DPPH'.....	52
4.9.3.2 Determinação da capacidade antioxidante pelo método ABTS.....	52
4.9.4 Teste de Toxicidade da amêndoa do tucum frente às larvas da <i>Artemia</i> <i>Salina</i> sp.....	53
4.10 Análise estatística	54
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 Identificação botânica da espécie estudada.....	55
5.2 Caracterização física e físico-química do fruto	56
5.3 Composição centesimal da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).....	57
5.4 Análise de minerais	59
5.5 Composição de ácidos graxos da amêndoa do tucum (<i>Astrocaryum vulgare</i>).	62
5.6 Quantificação dos compostos bioativos.....	65
5.7 Avaliação da atividade antioxidante.....	68
5.7.1 Método de sequestro do radical DPPH'.....	68
5.7.2 Método de sequestro do radical ABTS.....	72
5.8 Teste de Toxicidade da amêndoa do tucum frente às larvas da <i>Artemia</i> <i>salina</i> sp.....	74
6 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

O prolongamento da vida humana é o desejo de qualquer sociedade. Entretanto, só pode ser considerada uma conquista se houver uma melhoria na qualidade de vida aos anos adicionais (VERAS, 2009). A busca por essa qualidade de vida pode ser conquistada por indivíduos que tenham se preocupado em fazer uso de uma dieta adequada e de práticas esportivas frequentes, aliado a não dependência química ou de fatores debilitantes, como alto nível de estresse físico e mental, fatores ambientais, comportamentais, psicológicos e socioeconômicos (SANTOS; ANDRADE; BUENO, 2009).

Em decorrência do crescente interesse da população em encontrar alternativas de melhoria da qualidade de vida, a relação entre a alimentação e a prevenção de doenças, vem ganhando destaque na atualidade, bem como a maneira de como uma dieta equilibrada com teores significativos de antioxidantes e outros compostos bioativos têm contribuído para uma melhor qualidade de vida ao reduzir o estresse oxidativo (OLIVOTTI; BERTONCIN; FUZZI, 2012).

O estresse oxidativo está associado a diversas doenças crônicas não-transmissíveis como cânceres, doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, catarata, doença de Parkinson, cirrose hepática, arteriosclerose, artrite, doenças neuro-degenerativas e na aceleração do processo de envelhecimento (FERRARI; FRANÇA; HONORIO-FRANÇA, 2009). O estresse oxidativo é definido como o desequilíbrio no balanço entre agentes pró-oxidantes e antioxidantes, em favor dos pró-oxidantes, levando a uma perturbação na sinalização e no controle redox e/ ou dano celular (SIES, 1997; JONES, 2006).

O organismo humano possui mecanismos próprios de defesa antioxidantes, que atenuam a produção dessas espécies reativas e em condições específicas, diminuem os danos por elas causados (BARBOSA et al., 2010). Entretanto, verifica-se que constantemente há formação de espécies reativas, que não são totalmente neutralizadas pelos antioxidantes endógenos. Sendo assim, torna-se indispensável o auxílio dos antioxidantes provenientes da dieta para uma melhor manutenção da saúde (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007), entre os quais destacam-se: ácido ascórbico (vitamina C), α -tocoferol e β -caroteno, precursores das vitaminas E e A, respectivamente e outros carotenóides sem atividade de vitamina A, como

licopeno, luteína e zeaxantina, os minerais zinco, cobre, selênio e magnésio e os compostos fenólicos (flavonóides e ácidos fenólicos) que também atuam como antioxidantes (BARBOSA et al., 2010; PEREIRA; VIDAL; CONSTANT, 2009).

Os alimentos de origem vegetal, principalmente, possuem uma variedade de moléculas antioxidantes que podem proteger as células animais contra o estresse oxidativo (SIRIWARDHANA et al., 2013). Diante disso, destaca-se o bioma cerrado que abriga uma enorme biodiversidade e numerosas espécies endêmicas ainda pouco estudadas (FERREIRA; HUETE, 2004; SIQUEIRA et al., 2012), tais espécies são alvos potenciais para a agroindústria que valoriza o caráter exótico dos frutos, além da presença de compostos capazes de reduzir o risco de doenças e impulsionar mercados econômicos (ALVES et al., 2008).

Essas espécies desenvolvem-se em meio a fatores abióticos extremos com clima tipicamente quente e semiúmido e notadamente sazonal, com verões chuvosos e invernos secos, queimadas ocasionais e solos ácidos, pobres e com presença de metais pesados. Esses fatores abióticos adversos os quais a vegetação tem sido exposta podem ter selecionado espécies resistentes ao estresse oxidativo devido à presença de moléculas bioativas (CARVALHO; JÚNIOR; FERREIRA, 2009).

Nesse contexto, destaca-se o tucum do cerrado (*Astrocaryum vulgare*), um fruto bastante utilizado pela população regional para alimentação humana e de animais e para outras diversas finalidades. Portanto, o incentivo ao consumo de alimentos regionais, como os frutos nativos do Cerrado, é de suma importância, uma vez que os frutos são considerados componentes essenciais de uma dieta saudável (KING, 2001). A popularização dos mesmos é necessário, para que possam estar presentes na mesa de todas as classes econômicas (DOMÍNGUES; GOMEZ; LEON, 2002).

Diante disso, originou-se a hipótese da presença de compostos bioativos com atividade antioxidante em amêndoas do tucum (*Astrocaryum vulgare*) e que estas possivelmente não possuem atividade citotóxica. Tendo em vista essas considerações, torna-se importante o conhecimento das características nutricionais e bioativas dos frutos do cerrado para a valorização desta vegetação, que embora seja rica, tem sido amplamente degradada nos últimos anos (CARVALHO; JÚNIOR; FERREIRA, 2009; FUSTINONI, 2013).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cerrado brasileiro e suas potencialidades

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 22% do território nacional. Compreende os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas, (Figura 01). Neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a sua biodiversidade (BRASIL, 2011).

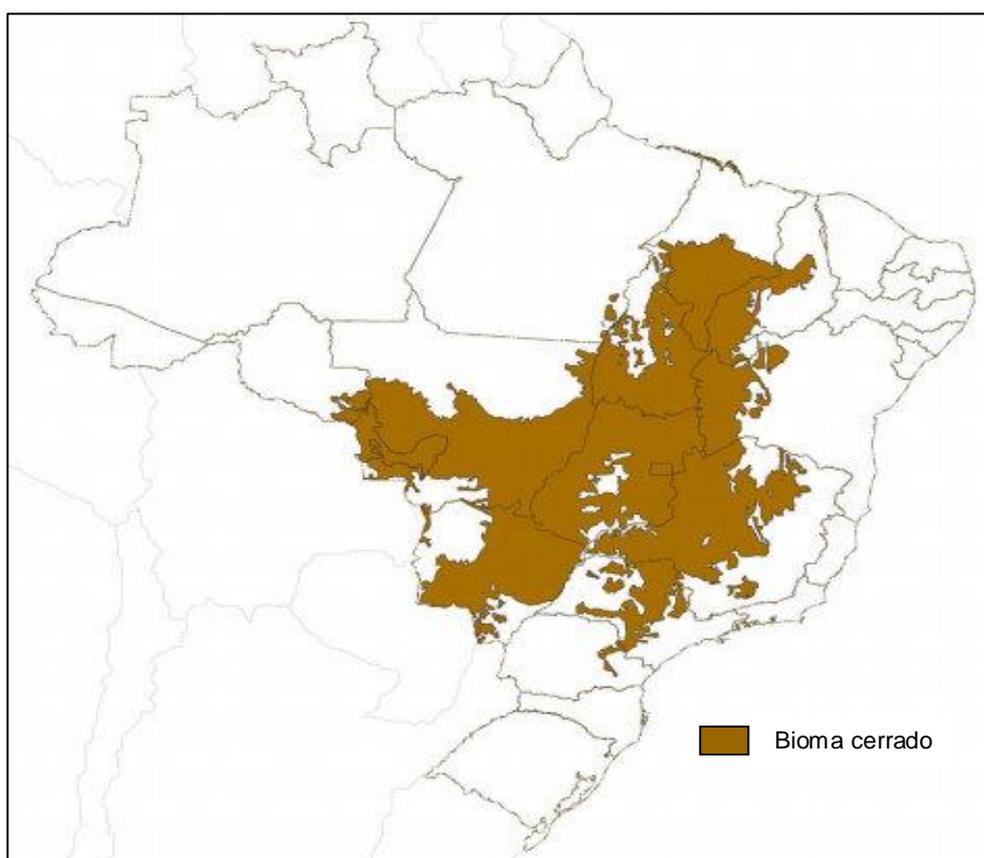


Figura 01. Distribuição do bioma cerrado no Brasil.

Fonte: www.wwf.org.br.

Esse bioma abriga uma enorme diversidade de espécies endêmicas, porém é um dos biomas brasileiros mais ameaçados, devido principalmente ao

desmatamento que ocorre de forma intensa em função das características propícias que esse bioma oferece à agricultura, à pecuária e a demanda por carvão vegetal para a indústria siderúrgica (BRASIL, 2011). Além da expansão da fronteira agropecuária, outros fatores ameaçam a integridade dos ecossistemas e recursos naturais renováveis dos Cerrados, como a construção de grandes barragens e estradas, mineração, agrotóxicos e a expansão urbana (MAROUELLI, 2003). Diante disso, o bioma Cerrado merece atenção especial de conservação, tendo em vista o grau de ameaça que sofre e o potencial de utilização que ele oferece.

Além dos aspectos ambientais, o Cerrado possui grande importância social. Muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, geraizeiros, ribeirinhos, babaçueiras, vazanteiros e comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade (BRASIL, 2011).

A conservação dessa biodiversidade pode maximizar a produção de alimentos em quantidade e em qualidade pelo grau de adaptação das espécies vegetais a diversos ambientes, aumentando a diversificação alimentar, possibilitando a criação de novos produtos obtidos por confecção artesanal, produção orgânica, processamento agroindustrial em pequena escala, entre outras possibilidades, tornando possível a diversificação da renda, devido ao grande potencial econômico para empreendimentos na agricultura familiar (BARROS, 2013).

Diante disso, em 2012 foi iniciado o projeto Biodiversidade para Alimentação e Nutrição, coordenado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização das Nações Unidas para alimentação e Agricultura-FAO, entre o Brasil (Ministério do Meio Ambiente), Turquia, Sri Lanka e Quênia durante o Congresso Mundial de Nutrição (World Nutrition Rio 2012) no Rio de Janeiro.

O Projeto visa à conservação e a promoção do uso sustentável da biodiversidade em programas que contribuam para melhorar a segurança alimentar e a nutrição humana. Além de valorizar a importância alimentícia e nutricional das espécies relacionadas à biodiversidade agrícola, ampliar o número de espécies nativas utilizadas atualmente em nossa alimentação e mostrar a forte ligação existente entre a biodiversidade, a alimentação e a nutrição através uma série de iniciativas do Governo Federal, como: Programa de Aquisição de Alimentos–PAA;

Programa Nacional de Alimentação Escolar–PNAE; Política Nacional de Alimentação e Nutrição–PNAN; Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade–PNPSB; Ação voltada ao Desenvolvimento da Agricultura Orgânica–Pró-Orgânico; Programa Saúde na Escola–PSE e Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade – PGPM-Bio (BRASIL, 2011).

2.2 Importância da identificação botânica das espécies do cerrado brasileiro

A coleta botânica é a forma de registrar a confirmação da espécie em estudos científicos, levantamentos florísticos e inventários florestais. Assim, torna-se necessário a realização da coleta do material vegetativo para determinação correta da espécie, podendo a coleta ser descartada ou herborizada (SCIPIONI, 2009).

O herbário é uma coleção científica, composta por amostras de plantas secas, provenientes dos diversos ecossistemas, servindo como registro e referência sobre a vegetação e flora de uma determinada região, além de fornecer dados e informações para subsidiar políticas públicas de preservação ambiental (NETO et al., 2013), que serve como base para todas as pesquisas em taxonomia e estudos em áreas correlatas como fitogeografia, fitoquímica, farmacologia, genética, ecologia, entre outras (MACHADO; BARBOSA, 2010).

Assim, as plantas devem ser coletadas em estado fértil, com flores e /ou frutos, que são os elementos indispensáveis para a identificação científica. E o nome científico de uma planta é a primeira etapa para o acesso correto de todas as informações sobre botânica (MACHADO; BARBOSA, 2010).

A correta identificação do nome científico dos frutos do cerrado é de fundamental importância para uma melhor caracterização dos frutos regionais que muitas vezes possuem nomes populares que causam confusão, pois essas denominações variam bastante dependendo da região que se encontram, e em muitos casos, dentro da mesma região, dependendo de quem as utiliza. Entretanto, a nomenclatura científica é expressa em linguagem universal, denomina a mesma planta, oferecendo dessa forma maior segurança para os usuários, promovendo acesso às informações necessárias para o desenvolvimento de pesquisas (MARTINS-DA-SILVA; HOPKINS; THOMPSON, 2003).

Sendo assim, o cuidado em realizar a identificação botânica do tucum do cerrado (nome vulgar) é justificado devido à existência de diferentes espécies do fruto, resultando em colorações diferentes encontradas na casca do tucum quando maduro (cor roxa e laranja) e as diferentes denominações encontradas na literatura, possibilitando diferenciações de composição do fruto.

2.3 Potencial alimentício dos frutos do cerrado brasileiro

O Cerrado possui uma variedade de espécies frutíferas (Quadro 01) que apresenta importante valor nutricional, possuindo elevados teores de açúcares, proteínas, vitaminas, sais minerais e ácidos graxos (SILVA, 2001). Além disso, estudos recentes têm demonstrado que esses frutos possuem diferentes compostos bioativos com atividade antioxidante, que é de potencial interesse para a população e para a agroindústria, visando agregar valor comercial e reduzir os efeitos deletérios provocados por radicais livres (CARDOSO et al., 2011a; ROCHA et al., 2011; SOUZA et al., 2012).

O frutos do cerrado apresentam ainda características sensoriais peculiares, muito utilizados na alimentação humana, in natura ou sob a forma de sucos, licores, sorvetes e doces, e na medicina popular possuem propriedades anti-inflamatória, hepatoprotetora, antimicrobiana, laxativa, entre outras (FERREIRA et al., 2013; LIMA et al., 2010; LUIZ-FERREIRA et al., 2010).

Na literatura científica, os relatos acerca do potencial antioxidante de frutos do cerrado apontam esses como uma boa fonte de compostos antioxidantes. No estudo realizado por Dourado (2012), em que avaliou o potencial antioxidante *in vitro* dos frutos do cerrado, sendo eles: araticum, cagaita, ingá-branco, amêndoa do baru, jatobá do cerrado, jenipapo, jurubeba, lobeira, mangaba, tucum do cerrado, cajuzinho do cerrado e guariroba, observou que o tucum foi o que apresentou o maior teor de fenólicos totais e potencial antioxidante quando consumidos *in natura*, sendo assim capaz de proteger os tecidos contra danos oxidativos. No entanto, são necessários mais estudos que avaliem a composição química e o potencial antioxidante dos frutos do cerrado, visando identificar as propriedades nos extratos para uma aplicação sustentável dos recursos do Cerrado contribuindo assim para o aproveitamento tecnológico e nutricional dos frutos da região.

Nesse contexto o conhecimento do valor nutricional e funcional de frutos nativos desse bioma torna-se fundamental para oferecer maior variedade de nutrientes e compostos bioativos para a população (ALVES, 2013).

Quadro 01. Estudos sobre os compostos bioativos encontrados em frutos do cerrado Brasileiro.

Frutos do cerrado	Nome popular e nomenclatura científica	Principais Compostos bioativos	Referências
	Araticum (<i>Annona crassiflora</i> Mart.),	Fibra alimentar β -caroteno licopeno vitamina A vitamina C Vitamina E Folatos	CARDOSO, 2011 ROESLER et al., 2007
	Baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	Fibra alimentar Ácidos graxos insaturados Minerais Fenólicos totais Antocianinas Tocoferóis	FREITAS, NAVES, 2010 FERNANDES et al., 2010 LEMOS, 2012
	Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	Vitamina A e C, Polifenóis, β -caroteno, Ácidos graxos poli-insaturados	MANHÃES, 2007 MARIATH et al., 1989 ROMERO et al., 2015
	Cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i> DC)	Fibra alimentar total β -caroteno licopeno vitamina A, C Folatos Flavonoides Antocianinas Fenólicos totais Ácidos graxos poli-insaturados	ALVES et al., 2013 ANGELA, 2014 CARDOSO, 2010 CARDOSO, 2011 ROCHA, 2011 ROESLER et al., 2007
	Cajuzinho do cerrado (<i>Anacardium humile</i> St. Hil.)	Vitamina C Flavonoides Antocianinas β -caroteno Fenólicos totais	ALVES et al., 2013 ROCHA, 2011.
	Gabirola (<i>Campomanesia adamantium</i>)	Fibra alimentar Minerais Fenólicos totais Vitamina C Carotenóides totais	ALVES et al., 2013 GUIZILINI, 2010

Frutos do cerrado	Nome popular e nomenclatura científica	Principais Compostos bioativos	Referências
	Ingá-branco (<i>Inga laurina</i>)	Compostos fenólicos Flavonoides	DIAS et al., 2010 FURTADO, 2014
	Jatobá do cerrado (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.)	Fibras β -caroteno Vitamina A, C e E Minerais Folatos Licopeno, Polifenóis, Flavonóides, Antocianinas.	CARDOSO, 2011 MARIN et al., 2009 ROCHA, 2011
	Jenipapo (<i>Genipa americana</i> L.)	Fibras alimentares Vitamina C Polifenóis Flavonoides Antocianinas	PACHECO et al., 2014 PORTO et al., 2011 REZENDE, 2010
	Mangaba (<i>Hancornia speciosa</i>)	Fibra alimentar total β -caroteno vitamina A, C e E Folatos Flavonóides Antocianinas Compostos fenólicos	CARDOSO, 2011 ROCHA, 2011
	Pequi (<i>Caryocar brasiliense</i>)	Fibra alimentar total β -caroteno Vitamina A Vitamina C Vitamina E Fenólicos totais	CARDOSO, 2011 ROESLER et al., 2007 LIMA, 2008

2.3.1 Tucum (*Astrocaryum vulgare*): considerações gerais e uso na alimentação

O tucunzeiro é uma palmeira que pertence à família Arecaceae, conhecido popularmente como tucum-do-cerrado, tucum-do-brejo e uva da terra. A família das palmeiras forma um dos principais troncos da evolução das monocotiledôneas, sendo constituída atualmente por 252 gêneros e aproximadamente de 2.600 espécies (DRANSFIELD et al., 2008).

O Tucum (*Astrocaryum vulgare*) é considerado nativo do norte da América do Sul, onde tem centro de dispersão até a Guiana Francesa e Suriname (CALZAVARA; SOUSA; CARVALHO, 1978). No Brasil, o tucum (*Astrocaryum vulgare*) encontra-se nos estados do Piauí, Ceará, Mato Grosso, Goiás, Maranhão, Pará, Tocantins e Alagoas. São encontrados, geralmente, em áreas abertas de solos variáveis, podendo ocorrer tanto em beiras de rios e igarapés, como em terrenos arenosos (ALVES; DEMATTÊ, 1987; LORENZI et al., 1996).

O gênero *Astrocaryum* apresenta diversas variações de espécimes, tais como: *Astrocaryum vulgare* Mart., *A. aculentum* Meyer., *A. segregatum* Dr., *A. princeps* Bard., *A. giganteum* Bar., *A. tucumã* Mart., *A. acaule* Mart., *A. cantensis*, *A. chonta* Mart., *A. leiphota* Bard., *A. undata* Mart. No entanto, nos estados do Pará e Amapá, a espécie comumente encontrada é o *A. vulgare* Mart. (VILLACHICA, 1996).

Segundo Calvacante (1996), o tucum é encontrado esporadicamente em pequenas densidades no interior da floresta, mas com grande abundância em áreas abertas como: capoeiras, savanas, pastagens abandonadas e margens de estradas quase sempre em solos pobres e degradados, onde pode chegar a uma densidade de 50 indivíduos/hectare. Os frutos são produzidos durante o ano todo, porém o pico da produção ocorre nos meses de janeiro a junho. Uma palmeira típica produz cerca de 50 kg de frutos/ano, mesmo em solos pobres. Em geral, as árvores produzem de 2 a 3 cachos/ano, mas podem produzir até mais de cinco. Cada cacho pesa entre 10 a 30 kg e contém de 200 a 400 frutos (SILVA, 2012).

A palmeira do tucum (*Astrocaryum vulgare*) apresenta troncos, geralmente, em touceiras (Figura 02, A) ou algumas vezes solitários (Figura 02, B) e em colônias pequenas. É considerado estipe ereto e aéreo, com 4 a 10 metros de altura e 10 a 20 centímetros de diâmetro, coberto por espinhos pretos com cerca de 22 cm de comprimento, como observado na (Figura 02, B e C). Possuem folhas pinadas, eretas com até 2 metros de comprimento, além de 73 a 120 folíolos por lado, irregularmente arranjados em grupos e espalhados em diferentes planos (Figura 02, D). As flores nascem em cachos na base das folhas, protegidas por brácteas armada de espinhos (Figura 02, E). Apresenta inflorescência interfoliar e os frutos, quando verdes, contem pequena polpa e água no interior, como o coco (Figura 02, F). Quando maduro, apresenta coloração laranja, sendo globosos a elipsóides (Figura 03, A), sem espinhos, com 3 a 5 cm de comprimento onde estão agrupados

em cachos semelhantes aos de uvas, (PEREIRA et al., 2002; VALENTE; ALMEIDA, 2001).



Figura 02. A) Palmeira do tucum (*Astrocaryum vulgare*) agrupada em touceira. B) Palmeira do tucum (*Astrocaryum vulgare*) solitária. C) Estipe da palmeira do tucum (*Astrocaryum vulgare*) coberto por espinhos pretos e longos. D) Folhas pinadas da palmeira de tucum (*Astrocaryum vulgare*). E) Inflorescência do tucum (*Astrocaryum vulgare*) protegida por brácteas. F) Fruto do tucum (*Astrocaryum vulgare*) verde, agrupados em cacho. Fonte: Autoria própria, 2015.

O epicarpo (casca do fruto) é responsável por 17,2 % do peso do fruto fresco maduro. O mesocarpo (polpa) é 21,2 % do peso do fruto fresco maduro e é amarelo-alaranjado, compacto, firme, de 4-8 mm de espessura com grande concentração de óleo e β -caroteno. O endocarpo (caroço) tem 60,5 % do peso do fruto fresco maduro é pétreo, negro, sendo este após a obtenção da polpa, descartado como lixo. A casca do caroço (37,8% do peso do caroço semi-desidratado) in natura ou transformada em carvão é um excelente combustível sólido. O endocarpo ainda é

caracterizado por conter no interior uma amêndoa (endosperma), que representa 61% do peso do caroço semi-desidratado (SILVA, 2012).

O fruto do tucum é bastante apreciado, sendo sua polpa oleosa e consumida de diversas formas, dentre elas, pode ser utilizada in natura na forma de suco, licor, doce em massa, picolé, sorvete, geléia, mingau ou ainda na alimentação animal. Do caroço (endocarpo), produzem-se anéis, pulseiras, a palha extraída das folhas serve para confecção de rede de pesca, sacolas, cordas, tecidos e chapéus (SHANLEY; MEDINA, 2005).



Figura 03. A) Fruto maduro do tucum (*Astrocaryum vulgare*). B) Amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*). C) Estágios de secagem do tucum (*Astrocaryum vulgare*), da esquerda para a direita: fruto maduro, fruto em processo de secagem natural, fruto completamente seco, amêndoa (endosperma retirado do endocarpo). Fonte: Autoria própria, 2015.

O óleo, tanto do fruto quanto da amêndoa (Figura 03-B), é extraído podendo ser usado na culinária e em cosméticos (LORENZI; MELLO FILHO, 2001). A valorização econômica de alguns óleos vegetais extraídos dos frutos passa pelo melhoramento tecnológico de uma cadeia produtiva que envolve: o cultivo, a extração dos óleos e a caracterização de suas propriedades químicas favorecendo as indústrias que trabalham com estes produtos (GONÇALVES et al., 2014).

2.4 Espécies reativas e estresse oxidativo

O corpo humano, por meio do processo de respiração, produz naturalmente ou por alguma disfunção biológica, substâncias chamadas de radicais livres, que

podem ser definidas como átomos ou moléculas que possuem um ou mais elétrons desemparelhados no seu orbital mais externo, formados em processos contínuos e fisiológicos no organismo. A presença deste elétron desemparelhado resulta na instabilidade eletrônica e torna essas espécies mais reativas (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007; VALKO et al., 2007; YU, 1994).

Durante os processos metabólicos, esses radicais atuam como mediadores para a transferência de elétrons nas várias reações bioquímicas. E sua produção, em proporções adequadas, possibilita a geração de ATP (energia), por meio da cadeia transportadora de elétrons; fertilização do óvulo; ativação de genes; e participação de mecanismos de defesa durante o processo de infecção. Entretanto, sua produção excessiva pode conduzir a danos oxidativos (SHAMI; MOREIRA, 2004; FERREIRA; MATSUBARA, 1997).

A geração dos radicais livres ocorrem nas mitocôndrias, membranas celulares e no citoplasma, e seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) está relacionado com o seu sítio de formação (ANDERSON, 1996; YU; ANDERSON, 1997).

No organismo humano são produzidos em condições normais as espécies reativas de carbono, enxofre, nitrogênio e oxigênio (produzidas principalmente na mitocôndria). Das espécies reativas as que ganham maior destaque são as Espécies Reativas de Oxigênio-EROs, devido à alta reatividade e os danos que podem causar, principalmente os radicais superóxido ($O_2^{\cdot-}$) e o radical hidroxil ($\cdot OH$) (VALKO et al., 2007).

Entre as principais formas reativas de oxigênio, destacam-se os radicais superóxido ($O_2^{\cdot-}$) que apresenta uma baixa capacidade de oxidação, porém participa de reações de geração do radical hidroxila (OH^{\cdot}), que pode ainda, por meio da reação com o radical livre óxido nítrico (NO^{\cdot}), gerar a espécie reativa de nitrogênio, peroxinitrito (ONOO), também potencialmente reativa (GREEN; BRAND; MURPHY, 2004; SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004). Outra forma reativa do oxigênio é o radical hidroxila (OH^{\cdot}), que apesar da pequena capacidade de difusão, é o mais reativo na indução de lesões nas moléculas celulares. E o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que apesar de não ser um radical livre, por não ter um elétron desemparelhado, é uma espécie com alto potencial reativo que participa da geração de (OH^{\cdot}), tem ação

deletéria, além de ser capaz de atravessar a membrana nuclear e induzir danos na molécula de DNA (ANDERSON, 1996; SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004).

Já o termo espécies reativas refere-se a espécies que apresentam ou não elétrons desemparelhados em seu último orbital, podendo ser ou não radicalares, pois participam de reações catalisadas por metais de transição, gerando radicais livres (VALKO et al., 2006; BAUER, 2000). Estes, em excesso, podem ser originados principalmente por defeitos na respiração mitocondrial, ativação-inibição de sistemas enzimáticos ou por fatores exógenos, como poluição, tabagismo, alcoolismo, drogas, agrotóxicos, ou ainda pela dieta (PEREIRA; VIDAL; CONSTANT, 2009).

Assim, o excesso de radicais livres que desencadeia o estresse oxidativo e consequentemente acarreta em danos celulares ao organismo é combatido por antioxidantes que são produzidos pelo corpo ou obtidos através da dieta. Esse estresse oxidativo é o resultado do desbalanço entre a produção de radicais livres e os mecanismos de defesa antioxidantes (OLIVEIRA; AQUINO; RIBEIRO et al., 2011) que é equilibrado pela ação antioxidante enzimática e não enzimática do sistema biológico (VALKO et al., 2006).

A produção intracelular das EROs não implica necessariamente na toxicidade celular, isso somente irá ocorrer se sua produção exceder a capacidade das defesas antioxidantes, interferindo na funcionalidade das células (JONES, 2006), e consequentemente, resultar em patologias (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007), tais como, doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, doenças neurodegenerativas, doenças inflamatórias e auto-imunes, infecção por HIV, quadros de isquemia e reperfusão devido a transplantes de órgãos (ASARE et al., 2009). As doenças crônicas não-transmissíveis compreendem aquelas desenvolvidas ao longo da vida como resultado de uma interação entre características genéticas e influências ambientais (BLOCK et al., 2002).

2.5 Sistemas de defesas antioxidantes

2.5.1 Defesas antioxidantes enzimáticas

Os antioxidantes são definidos como qualquer substância que, presente em menores concentrações que as do substrato oxidável, sejam capazes de atrasar ou

inibir a oxidação deste de maneira eficaz. Tais substâncias podem agir diretamente, neutralizando a ação dos radicais livres e espécies não-radicais, ou indiretamente, participando dos sistemas enzimáticos com tal capacidade (HALLWELL; WHITEMAN, 2004).

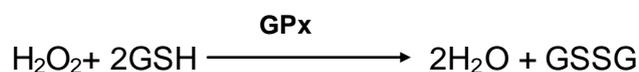
A função dos sistemas de defesas antioxidantes é inibir e/ou reduzir os danos causados pela ação deletéria dos radicais livres ou das espécies reativas não-radicais. Essas ações podem ser alcançadas por meio de diferentes mecanismos tais como: impedindo a formação dos radicais livres ou espécies não-radicais (sistemas de prevenção), impedindo a ação desses (sistemas varredores) ou, ainda, favorecendo o reparo e a reconstituição das estruturas biológicas lesadas (sistemas de reparo) (CLARKSON; THOMPSON, 2000; KOURY; DONANGELO, 2003).

Esse sistema é dividido em enzimático e não-enzimático. O sistema de defesa enzimático inclui principalmente as enzimas Catalase (CAT), Glutathione Peroxidase (GPx) e Superóxido Dismutase (SOD). Essas enzimas agem por meio de mecanismos de prevenção/ varredura, impedindo e/ou controlando a formação das espécies reativas, envolvidas com a iniciação das reações em cadeia que resulta na propagação e amplificação do processo e, conseqüentemente, com a ocorrência de danos oxidativos (FERREIRA; MATSUBARA, 1997; SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004). Essas enzimas são consideradas as defesas antioxidantes endógenas mais importantes do organismo no combate à produção/ varredura dos radicais livres.

As enzimas CAT e GPx impedem o acúmulo de peróxido de hidrogênio, que está envolvido na geração do radical OH^{\bullet} (FERREIRA; MATSUBARA, 1997; SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004). A CAT é uma das enzimas mais abundantes na natureza, encontrando-se amplamente distribuída no organismo humano, nas mitocôndrias e nos peroxissomos. Sua atividade varia de acordo com o órgão/tecido, sendo mais elevada no fígado e nos rins e mais baixa nos tecidos conjuntivo e epitelial. Possui alta capacidade de reação e apresenta funções catalítica e peroxidativa (LIMA, 2008), desempenhando ainda importante papel na eliminação do H_2O_2 gerado pelas oxidações na β -oxidação dos ácidos graxos (CHAUDIERE; FERRARI-ILIOU, 1999).



A GPx é reconhecida como o principal sistema protetor contra a peroxidação lipídica induzida endógena ou exogenamente. Catalisa a redução de hidroperóxido e de peróxido de hidrogênio à custa da glutatona (GSH), resultando como produto a glutatona na forma dissulfeto oxidada (GSSG) (CHAUDIERE; FERRARI-ILIOU, 1999).



A função catalítica da enzima SOD foi descoberta por MCCORD e Fridovitch em 1969, a qual transforma o radical superóxido em peróxido de hidrogênio, conforme a reação a seguir:



A atividade dessas enzimas muitas vezes depende da participação de cofatores enzimáticos, especialmente antioxidantes de origem dietética. Tais cofatores podem diferir de acordo com os compartimentos celulares de ação das enzimas. A SOD pode ser encontrada sob duas formas: no citoplasma que é dependente de cobre e zinco (SOD-Cu/Zn), enquanto na mitocôndria, necessita do manganês como co-fator (SOD-Mn). A GPx também existe sob duas formas: dependente e independente de selênio e pode apresentar-se no citoplasma ou na mitocôndria (FERREIRA; MATSUBARA, 1997; GREEN; BRAND; MURPHY, 2005), (Tabela 01).

Tabela 01. Ações e mecanismos de diversas substâncias antioxidantes.

Antioxidantes	Ação	Referências
Enzimáticos		
SOD	SOD-Cu/Zn (citoplasma), SOD-Mn (mitocôndria). Catalisa a conversão do radical superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) através da reação de dismutação do radical $\text{O}_2^{\cdot-}$.	Valko et al., 2007; Vincent et al., 2007.
CAT	Catalisa a conversão de H_2O_2 em O_2 e H_2O . Reduz hidroperóxido lipídico.	Vincent et al., 2007.
GPx	Catalisa a redução do H_2O_2 a H_2O . Reduz hidroperóxido lipídico.	Vincent et al., 2007.

CAT: catalase; GPx: glutatona peroxidase; Cu: cobre; ERO's: espécies reativas de oxigênio; H_2O_2 : peróxido de hidrogênio; Mn: magnésio; $\text{O}_2^{\cdot-}$ radical superóxido; SOD: superóxido dismutase; Zn: zinco.
Fonte: Adaptado de Barbosa et al., 2008.

2.5.2 Defesas antioxidantes não enzimáticas

Quanto ao sistema antioxidante não enzimático, além dos circulantes: ceruloplasmina, albumina e GSH, inclui os compostos antioxidantes de origem dietética, entre os quais destacam-se: vitaminas, minerais e compostos fenólicos (BARBOSA et al., 2010). O ácido ascórbico (vitamina C), o α -tocoferol e β -caroteno, precursores das vitaminas E e A, respectivamente, são compostos vitamínicos potencialmente antioxidantes. Existem outros carotenóides sem atividade de vitamina A, como por exemplo: licopeno, luteína e zeaxantina. Entre os minerais destacam-se o zinco, cobre, selênio e magnésio, sendo que o Se, Zn e o Cu são exemplos de cofatores enzimáticos (BIANCHI; ANTUNES, 1999; PRASAD et al., 2007), (Tabela 02).

Tabela 02. Ações e mecanismos de diversas substâncias antioxidantes não enzimáticas.

Antioxidantes	Ação	Referências
Não Enzimáticos		
Vitamina A (β -caroteno)	Proteção contra a oxidação de lipídeos e DNA.	Rodrigo et al., 2007
Vitamina C (ácido ascórbico)	Inibição das EROs (agente redutor). Estimula o poder antioxidante da vitamina E e selênio. Proteção contra danos causados pela LDL-ox.	Rodrigo et al., 2007
Vitamina E (α -tocoferol)	Proteção contra a peroxidação dos ácidos graxos insaturados da membrana celular e da LDL. Converte O_2^{\cdot} e H_2O_2 em formas menos reativas.	Rodrigo et al., 2007
Cu, Zn, Mn, Se	Cofatores das enzimas antioxidantes SOD-Cu/Zn, SOD-Mn e GSH-Pox	Vincent et al., 2007
Fitoquímicos (resveratrol, catequinas, quercetinas, ácidos fenólicos e outros)	Proteção contra a oxidação de lipídeos e DNA	Fito et al., 2007

DNA: ácido desoxirribonucléico; Cu: cobre; Zn: zinco; Mn: Manganês; Se: selênio; ERO's: espécies reativas de oxigênio; H_2O_2 : peróxido de hidrogênio; LDL: lipoproteína de baixa densidade; LDL-ox: lipoproteína de baixa densidade oxidada; O_2^{\cdot} : radical superóxido; SOD: superóxido dismutase.
Fonte: Adaptado de Barbosa et al., 2008.

2.5.2.1 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis, geralmente tetraterpenóides com 40 átomos de carbono, que possui coloração amarela, laranja ou vermelha presentes em muitas frutas e vegetais (Figura 04). Em plantas superiores estão localizados em organelas subcelulares (cloroplastos e cromoplastos). Atuam como pigmentos fotoprotetores na fotossíntese e como estabilizadores de membranas (KURZ; CARLE; SCHIEBER, 2008). Fazem parte da rota fotossintética e atuam na captação do excesso de energia luminosa, junto com as clorofilas. As concentrações de carotenoides em células de folhas e frutas mantêm-se relativamente constantes até o início da senescência, quando a cor subsequente à degradação de clorofila é indicativa da presença e dos efeitos das enzimas degradadoras dos carotenoides (UENOJO et al., 2007).

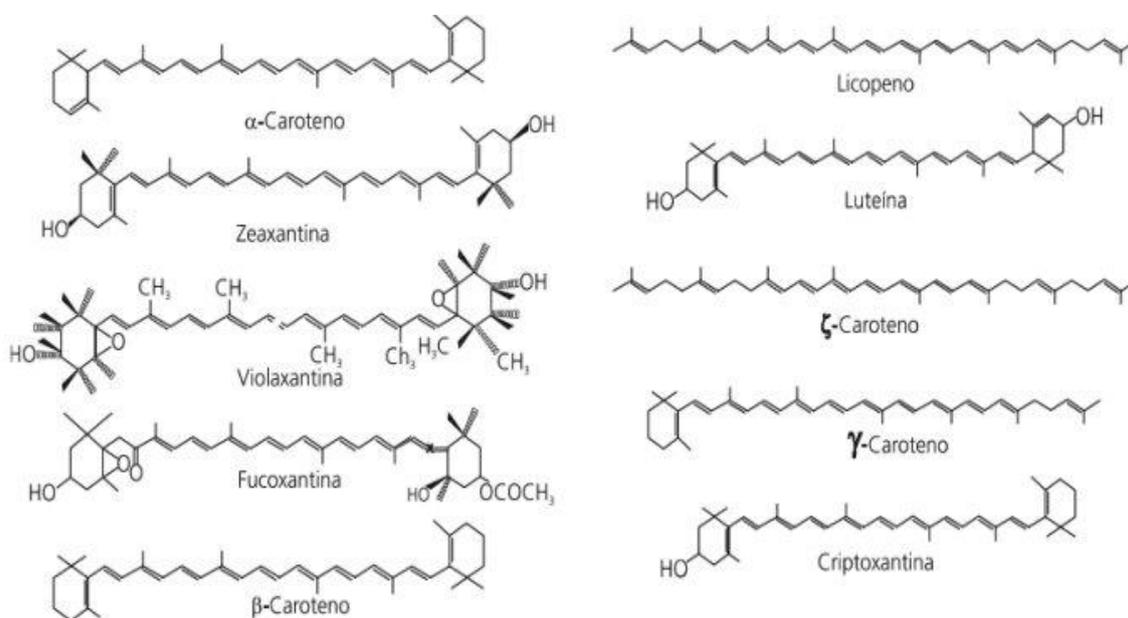


Figura 04. Exemplos de estruturas químicas de alguns carotenóides.

Fonte: AMBRÓSIO, FONTES e FARO, 2006.

Os carotenoides classificam-se em **carotenos e xantofilas**. Os carotenos consistem em hidrocarbonetos poliênicos com variados graus de insaturação (hidrocarbonetos puros) e as xantofilas são hidrocarbonetos que possuem grupos funcionais oxigenados. O β -caroteno e o licopeno são exemplos de carotenos, enquanto a luteína e a zeaxantina são xantofilas (AMBROSIO; CAMPOS; FARO, 2006). Entre os carotenóides, o β -caroteno é o mais abundante em alimentos e o que apresenta a maior atividade de vitamina A (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

A luteína e zeaxantina (Figura 04) são xantofilas resultantes do processo de hidroxilação de α -caroteno e β -caroteno, respectivamente, que possuem atividade de provitamina A. Durante a maturação dos frutos, a conversão a luteína e zeaxantina provoca uma diminuição nos níveis de α -caroteno e β -caroteno. E o licopeno (Figura 04) é um isômero acíclico do β -caroteno, com atividade de pró-vitamina A, que está presente em muitas frutas e vegetais. Devido ao grande número de ligações dienos conjugadas, o licopeno é um dos mais potentes absorvedores de oxigênio *singlet* entre os carotenóides naturais e funciona como um antioxidante muito potente. Além disso, ele é capaz de reduzir a mutagênese e, em concentrações fisiológicas, pode inibir o crescimento de células humanas cancerígenas, especialmente em câncer de próstata, sem evidência de efeitos tóxicos ou apoptose celular (SCOLASTICI et al., 2007; BLUM et al., 2005).

Evidências epidemiológicas associam altos níveis plasmáticos de β -caroteno e outros carotenoides com a redução do risco de câncer e doenças cardiovasculares. As propriedades antioxidantes dos carotenóides fundamentam-se na estrutura destes compostos, principalmente no sistema de duplas ligações conjugadas, também responsáveis pela cor desses pigmentos, tornando possível o sequestro de radicais livres, a modulação do metabolismo do carcinoma, inibição da proliferação celular, aumento da diferenciação celular via retinóides, estimulação da comunicação entre as células, fortalecimento imunológico, a redução do risco de catarata e a proteção da pele causada por danos da radiação UV (TAPIERO; TOWNSEND ;TEW, 2004; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

2.5.2.2 Compostos fenólicos

Dentre os compostos antioxidantes, destacam-se os compostos fenólicos, definidos como substâncias que possuem pelo menos um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (LEE et al., 2005). São originados do metabolismo secundário das plantas pela via do ácido chiquímico, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, são formados em condições de estresse, como infecções, fermento, radiações e outros (NACZK; SHAHIDI, 2004).

Esses compostos possuem grupos heterogêneos que apresentam em sua estrutura vários grupos benzênicos característicos, substituídos por grupamentos hidroxilas (SOARES et al., 2008). Este grupo divide-se em flavonoides (antocianinas, flavonóis e seus derivados) e ácidos fenólicos (ácidos benzóico, cinâmico e seus derivados) e cumarinas (SOARES, 2002). Entre os compostos fenólicos, os mais estudados como antioxidantes são os flavonoides que possuem em comum a estrutura, consistindo de dois anéis aromáticos com pontes de três carbonos condensadas em um oxigênio formando um anel intermediário ($C_6-C_3-C_6$), (Figura 05) (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

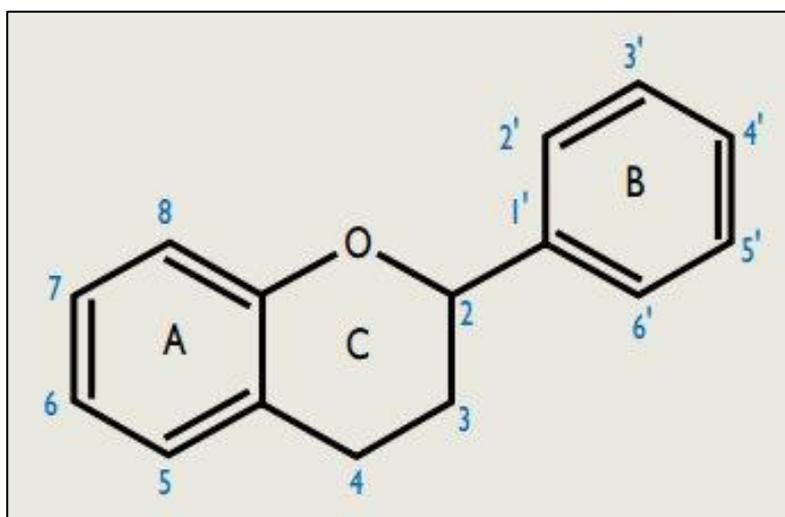


Figura 05. Estrutura química geral de um flavonóide.
Fonte: Martínez-Flórez et al., 2002.

Os compostos fenólicos compreendem uma classe muito extensa de metabólitos secundários distribuída no reino vegetal. Estão presentes em todas as partes das plantas, desde as raízes até as flores e frutos, sendo encontrados nos vacúolos das células. Podendo ocorrer na forma livre ou ligados a açúcares. Muitos são coloridos, atuando na atração dos insetos para polinização das plantas (YAO et al., 2004).

Os flavonoides constituem o maior grupo, com mais de 4000 compostos identificados, classificados em flavonas (apigenina, luteolina), flavonóis (quercetina, miricetina), catequinas ou flavanóis (epicatequina, galocatequina), flavanonas (naringenina, hesperitina), antocianinas (cianidina e pelargonidina), isoflavonas (genisteína, daidzeína) e chalconas, (Figura 06). Os flavonoides são conhecidos

como os principais responsáveis pela capacidade antioxidante em frutas, por causa do elevado potencial de oxidação e redução de sua estrutura química, que lhes permite atuar como agentes redutores e como quelante de metais (IGNAT; VOLFF; POPA, 2011).

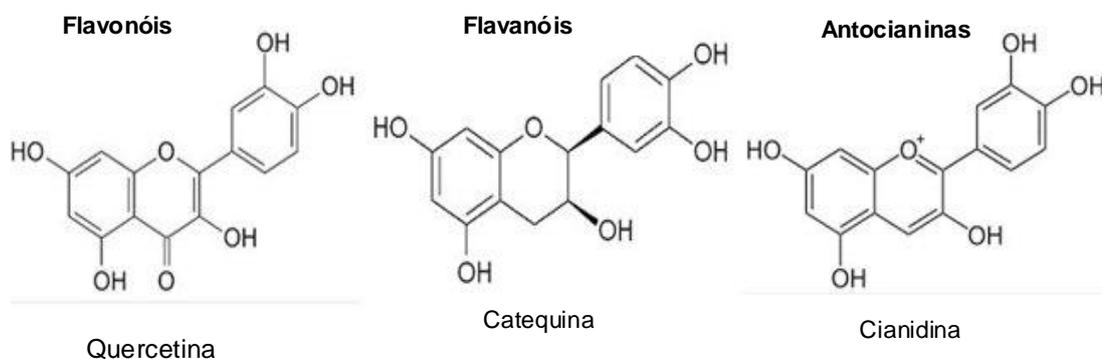


Figura 06. Estrutura química dos principais flavonoides encontrados em frutas.
Fonte: Adaptado de Ignat, Volf e Popa (2011).

Os flavonoides, apesar de não serem considerados nutrientes, apresentam importância significativa devido a sua atividade biológica, uma vez que estudos sugerem que os alimentos vegetais contêm compostos metabólicos secundários, que quando ingeridos, frequentemente através da dieta, possuem importantes propriedades farmacológicas que atuam sobre o sistema biológico, tais como: ação antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiana, antialérgica, antiviral e anticarcinogênica (EFRAIM; ALVES; JARDIM, 2011).

Alguns estudos têm demonstrado que amêndoas ricas em lipídios apresentam compostos com propriedades antioxidantes, destacando-se os compostos fenólicos, nesse sentido Andrade et al. (2011) ao avaliar o líquido da castanha de caju (LCC) constataram efeito antioxidante em ensaios *in vivo* (*Saccharomyces cerevisiae*) e *in vitro* (DPPH• e xantina oxidase) e ABE et al., (2010) ao avaliarem nozes e pecans, identificaram como principal ácido fenólico, o elágico, com elevada capacidade de sequestro do radical livre DPPH•.

Assim, esperamos que a exemplos das nozes e castanhas citadas, o tucum apresenta-se como uma boa fonte de lipídios e compostos bioativos com considerável atividade antioxidante, dessa maneira, conferindo ao fruto boa estabilidade oxidativa e ao mesmo tempo um alimento com propriedades funcionais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar a identificação botânica da espécie estudada, avaliar a composição físico-química, nutricional, os compostos bioativos, a atividade antioxidante *in vitro* e a atividade citotóxica da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*) encontrada no cerrado Maranhense.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar a espécie botânica estudada.
- ✓ Determinar as características físicas e físico-químicas da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).
- ✓ Determinar a composição centesimal e de minerais da amêndoa do Tucum (*Astrocaryum vulgare*).
- ✓ Determinar e quantificar o perfil de ácidos graxos da amêndoa do tucum.
- ✓ Quantificar o conteúdo de compostos bioativos (flavonóides, antocianinas, carotenoides totais, vitamina C e fenólicos totais) da amêndoa do Tucum.
- ✓ Avaliar a atividade antioxidante *in vitro* por duas metodologias distintas (método DPPH[•] e ABTS^{•+}).
- ✓ Investigar a toxicidade do extrato aquoso da amêndoa por meio da *Artemia salina* sp.

4 METODOLOGIA

O fluxograma da Figura 07 mostra os procedimentos gerais adotados no trabalho em função dos objetivos da pesquisa.

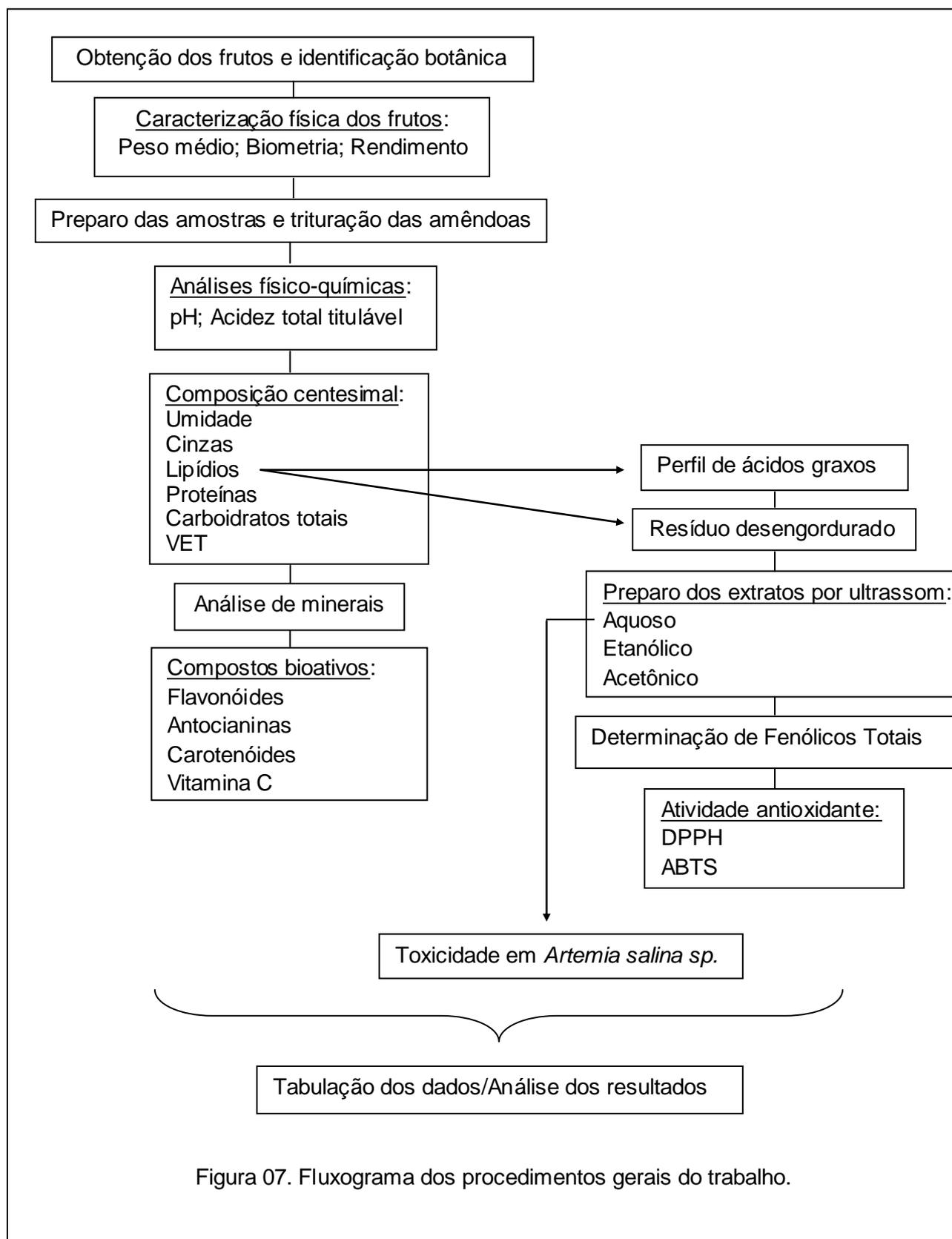


Figura 07. Fluxograma dos procedimentos gerais do trabalho.

4.1 Obtenção dos frutos e identificação botânica

Os frutos do Tucum (*Astrocaryum vulgare*) foram coletados em janeiro de 2015 na zona rural do município de Passagem Franca, MA, situado à 200Km de Teresina, PI. Foram selecionados de acordo com o grau de maturação, determinado visualmente, sendo colhidos os frutos de casca de coloração alaranjada e em estado de conservação com integridade física satisfatória (sem amassados, sem manchas e sem perfurações).

Para a identificação botânica, foram coletados: folhas, flores e frutos. Durante a coleta foram pesquisadas referências geográficas, local de coleta, tipo de solo, dados sobre o hábito da planta, dados sobre a planta, cor da flor, características do fruto e nome vulgar.

A montagem da exsicata (processo de fixação das plantas secas e prensadas) foi realizada em cartolina em herbário, (Figura 08). Após a montagem, a planta recebeu o carimbo do Herbário Ático Seabra-Universidade Federal do Maranhão e numeração (1432), onde posteriormente, foi etiquetada com os dados característicos da planta para facilitar as atividades de manejo do Herbário e permitir o acesso a essa informação de forma rápida e precisa (MACHADO; BARBOSA, 2010).



Figura 08. Montagem da exsicata da palmeira do tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Fonte: Autoria própria, 2015.

4.2 Local e período de estudo

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), *campus*

Teresina Zona Sul, no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal – Campo Análises Agrícolas (Paracatu-MG) e no Laboratório de Lípides da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo-USP, no período de janeiro a julho de 2015.

4.3 Preparo das amostras e trituração das amêndoas

Após a colheita, os frutos passaram pelas seguintes etapas: 1) separação de contaminantes e impureza; 2) lavagem em água corrente; 3) secagem dos frutos em temperatura ambiente, por 24 horas; 4) extração das amêndoas por quebra manual dos frutos; 5) higienização das amêndoas pela imersão em água a 100ppm de hipoclorito de sódio por 10 minutos, enxaguados e secas; 6) Acondicionamento das amêndoas em sacos plásticos, termoselados e armazenados em freezer, sob congelamento -18°C .

Após a etapa de preparo, as amêndoas foram trituradas em moinho analítico (marca IKA, modelo A11) até condição de tamisação, em tamis de 20 mesh. O acondicionamento também foi realizado em sacos plásticos, termoselados e armazenados em freezer (-18°C). A figura 09 representa a amostra estudada.

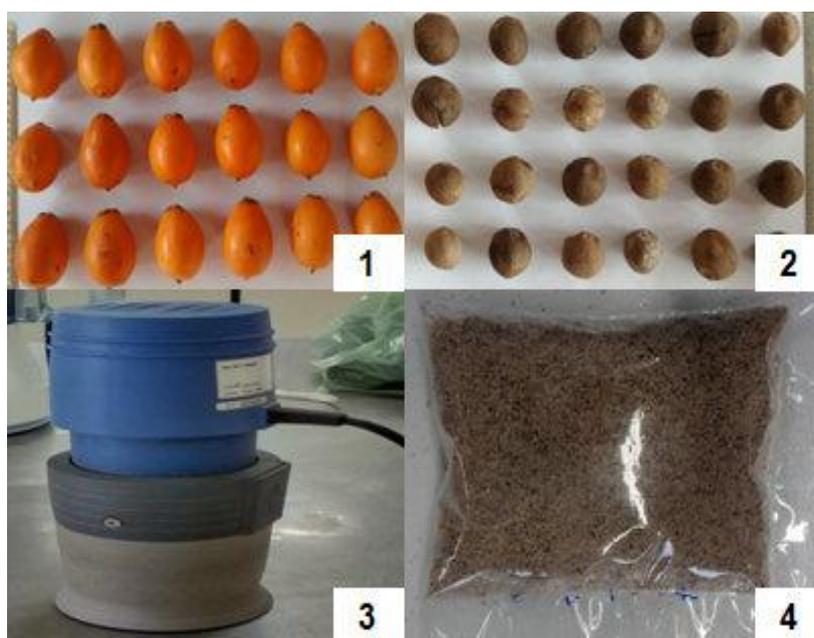


Figura 09. (1) Frutos de tucum maduros; (2) amêndoas; (3) moinho analítico; (4) amêndoa triturada. Fonte: Autoria própria, 2015.

4.4 Caracterização física e físico-química do fruto

4.4.1 Peso médio, biometria (diâmetro longitudinal e transversal) e rendimento

Após as etapas de preparo foram selecionadas ao acaso 30 unidades dos frutos para observação visual da aparência/ coloração e medidas físicas, tais como: peso (balança analítica marca Shimadzu-AY 220) e dimensões (diâmetro transversal e longitudinal), utilizando paquímetro digital e considerando sempre a maior medida possível de cada direção, (Figura 10).

O rendimento do fruto foi determinado pela relação entre o peso líquido (amêndoa) e peso bruto (fruto inteiro) conforme a Equação 1:

$$\text{Equação 1: } R (\%) = (\text{PL} \cdot \text{PB}^{-1}) \times 100$$

Onde:

PL=Peso Líquido

PB= Peso Bruto

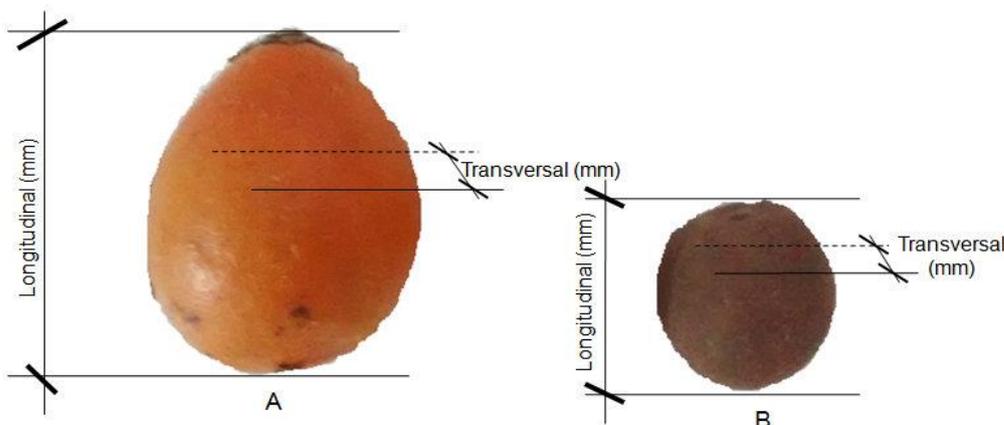


Figura 10. Representação esquemática das dimensões mensuradas: A) Fruto inteiro e B) amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Fonte: Autoria própria, 2015.

4.4.2 pH

O pH foi determinado empregando processo eletrométrico (IAL, 2008) com o auxílio de um potenciômetro marca Tecnopon - PA 210 (Figura 11), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Foi pesado em balança analítica 10 g de amostra fresca (amêndoa triturada), adicionou-se 100mL de água destilada a

25 °C, sendo submetido a agitação durante 30 minutos. Após repouso de 10 minutos para decantação, foi realizada a leitura do pH no sobrenadante.



Figura 11. Potenciômetro
Fonte: Autoria própria, 2015.

4.4.3 Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada por titulação da amostra com hidróxido de sódio. Pesaram-se 2g de amostra e diluíram-se em 50 mL de água destilada, adicionaram-se 4 gotas da solução de fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N e fator de correção 0,99, sob agitação constante, até coloração rósea. O teor de acidez foi determinado considerando o volume do álcali que foi gasto na titulação da suspensão, conforme a Equação 2 (IAL,2008).

$$\text{Equação 2: } V \times f \times 100/Pxc$$

Onde:

V = N° de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 N

P = N° de g da amostra usado na titulação

c = correção para solução de NaOH 1 M, 10 para solução NaOH 0,1 M e 100 para solução NaOH 0,01 M.

4.5 Determinação da composição centesimal da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*)

4.5.1 Umidade

Para determinação da umidade, utilizou-se o método gravimétrico descrito pelo IAL (2008). Pesaram-se 3g da amostra triturada e homogeneizada em triplicata

e em cápsulas de porcelana previamente aquecidas a 105°C e pesadas. Colocaram-se as cápsulas com as amostras em estufa Tecnal – modelo TE 394/1 a 105°C por 3 horas, posteriormente foram retiradas da estufa e resfriadas em dessecador por 30 minutos, e em seguidas foram pesadas. O procedimento foi repetido até obter peso constante. O teor de umidade (%) foi obtido pela Equação 3:

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

Onde:

U (%) = teor de umidade por cento

N = nº de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = nº de gramas da amostra

4.5.2 Resíduo mineral fixo (cinzas)

O resíduo mineral fixo foi obtido pelo método gravimétrico preconizado pelo IAL (2008). O teor de cinzas foi determinado por incineração em mufla modelo SP-1200DRP7/B na temperatura de 550°C até peso constante. Foram pesados 3g em triplicata de amostra úmida em cadinhos de porcelana previamente tarados. A amostra foi incinerada a 550°C por 6 horas, até a obtenção de cinza clara. As amostras foram colocadas em dessecador para esfriar até atingir peso constante (aproximadamente 3 horas) e posteriormente pesadas. O teor de cinzas (%) foi obtido pela Equação 4:

$$\text{Equação 4: } C (\%) = (100 \times N) \cdot P^{-1}$$

Onde:

C(%) = teor de cinzas por cento

N = nº de gramas de cinzas

P = nº de gramas da amostra

4.5.3 Lipídios

A fração lipídica foi determinada por extração direta em *Soxhlet*, utilizando-se hexano como solvente (IAL, 2008). Foram pesados 10g de amostra em cartuchos de *Soxhlet* e estes em aparelho extrator de *Soxhlet* marca Tecnal Sebelim TE-188. O extrator foi acoplado a balões de fundo chato previamente aquecidos a 105°C e

pesados. Adicionaram-se 150mL de hexano a estes balões e eles foram mantidos em chapa elétrica aquecida em torno de 60°C para extração contínua por 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 constantes. O teor de lipídios (%) foi obtido de acordo com a Equação 5:

$$\text{Equação 5: } L(\%) = (100 \times N) \cdot P^{-1}$$

Onde:

L(%) = teor de lipídios por cento

N = nº de gramas de lipídios

P = nº de gramas de amostra

4.5.4 Proteína

A determinação de proteínas baseou-se na determinação do teor de nitrogênio total por meio do método de *Kjeldahl* modificado, utilizando-se fator de conversão de 6,25 (IAL, 2008). Pesou-se 1g da amostra em papel manteiga e adicionada (papel+amostra) ao tubo de Kjeldahl juntamente com 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, 6 g da mistura catalítica (4 % de sulfato de cobre, 96 % de sulfato de potássio) e algumas pérolas de vidro. Para obter o branco excluiu-se apenas a amostra do experimento.

Na etapa de digestão o tubo de *Kjeldahl* foi transferido para o bloco digestor marca Marconi, na capela, a temperatura gradual até atingir 400°C por 4 horas, a solução deve se tornar azul-esverdeada e apresentar aspecto límpido, com ausência de material orgânico e livre de material não digerido (pontos pretos), permanecendo na capela até completo resfriamento e exaustão de vapores tóxicos.

O tubo contendo a amostra digerida foi encaminhado para o sistema de destilação (destilador marca Tecnal – Tecnal TE 036/1), sendo adicionado 50 mL de água destilada e 50 mL de hidróxido de sódio a 40%. Em um *Erlenmeyer* de 250mL, ocorreu a adição de 30 mL de ácido bórico e três gotas de indicador misto amoniacal, este então foi acoplado ao destilador para recuperar o nitrogênio destilado até obter um volume de 2/3 do volume inicial.

O material destilado foi então titulado com ácido clorídrico 0,1 M, o volume gasto foi utilizado para realizar os cálculos.

O teor protéico (%) foi obtido pela Equação 6:

$$\text{Equação 6: } V \times 0,14 \times f/P$$

Onde:

V = volume de ácido clorídrico 0,1 M gasto na titulação

f = fator de conversão (6,25)

P = nº de g da amostra

4.5.5 Carboidratos totais

O teor de carboidratos foi determinado por diferença dos demais constituintes, subtraindo de 100% do valor de proteínas, lipídios, cinzas e umidade (AOAC, 2005), de acordo com a Equação 7:

$$\text{Equação 7: } CT = 100 - Pr - L - C - U$$

Onde:

CT = carboidratos totais

L=Lipídios

Pr = proteínas

U = umidade

C = cinzas

4.5.6 Valor energético total (VET)

O VET foi calculado pela soma das calorias (kcal) fornecidas por carboidratos, lipídios e proteínas, multiplicando-se seus valores em gramas pelos fatores de Atwater 4 Kcal, 9 Kcal e 4 Kcal, respectivamente (OSBORNE; VOOGT, 1978).

4.6 Análise de Minerais

Para análise dos minerais: cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), potássio (K), selênio foliar (Se) e fósforo (P), seguiu-se a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). A amostra foi digerida em sistema úmido (nítrico-perclórica) e os minerais Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn, K e Se foliar foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica de chama ar-acetileno e os comprimentos de onda utilizados foram 422,7; 285,2; 324,8; 279,5; 510; 213,9; 564 e 196nm, respectivamente. O mineral P foi determinado por colorimetria e leitura em espectrofotômetro a 660nm. Os resultados foram expressos em mg do mineral correspondente.100 g⁻¹ de amostra in natura.

4.7 Perfil de ácidos graxos da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*)

A fração lipídica foi extraída por *Soxhlet*, utilizando-se hexano como solvente. A determinação da composição em ácidos graxos (AG) por cromatografia gasosa (CG) foi realizada submetendo as amostras, inicialmente, a uma esterificação com NaOH metanólico segundo o método oficial AOCS Ce 2-66 (2004) com a finalidade de preparar os ésteres metílicos dos AGs.

Utilizou-se cromatógrafo a gás (Shimadzu, Plus GC 2012, Quioto, Japão) com *software* GC solutione detector de ionização de chama. As condições para a análise foram as seguintes: coluna cromatográfica de sílica fundida SP-2560 (bis cianopropil polisiloxana) de 100 metros e 0,25 milímetros (mm) de diâmetro interno; programação de temperatura da coluna: isotérmico a 140°C por 5 min, aquecimento a 4°C/min até 240°C, permanecendo nesta temperatura por 20 min; temperaturas do vaporizador e do detector: 250°C e 260°C, respectivamente; gás de arraste: Hélio (1mL/min); razão de divisão da amostra no injetor: 1/100.

A determinação da composição dos diferentes AG foi realizada por comparação com os tempos de retenção relativos aos padrões de uma mistura de diferentes metil-ésteres C4:0 a C24:0 (Sigma 18919). Os resultados foram expressos em porcentagem da área do pico em relação ao total de AG no óleo.

4.8 Compostos bioativos

4.8.1 Determinação de flavonóides e antocianinas

Para determinação de flavonoides e antocianinas, seguiu-se a metodologia descrita por Francis (1982). Pesou-se 0,5g da amostra em um *Erlenmeyer* envolto com papel alumínio, acrescentando em seguida 10mL da solução de etanol 95% + HCL 1,5N previamente elaborada (85:15). Após homogeneização, o conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 25mL (sem filtrar) e aferiu-se o volume com etanol 95% + HCL 1,5N (85:15).

O material ficou sob refrigeração, em repouso, por uma noite na ausência de luz. Posteriormente, foi efetuada a filtração à vácuo, em funil de *Buchner*, utilizando papel de filtro *Whatman* nº4, em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro digital, modelo SP-220 (Figura 12), no comprimento de onda de 535 nm. O “branco” foi composto apenas da solução de etanol 95% + HCL 1,5N (85:15) (v/v). O resultado foi expresso em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Obteve-se o teor antocianinas totais por meio da Equação 8:

$$\text{Equação 8: Absorbância} \times \text{fator de diluição}/98,2$$

O fator de diluição foi obtido utilizando a gramatura da amostra (0,5) dividida pelo volume de diluição (25mL). O resultado foi correlacionado para 1mL (quantidade de g que tem em 1mL da solução) e determinou-se a quantidade de mL em 100g. Para análise de flavonoides realizou-se o mesmo procedimento descrito acima, alterando-se apenas a faixa de leitura no espectrofotômetro que foi de 374 nm.



Figura 12. (1) Diluição das amostras em triplicata; (2) Filtração à vácuo; (3) Espectrofotômetro.

Fonte: Autoria própria, 2015.

4.8.2 Carotenoides totais

A determinação do teor de carotenoides foi baseada no método preconizado por Rodriguez-Amaya (2001). Pesou-se 5g de amostra juntamente com 2g de celite, em triplicata, transferindo-se em seguida para *Erlenmeyer* contendo 20mL de acetona refrigerada, o conteúdo foi homogeneizado em mesa agitadora orbital por 10 minutos a 10rpm. Procedeu-se a filtração à vácuo, em funil de *Buchner*, utilizando papel de filtro *Whatman* nº4, lavando-se a amostra com acetona até que o extrato ficasse incolor. O filtrado foi transferido para um funil de separação, onde se acrescentaram 30mL de éter de petróleo e 100mL de água destilada. Descartou-se a fase inferior e repetiu-se o procedimento por 4 vezes para ocorrer a remoção total da acetona. Transferiu-se o extrato superior para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com éter de petróleo. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 450nm, usando éter de petróleo para zerar o equipamento (branco). O conteúdo de carotenóides totais expressos em μg de β -caroteno. g^{-1} de amostra foi determinado pela Equação 9:

$$\text{Equação 9: } \text{Abs} \times 50\text{mL} \times 10^6 / 100 \times E^{1\%}_{1\text{cm}} \times P$$

Onde:

Abs: Absorbância da amostra

$E^{1\%}_{1\text{cm}}$: 2592 (coeficiente de absorvidade)

P: peso da amostra

4.8.3 Ácido ascórbico (vitamina C)

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 ascórbico (IAL, 2008). Inicialmente, realizou-se a análise da solução padrão de ácido ascórbico (concentração de 1mg/mL) pipetando-se 10mL em um *erlenmeyer* contendo 50 mL 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 10:

$$\text{Equação 10: ácido ascórbico mg/100mL} = V \times F \times 100 / A$$

Onde:

V= volume da solução de Tillmans gasto na titulação

F= fator da solução de Tillmans

A= mL da amostra utilizada

Para o cálculo do fator (F) da solução de Tillmans utilizou-se a seguinte Equação 11:

$$\text{Equação 11: } F(\text{mg de ácido ascórbico/mL solução 2,6 diclorofenol indofenol}) = V_a \cdot (V_c - MV_b)^{-1}$$

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.

4.9 Obtenção dos extratos da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*) para análise de fenólicos totais, atividade antioxidante e análise de toxicidade

Os extratos da amêndoa de tucum foram obtidos usando solventes de diferentes polaridades: água, etanol e acetona (SOUSA; VIEIRA; LIMA, 2011), obtendo dessa forma, os extratos aquoso, etanólico e acetônico respectivamente (Figura 13). Pesou-se 5g da amostra desengordurada e adicionou-se 50 mL do solvente (o mesmo procedimento foi realizado para cada extrato), onde foram homogeneizados em turrax por 1 minuto. Em seguida, as amostras foram submetidas a uma rápida agitação manual, seguido de ultrassom em banho-maria, Marca: ELMA, Modelo: Elmasonic P60 H, frequência: 37KHz, Temperatura: 25°C, por 1 hora (Figura 21). Posteriormente, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm

por 10 minutos a 20°C (Figura 14). O sobrenadante de cada solvente foi coletado e armazenado em vidro âmbar sob refrigeração a ± 4 °C para as posteriores análises.

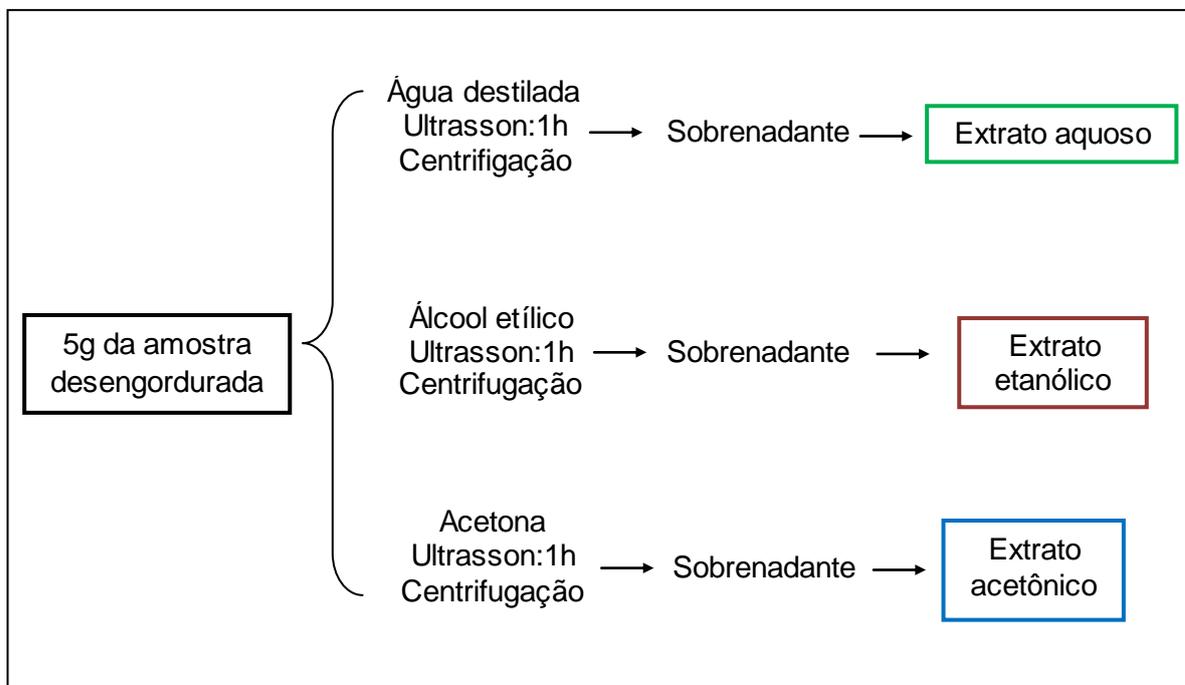


Figura 13. Obtenção dos extratos aquoso, etanólico e acetônico das amêndoas do tucum.
Fonte: Adaptado por Souza (2014).



Figura 14. (1) Equipamento de ultrasson; (2) Interior do equipamento de ultrasson com os três extratos; (3) Centrífuga. Fonte: Autoria própria, 2015.

4.9.1 Determinação de fenólicos totais

A determinação do teor de fenólicos totais seguiu a metodologia descrita por Swain e Hills (1959). Do extrato de cada amostra, foi transferido 0,5mL, em tubo de ensaio, e adicionado 8mL de água destilada e 0,5mL do reagente *Folin Ciocalteu*. Em seguida, a solução foi homogeneizada em agitador e, após 3 minutos, acrescido 1mL de solução saturada de carbonato de sódio (Na_2CO_3) a 20% e após 1h em estufa a 37°C foram realizadas as leituras em triplicata das absorvâncias em

espectrofotômetro à 720nm. Utilizou-se como padrão o ácido gálico marca Sigma, nas concentrações de 1,5; 3,0; 6,0; 12,0; 24,0; 48,0 e 96,0 µg/mL para construir uma curva de calibração (Figura 15). A partir da equação da reta obtida na curva do gráfico do padrão ácido gálico, realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em EAG (equivalente ao ácido gálico)/100g de amostra desengordurada. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

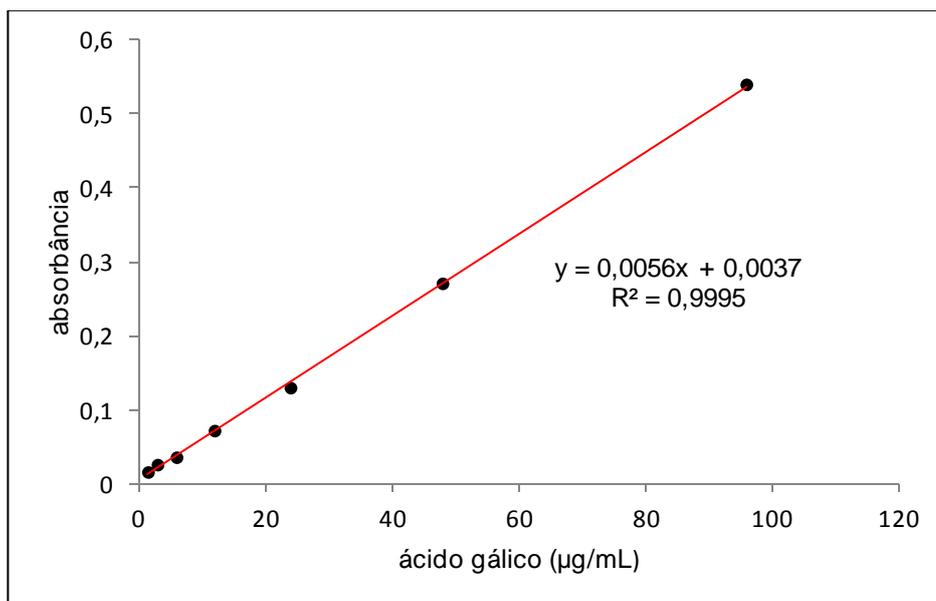


Figura 15. Curva de calibração de ácido gálico ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)

4.9.2 Determinação da matéria seca do extrato

A determinação da matéria seca do extrato teve por objetivo quantificar o teor de sólidos totais dos extratos aquoso, etanólico e acetônico para o cálculo das concentrações dos extratos que seriam utilizadas nas análises da atividade antioxidante e citotóxica. Colocou-se 1mL de cada extrato em vidros de relógio, previamente secos a 105°C e pesados, e os levou para estufa a 105°C por 1 hora para evaporação do solvente. Posteriormente, os vidros de relógio foram resfriados em dessecador e pesados (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em % de extrato seco, obtidos de acordo com a Equação 12:

$$\text{Equação 12: \% extrato seco} = (\text{PF} - \text{PI}) \times 100$$

Onde:

PF = peso final do vidro de relógio com o extrato seco

PI = peso inicial do vidro de relógio

4.9.3 Avaliação da atividade antioxidante

4.9.3.1 Método de sequestro do radical livre DPPH^{*}

A partir dos teores de matéria seca obtidos, foram preparadas 5 diluições de concentrações diferentes de cada extrato para avaliação da atividade antioxidante pelo método de captura do radical livre DPPH^{*}, descrita por Brand-Wyllians, Cuvelier e Berset (1995), adaptada por (VIEIRA et al., 2011). Adicionou-se a 1,5mL da solução etanólica de DPPH^{*} ($6 \times 10^{-5} \text{M}$) uma alíquota de 0,5mL de cada amostra, além dos padrões catequina e ácido gálico. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 517nm, após 2, 5, 10, 20 e 30 minutos do início da reação.

Todas as determinações foram realizadas em triplicata e acompanhadas de um controle (álcool etílico + solução etanólica de DPPH^{*}). O decréscimo na absorbância das amostras e dos padrões foi medido e a capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada com base na diminuição da absorbância observada. A capacidade antioxidante foi expressa como percentual de proteção conforme a Equação 13:

$$\text{Equação 13: \%proteção} = \frac{(\text{Abs}_{\text{controle}} - \text{Abs}_{\text{amostra}})}{(\text{Abs}_{\text{controle}})} \times 100$$

Além do percentual de proteção, calcularam-se também os valores de EC₅₀ (concentração do antioxidante necessária para reduzir 50% do radical DPPH^{*}) dos distintos extratos e dos padrões de catequina e ácido gálico. Esses valores foram calculados por regressão linear a partir de uma curva linear entre a capacidade antioxidante (calculada segundo a fórmula acima) e a concentração dos extratos e dos padrões.

4.9.3.2 Determinação da capacidade antioxidante pelo método ABTS

O método de captura do radical ABTS^{**} utilizado foi o descrito por Re et al. (1999), adaptado por (SOUSA; VIEIRA; LIMA, 2011). Inicialmente formou-se o radical ABTS^{**}, a partir da reação de 7mmol de ABTS com 2,45 mmol de persulfato de potássio, os quais foram incubados à temperatura ambiente e na ausência de luz,

por 14 horas. Transcorrido esse tempo, a solução foi diluída em etanol PA até obter-se uma solução com absorvância de $0,70 \pm 0,01$ a 734nm. Adicionou-se 40 μ L das amostras diluídas (em etanol) a 1960 μ L da solução contendo o radical, determinando-se a absorvância em espectrofotômetro a 734nm, após 30 minutos de reação. A redução da densidade ótica das soluções foi correlacionada com o controle (somente etanol mais radical), estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical ABTS^{•+} representando a ação antioxidante. Como solução padrão utilizou-se o antioxidante sintético Trolox nas concentrações de 10, 50, 100, 500 e 1000 μ mol em etanol para construir uma curva de calibração (Figura 16). A partir da equação da reta obtida por regressão linear, efetuou-se o cálculo para verificar a atividade antioxidante. Os resultados foram expressos em TEAC (Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao Trolox).

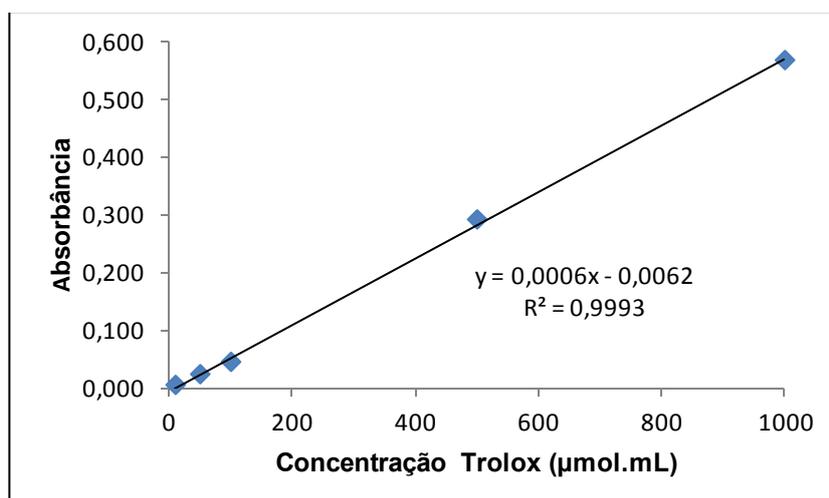


Figura 16. Curva de calibração-resposta da porcentagem de inibição de Trolox em etanol (10 a 1000 μ mol.mL⁻¹) frente ao radical ABTS^{•+} (734 nm).

4.9.4 Teste de Toxicidade da amêndoa do tucum frente às larvas da *Artemia salina* sp.

Este teste foi realizado de acordo com a metodologia proposta por MC LAUGHLIN (1991). Para realizar este ensaio de toxicidade aguda, preparou-se uma solução salina artificial (NaCl 77,23%, MgSO₄ 9,62%, MgCl 7,13%, CaCl₂ 3,32%, KCl 2,11% e NaHCO₃ 0,59%), onde os ovos da *Artemia salina* foram eclodidos a 12 ppm e após 48 horas (Figura 17), as larvas foram coletadas para os bioensaios. As diluições das amostras e do teste em branco foram realizadas com água salina.

A amostra testada foi o extrato aquoso da amêndoa de tucum submetido à extração por ultrassom. Foram preparadas soluções em triplicata da amostra nas

concentrações 125; 250; 500; 1000 e 1500 $\mu\text{g/mL}$, e adicionadas 10 artemias em cada frasco, sendo a contagem das sobreviventes realizada após 24 horas. Com os valores obtidos estimou-se a CL50% (concentração letal para 50% das larvas) através do método de Probit com 95% de intervalo de confiança utilizando-se o programa IBM-SPSS Statistics 20[®]).



Figura 17. Análise de toxicidade em *Artemia salina* sp.
Fonte: Autoria própria, 2015.

4.10 Análise estatística

A análise dos resultados encontrados na caracterização física e físico-química, composição centesimal, composição de minerais e compostos bioativos (flavonóides totais, antocianinas totais, carotenoides totais e ácido ascórbico) presentes na amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*) foi realizada através dos cálculos de médias, desvio-padrão e coeficiente de variação utilizando-se o programa Excel.

Para a análise dos dados dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante *in vitro* (DPPH[•] e ABTS^{•+}) da amêndoa do tucum foram construídas curvas de calibração para obtenção de equações, correlações e regressões lineares utilizando-se 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 análises da toxicidade da amêndoa do tucum estimou-se a CL50% (concentração que mata 50% dos microcrustáceos) através do método de Probit, com 95% de intervalo de confiança, utilizando-se o programa IBM-SPSS Statistics 20[®]).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificação botânica da espécie estudada

Os materiais botânicos usados para a identificação da espécie (folhas, flores e frutos) foram coletados nas seguintes coordenadas geográficas: latitude S06°11'25.0" e longitude WO43°44'41.4" e altitude: 260m. A etiqueta com os dados característicos da planta está representada no (Quadro 02).

Quadro 02. Modelo da etiqueta do Herbário Ático Seabra-Universidade Federal do Maranhão com os dados característicos da planta.

	Universidade Federal do Maranhão Herbário-Ático Seabra Numeração 1432
FAM*	Arecaceae
NC**	<i>Astrocaryum vulgare</i>
HÁBITO	Palmeira. Fruto de cor verde e quando maduro apresenta coloração alaranjada.
HABITAT	Mata aberta. Terra vermelha. Terreno plano.
LOCAL	Zona rural do município de Passagem Franca-MA
COLETOR	Rayanne Araujo Pessoa
NV***	Tucum do cerrado, uva da terra.
DETERMINADOR	Profª Ana Zélia Silva
DATA	19/10/2015

*FAM=Família. **NC=Nome científico. ***NV=Nome vulgar.

Os resultados da classificação taxonômica da espécie estudada encontram-se apresentados na Tabela 03.

Tabela 03. Classificação taxonômica da espécie *Astrocaryum vulgare*.

Classificação científica	
Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Equisetopsida
Ordem	Arecales
Família	Arecaceae
Gênero	<i>Astrocaryum</i>
Espécie	<i>Astrocaryum vulgare</i>

JUDD et al., (2009).

5.2 Caracterização física e físico-química do fruto

Os resultados da caracterização física e físico-química dos frutos de tucum (*Astrocaryum vulgare*) estão representados na Tabela 04, na qual se observa grande variação, principalmente, para o peso das amêndoas (peso líquido), seguido do peso do fruto inteiro (peso bruto), com coeficientes de variação de 26,21% e 8,51%, respectivamente, indicando que os frutos inteiros apresentaram-se mais homogêneos que as amêndoas. Já os diâmetros do comprimento transversal e longitudinal, apresentaram baixo coeficiente de variação, com dimensões de mínimo e máximo próximas. Esses dados são inferiores aos descritos por Nascimento, Ferreira e Regiani (2007) que relatou que os frutos de tucumã da espécie (*Astrocaryum aculeatum*) apresentam comprimento transversal ($4,62 \pm 0,19$ cm; 4% CV), comprimento longitudinal ($5,26 \pm 0,5$ cm; 10%CV), peso bruto ($58,01 \pm 7,41$ g; 13%CV) e peso líquido ($9,93 \pm 1,60$ g; 16%CV).

Tabela 04. Características físicas e físico-químicas dos frutos de tucum (*Astrocaryum vulgare*) coletados em Passagem Franca-MA, 2015.

Caracterização física e físico-química	Mínimo	Máximo	Média±dp	CV (%)
Comprimento transversal (cm)	2,8	3,2	$3,02 \pm 0,09$	2,98
Comprimento longitudinal (cm)	4,3	4,9	$4,62 \pm 0,15$	3,24
Peso bruto (g)	18,92	25,67	$22,09 \pm 1,88$	8,51
Peso líquido (g)	2,79	7,49	$4,92 \pm 1,29$	26,21
Rendimento (%)	-	-	22,27	-
pH	-	-	$6,68 \pm 0,12$	1,79
ATT	-	-	$1,32 \pm 0,29$	21,97

ATT: acidez total titulável; CV(%): coeficiente de variação.

As variações encontradas entre as espécies do gênero *Astrocaryum* podem está relacionadas à própria constituição genética e a fatores ambientais, tais como: condições edafoclimáticas (clima, relevo, temperatura, umidade do ar, composição

atmosférica, radiação e precipitação pluvial), época de colheita, estágio de maturação, que podem ser determinantes em diferenças de tamanho, peso e constituição de frutos (FAGUNDES; YAMANISHI, 2001). Essas características são fatores de qualidade de fundamental importância para a utilização e comercialização da polpa dos frutos e para elaboração de produtos industrializados (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os resultados da caracterização física do tucum (*Astrocaryum vulgare*) para os parâmetros: comprimento longitudinal/transversal e peso bruto foram semelhantes aos valores médios encontrados por Ferreira et al., (2008) para a mesma espécie (*Astrocaryum vulgare*), apresentando $3,8 \pm 0,2\text{cm}$; $3,1 \pm 0,12\text{cm}$ e $22,01 \pm 2,19\text{g}$, respectivamente.

O rendimento percentual da amêndoa de 22,27% foi maior do que o rendimento encontrado por Nascimento, Ferreira e Regiani (2007) para a amêndoa de tucum (*Astrocaryum aculeatum*) com 17,12%, valor esse bem próximo ao obtido por Rogério et al., 2010 para a amêndoa de tucumã da espécie (*Astrocaryum vulgare*) com 17,7%.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 04, observa-se que a amêndoa de tucum apresentou pH próximo a neutralidade ($6,68 \pm 0,12$). Resultados inferiores foram encontrados por SILVA et al., (2014) ao analisar a estabilidade de extratos hidrossolúveis de amêndoas de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) que variou de 6,16 a 6,45. O resultado da determinação de acidez total titulável apresentou $1,32 \pm 0,23$, maior que o obtido por SILVA et al., (2014) com $0,19 \pm 0,01$.

A caracterização de parâmetros de qualidade como pH e acidez total titulável, bem como de compostos com interesse funcional e atividade anti-radical para polpas de espécies frutíferas, permite a valorização de frutos como alimento funcional, além de oferecer uma opção de atividade sustentável para a população (CANUTO et al., 2010).

5.3 Composição centesimal da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*)

A composição centesimal e o valor energético total da amêndoa do tucum estão apresentados na Tabela 05. Em relação ao teor de umidade, o valor encontrado no presente trabalho ($18,61 \pm 0,15$), foi superior ao encontrado nos

estudos de Lima (2012) com $6,18 \pm 0,10$ g/100g para amêndoa do baru; Lima (2008) com $8,68 \pm 0,08$ g/100g de amêndoa do pequi e Freitas e Naves (2010) com 4,39 g/100g de amostra da castanha do Pará. Silva et al., (2014), analisando a composição centesimal das amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e tucumã (*Astrocaryum vulgare*), também encontraram valores menores para o parâmetro umidade com $4,42 \pm 0,05$ e $5,02 \pm 0,04$, respectivamente.

Tabela 05. Composição centesimal (g/100g de amostra) e valor energético total (Kcal/100 g) da amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Composição centesimal	Média±dp	CV (%)
Umidade (%)	$18,61 \pm 0,15$	0,18
Cinzas (%)	$1,16 \pm 0,32$	27,59
Proteínas(%)	$4,1 \pm 0,01$	0,24
Lipídios (%)	$38,73 \pm 0,37$	0,95
Carboidratos (%)	$37,4 \pm 0,01$	0,02
VET	514,57	

As análises foram realizadas em triplicata (n=3), e os resultados estão expressos em média \pm desvio padrão (dp). VET= Valor Energético Total.

O teor de cinzas encontrado foi de $1,16 \pm 0,32$ g/100g corroborado por Vieira (2011) com $1,18 \pm 0,01$ g/100g ao avaliar o teor de cinzas na amêndoa do coco babaçu e por Silva et al., (2014) com $0,90 \pm 0,06$ g/100g de amêndoa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) e menor ao obtido no estudo de Carvalho et al., (2008) para a castanha-do-Gurgéia e sapucaia $2,5 \pm 0,20$ e $3,1 \pm 0,25$ g/100g, respectivamente,

O valor de proteína encontrado nesse estudo ($4,1 \pm 0,01$) foi semelhante ao detectado por Vieira (2011) com $5,94 \pm 0,08$ g/100g na amêndoa do babaçu e Lima (2008) $3,00 \pm 0,13$ g/100g na amêndoa do pequi. Porém, em alguns estudos observados na literatura, os valores de proteínas foram mais elevados que esses já citados, como o de Lima (2012) com $23,66 \pm 0,37$ g/100g na amêndoa do baru e $32,93 \pm 0,07$ g/100g no amendoim, o de Benício, Neto e Sousa (2010) $23,75 \pm 0,24$ g/100g na amêndoa de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) e o de Silva et al., (2014) com $19,10 \pm 0,02$ g/100g na amêndoa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*).

Dados sobre o teor de nutrientes precisam ser obtidos levando-se em consideração variáveis como procedência geográfica, condições ambientais,

metodologia de análise em relação à composição protéica, como por exemplo o fator de conversão de nitrogênio em proteína usado para quantificar a concentração de proteínas nas nozes e sementes comestíveis, pois o uso do fator de conversão (6,25) pode superestimar a quantidade de proteína desses alimentos (VENKATACHALAM; SATHE, 2006; FREITAS; NAVES, 2010). Além da quantidade de proteínas, a qualidade protéica deve ser investigada por se tratar de aspecto relevante para a nutrição humana, incluindo a avaliação da biodisponibilidade de seus aminoácidos essenciais (WHO, 2007).

De acordo com os resultados encontrados na amêndoa de tucum, pode-se constatar que os lipídios ($38,73 \pm 0,37$ g/100g de amostra) e os carboidratos ($37,4 \pm 0,01$ g/100g de amostra) constituíram a fração majoritária em relação aos demais constituintes. Valores superiores ao deste estudo foram encontrados por Viera (2011), ao analisar o teor de lipídios da amêndoa do babaçu (*Orbignya speciosa*) com ($49,81 \pm 0,23$ g/100g), e Lima (2008) com $51,51 \pm 0,35$ g/100g na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, L.). Lima (2012) ao analisar a composição centesimal da amêndoa do baru (*Dipteryx alata* Vog.), encontrou teor de lipídios com ($37,19 \pm 0,49$ g/100g), e Silva et al., (2014) obtiveram $34,86 \pm 0,86$ g/100g para amêndoa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*), valores próximos ao encontrado para a amêndoa do tucum no presente trabalho.

A determinação do conteúdo lipídico das amêndoas de palmeiras, como por exemplo o tucum, é importante devido a rentabilidade que esta amêndoa pode fornecer e por possuir baixo custo de produção dentro da cadeia produtiva das oleaginosas. Esse alto conteúdo de lipídios faz da amêndoa de tucum uma ótima fonte energética, como mostra o valor energético total encontrado de 514,57Kcal/100g da amostra da amêndoa, valor esse corroborado por Silva et al., (2014) com 550,62Kcal/100g de amêndoa de tucumã.

5.4 Análise de minerais

A Tabela 06 apresenta o resultado da composição de minerais da amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*) e a ingestão diária recomendada para adultos (IDR) desses minerais. A partir dos dados apresentados é possível observar que a amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*) é considerada fonte de minerais, segundo

a Portaria Nº 27 de 13 de janeiro de 1998 da ANVISA, já que o consumo de 100g supre no mínimo 15% da IDR (BRASIL, 1998), valor este alcançado pelos minerais magnésio, fósforo, ferro, cobre, zinco e manganês.

Tabela 06. Composição de minerais ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de amostra *in natura*) da amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*) coletadas em Passagem Franca-MA e Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos.

Minerais	Média\pmdp	IDR*	Necessidades diárias atendidas (%)
Cálcio (Ca)	60 \pm 0,00	1000mg	6
Magnésio (Mg)	50 \pm 0,00	260mg	19,23
Fósforo (P)	200 \pm 10	700mg	28,57
Potássio (K)	396,67 \pm 5,77	4.700mg	8,51
Ferro (Fe)	2,67 \pm 0,44	14mg	20,71
Cobre (Cu)	0,81 \pm 0,03	0,9mg	88,89
Manganês (Mn)	11,88 \pm 0,40	2,3mg	508,69
Zinco (Zn)	1,6 \pm 0,18	7mg	25,71

*IDR: Ingestão Diária Recomendada para adultos normais (BRASIL, 2005).

Dentre os minerais encontrados na amêndoa do tucum, destaca-se o manganês com 11,88mg/100g, comparando os resultados encontrados neste estudo aos constantes na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) que analisou 597 alimentos *in natura* e industrializados consumidos no Brasil, constata-se que a amêndoa do tucum se constitui na maior fonte desse mineral, pois na referida tabela os dois alimentos com maiores teores foram coentro desidratado e palmito em conserva, com 10,48mg e 10,82 mg/100g, respectivamente. Ainda na tabela constam os teores de manganês de alimentos considerados fontes desse micronutriente como as sementes e nozes, constando a noz crua, semente de linhaça e semente de gergelim com 4,05, 2,67 e 2,81 mg/100g, respectivamente.

Recorrendo aos dados da Tabela 04 observa-se que o peso médio de uma amêndoa de tucum foi de 4,92g, portanto somente em uma amêndoa tem-se 0,58mg de manganês o que corresponde a 25% das necessidades diárias de um adulto e o

consumo de 04 amêndoas por dia já supriria 100% da IDR para adultos. Esses achados se mostram muito importantes, pois o manganês é um micro nutriente essencial participando de diversos mecanismos bioquímicos diretamente relacionados à manutenção da homeostase do organismo, tendo como principais funções: formação das cartilagens e dos ossos; constituição de diversas enzimas como a superóxido dismutase, que atua degradando os radicais livres no interior das células, além de ativar enzimas que participam do metabolismo dos carboidratos, dos aminoácidos e do colesterol (YOSHIKAWA, 2009; ALVARENGA, 2010).

O cobre também se destacou com 0,9mg/100g (atingindo 88,89% da IDR de um adulto), esse oligoelemento é importante na nutrição humana, pois possui ação antioxidante, atua na integridade cardiovascular e na saúde do Sistema Nervoso Central-SNC, funcionando em equilíbrio com o zinco e a vitamina C na formação da elastina, uma proteína da pele. É componente também de diversas enzimas envolvidas na produção de energia celular (TEIXEIRA, 2010).

Pode-se ainda averiguar, na Tabela 06, os teores de potássio (400mg/100g) e fósforo (200mg/100g). Simões, (2010) analisando a composição de minerais do mesocarpo (polpa) do tucumã *in natura*, observou concentração para o potássio de 410 ± 30 mg/100g e fósforo 44 ± 4 mg/100g. Já Costa et al., (2010) avaliando a polpa úmida do fruto do tucumã (*Astrocaryum vulgare*) encontrou para o mineral potássio (509,99mg/100g) e para o fósforo (43,42mg/100g).

A amêndoa do tucum também apresentou importantes concentrações dos minerais cálcio ($60 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ da amostra) e magnésio ($50 \text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ da amostra). Sabe-se que o Ca é necessário em várias funções biológicas como: contração muscular, mitose, coagulação sanguínea, transmissão do impulso nervoso e suporte estrutural do esqueleto (BATISTA, 2012), além disso, estudos epidemiológicos tem investigado o papel do cálcio na prevenção e tratamento da obesidade (CRISÓSTOMO et al., 2007), na relação inversa entre ingestão de cálcio e níveis de pressão arterial (efeito hipotensor) (WANG et al., 2008) e na prevenção do câncer de cólon (HEANEY, 2006).

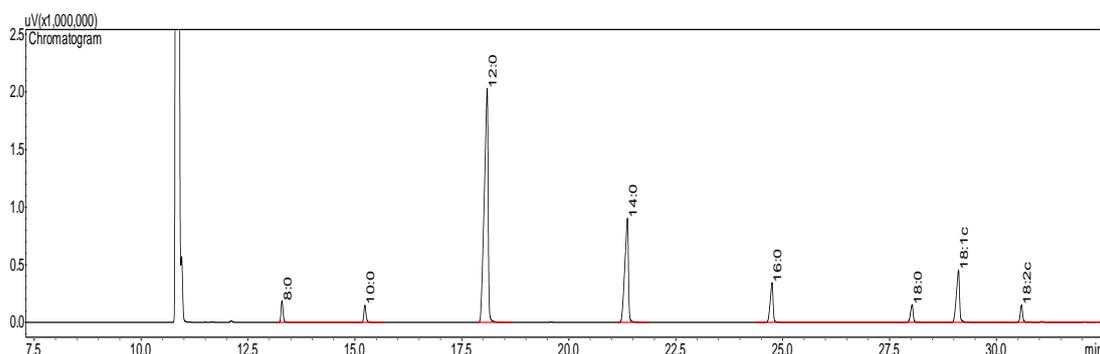
Pode-se destacar que o suprimento adequado do mineral Mg desempenha função importante no organismo, como ação regulatória do sistema imunológico (MACÊDO et al., 2010), regulação do metabolismo da glicose, modulação da secreção e ação da insulina, síntese de ácidos nucleicos e proteínas, manutenção

da integridade e estabilidade da membrana (JAHNEN-DECHENT; KETTELER, 2012, 2012). Embora a deficiência de magnésio seja de difícil ocorrência, recomenda-se a ingestão de 260mg por dia (DRI, 1997), e a amêndoa do tucum supre 19,23% dessa quantidade recomendada.

5.5 Composição de ácidos graxos da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*)

Na Figura 18 está apresentado o perfil cromatográfico representativo do óleo da amêndoa do tucum. Pelo cromatograma apresentado constata-se uma boa separação entre os ácidos graxos, mostrando que as condições utilizadas na análise se mostraram eficazes na perfeita separação dos componentes.

Figura 18. Cromatograma dos ácidos graxos constituintes do óleo da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).



O predomínio de ácido graxo láurico é característico de outras amêndoas como a macaúba (*Acrocomia aculeta*) com 37,78% (DUARTE et al., 2010), amêndoa de bacuri (*Scheelea phalerata* Mart) com 35,11% (MIYAHIRA et al., 2010) e óleo de palmiste (coquinho do dendê ou palma) com 48,20% (MACHADO et al., 2006).

Os óleos láuricos são de interesse tanto em cosmética, na oleoquímica e na indústria de alimentos devido ao grande interesse no uso de gorduras na produção de massas, sorvetes, margarinas e substitutos de manteiga de cacau (ROGÉRIO et al., 2010). São resistentes à oxidação não enzimática e ao contrário de outras gorduras saturadas, têm temperatura de fusão baixa e bem definida (MACHADO et al., 2006).

Os óleos de coco (*Cocos nucifera* L.) e cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) têm sido utilizados com frequência pela população para auxiliar na redução do peso (RODRIGUES, 2012). O óleo de coco extraído possui cerca de 50% de sua composição de ácidos graxos de cadeia média, sendo o principal, o ácido láurico (ASSUNÇÃO et al., 2009) e o óleo de cártamo, composto por ácidos graxos saturados palmíticos e esteáricos, e ácidos insaturados oléicos e linolênicos, todos com tamanho médio de cadeias de carbono (YEILAGHI et al., 2012). O óleo de coco apesar de ser altamente saturado, é líquido, devido à predominância de ácidos graxos de cadeia média (AGCM), que segundo os defensores da propriedade emagrecedora do óleo de coco, se baseiam na teoria de que os AGCM são facilmente oxidados a lipídeos, sendo absorvidos mais rapidamente que os ácidos graxos de cadeia longa AGCL, já que utiliza o sistema porta-hepático para chegar ao fígado, não necessitando da reesterificação no sistema linfático. Além disso, a entrada dos AGCM na mitocôndria não depende do sistema de transporte ligado à carnitina (BOSCHINI; GARCIA, 2005). Por esta inferência, e pelo fato do óleo de coco ser rico em AGCM e pobre em AGCL, seu uso poderia ter efeito no tratamento da obesidade (RODRIGUES, 2012).

Entretanto, as evidências do seu uso na forma de suplementação são insuficientes, sendo necessária a realização de estudos que tragam uma maior compreensão sobre os efeitos desses óleos na redução de peso a fim de garantir resultados consistentes e seguros que venham servir como garantia de eficácia aos consumidores (COSTA et al., 2015).

As amêndoas do tucum por apresentar elevada concentração de ácidos graxos saturados e reduzida concentração de ácidos graxos insaturados, apresentam maior resistência aos processos oxidativos e portanto, são menos perecíveis. Esses processos oxidativos implicam na redução do valor nutricional caso as amêndoas mantiverem-se expostas por muito tempo em condições de alta temperatura e alta umidade relativa (SILVA; ASCHERI; SOUZA, 2010).

Os resultados da composição de ácidos graxos do óleo da amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*) encontram-se dispostos na Tabela 07.

Tabela 07. Composição (%) de ácidos graxos presentes no óleo da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Ácidos graxos	Nº de carbonos	Amêndoa (%)	CV(%)
Cáprílico	C8:0	2,51 ± 0,01	0,38
Cáprico	C10:0	2,14 ± 0,01	0,41
Láurico	C12:0	51,82 ± 0,09	0,18
Mirístico	C14:0	21,58 ± 0,04	0,19
Palmítico	C16:0	6,64 ± 0,05	0,76
Esteárico	C18:0	2,75 ± 0,04	1,37
Oléico	C18:1c	9,87 ± 0,03	0,33
Linoléico	C18:2c	2,68 ± 0,16	6,06
Total de saturados		87,44±0,24	-
Total de monoinsaturados		9,87 ± 0,03	-
Total de poli-insaturados		2,68 ± 0,16	-

As análises foram realizadas em triplicata (n=3), e os resultados estão expressos em média ± desvio padrão. CV: coeficiente de variação.

Pode-se observar que houve o predomínio de ácidos graxos saturados (87,44 ± 0,24%), seguidos dos ácidos graxos monoinsaturados (9,87 ± 0,03%) e dos ácidos graxos poli-insaturados (2,68 ± 0,16%). O ácido graxo saturado predominante da amêndoa do tucum foi o ácido láurico (C12:0) (51,82 ± 0,09%), seguido do mirístico (C14:0) (21,58±0,04%) e do ácido graxo monoinsaturado oléico (C18:1c) com 9,87 ± 0,03%, a amostra também apresentou importantes concentrações de ácidos palmítico (6,64%), esteárico (2,75%), linoléico (2,68%), caprílico (2,51%) e cáprico com (2,14%).

Rogério et al. (2010) ao analisarem a composição de ácidos graxos em amêndoa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) obtiveram 51,3% de ácido láurico (C12:0), corroborando com o estudo de Barbosa et al., (2009), que ao analisarem o óleo do tucumã do Amazonas da espécie *Astrocaryum aculeatum* encontraram

51,74% para ácido láurico (C12:0) e 26,17% para o ácido mirístico (C14:0), valores esses muito próximos ao encontrado no presente estudo. Valor inferior foi encontrado por Vieira (2011) ao analisar o perfil de ácidos graxos em amêndoas do babaçu com $31,57 \pm 1,03\%$ de ácido láurico.

5.6 Quantificação dos compostos bioativos

Os resultados dos compostos bioativos (flavonoides, antocianinas totais, carotenóides totais e ácido ascórbico) estão apresentados na Tabela 08.

Tabela 08. Compostos bioativos (flavonóides totais, antocianinas totais, carotenóides totais e ácido ascórbico) presentes na amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Compostos bioativos	Média \pm dp*	CV (%)
Flavonoides totais (mg.100g ⁻¹)	2,99 \pm 0,15	4,92
Antocianinas totais(mg.100g ⁻¹)	0,61 \pm 0,10	16,67
Carotenóides totais (μ g de β -caroteno.g ⁻¹)	1,44 \pm 0,77	53,21
Ácido ascórbico(mg.100g ⁻¹)	68,33 \pm 5,77	8,45

*dp=desvio padrão; CV (%) =coeficiente de variação.

O teor de flavonoides totais encontrado na amêndoa do tucum foi de 2,99mg.100g⁻¹, valores semelhantes aos obtidos por PORTO et al., (2011) na amêndoa de sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) com 2,37mg/100g e Andrade et al., (2014) nos resíduos da manga ubá (2,87 mg.100g⁻¹).

Os flavonoides são conhecidos como os principais responsáveis pela capacidade antioxidante em frutos por causa do elevado potencial de oxidação e redução, protegendo assim os tecidos dos danos oxidativos. Nos frutos, os flavonoides normalmente são encontrados livres (agliconas) ou ligados a açúcares (glicosilados), o que influencia na determinação quantitativa desses compostos (IGNAT; VOLF; POPA, 2011).

O resultado de antocianinas totais para a amêndoa de tucum foi de 0,61 \pm 0,10mg.100g⁻¹, valores semelhantes aos encontrados por Rocha (2011), em

alguns frutos do cerrado piauiense como (chichá $0,88 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$; macaúba $0,57 \pm 0,9 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$; maracujá-do-cerrado $0,44 \pm 0,5 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$; mangaba $0,43 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e puçá-preto $0,61 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

Em relação ao teor de carotenoides, foram quantificados $1,44\mu\text{g}$ de β -caroteno. g^{-1} , como apresentado na Tabela 08. Esse resultado está próximo ao de outras amêndoas típicas do cerrado brasileiro, tais como a sapucaia com $0,23\mu\text{g/g}$ de β -caroteno) (PORTO et al., 2011), a guariroba (*Syagrus oleracea*) com $0,81\mu\text{g/g}$ e a macaúba (*Acrocomia aculeata*) com $1,82\mu\text{g/g}$ (COIMBRA, 2010). A literatura indica que a coloração de frutos que variam do amarelo ao vermelho geralmente está associada à presença de carotenoides e que as sementes e amêndoa não são fontes potenciais desse fitoquímico (CREPALDI et al., 2001).

O teor de vitamina C encontrado no presente estudo ($68,33\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) foi próximo ao encontrado por Gonçalves (2008) ao analisar o tucumã da espécie *Astrocaryum aculeatum* que obteve resultado de $58\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Esse valor assemelha-se também com o de frutas cítricas, como a laranja ($67\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (LIM; LIM; TEE, 2007). Esse elevado valor para vitamina C representa um dado importante, pois o consumo de 100g dessa amêndoa supre 151,84% das necessidades diárias de vitamina C para adultos que é de 45mg por dia (BRASIL, 2005).

Salienta-se que a presença de substâncias bioativas (como a vitamina C) possui efeito protetor em relação às doenças crônico não-transmissíveis. A vitamina C destaca-se devido a sua propriedade antioxidante (agente redutor e doador de elétrons), protegendo o organismo contra as ações dos radicais livres; a sua participação em inúmeras reações bioquímicas, principalmente atuando como cofator enzimático; e a sua capacidade de aumentar a biodisponibilidade do ferro, devido à redução do ferro férrico (Fe^{3+}) a ferro ferroso (Fe^{2+}) (CHAKRABORTHY, 2014).

De uma forma geral os resultados indicam que a amêndoa do tucum da espécie *Astrocaryum vulgare* é fonte importante de compostos bioativos, com destaque para a vitamina C.

Na Tabela 09 encontram-se os valores dos fenólicos totais determinados nos extratos aquoso, etanólico e acetônico, onde se observa que houve concentrações variáveis de fenólicos totais, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) entre eles. Essas

concentrações variaram de $57,20 \pm 0,89 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$ (extrato aquoso) a $533,60 \pm 16,81 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$ (extrato etanólico).

Tabela 09. Teores de Fenólicos totais (mg EAG.100 g^{-1} amostra) em extratos aquoso, etanólico e acetônico obtidos da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Extratos	Fenólicos Totais (mg EAG.100 g^{-1} amostra desengordurada)
Extrato aquoso	$57,20 \pm 0,89^c$
Extrato etanólico	$533,60 \pm 16,81^a$
Extrato acetônico	$139,15 \pm 3,67^b$

*Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Os compostos fenólicos são substâncias essenciais para o crescimento e reprodução dos vegetais. Além disso, são responsáveis pela pigmentação e proteção contra raios ultravioleta, micro-organismos e insetos. As plantas, quando submetidas a situações de estresse, como limitações nutricionais ou ataques de patógenos, ativam as rotas de síntese dos metabólitos secundários, resultando na produção dos compostos fenólicos (IGNAT; VOLF; POPA, 2011).

Na extração de fenólicos totais da amêndoa do tucum observa-se que a eficiência do etanol foi superior ($p < 0,05$) aos demais solventes obtendo $533,60 \pm 16,81 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ de amostra, seguidos do extrato acetônico ($139,15 \pm 3,67$) e do extrato aquoso ($57,20 \pm 0,89$). O extrato etanólico por ter apresentado maior concentração de fenólicos totais, nós hipotetizamos que a maioria dos compostos fenólicos da amêndoa do tucum apresenta alta polaridade.

Comparando os resultados desse estudo aos de Vieira (2011) ao analisar o teor de fenólicos totais da amêndoa do babaçu (*Orbignya speciosa*) obteve valores inferiores ao dessa pesquisa, com $67,67 \pm 2,42 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$ para o extrato acetônico, seguido do extrato alcoólico ($39,72 \pm 5,59$) e aquoso ($9,05 \pm 0,52$). Porto et al., (2011), encontrou para o extrato etanólico $57,77 \text{ g}/100 \text{ g}$ e $31,09 \text{ mg}/100 \text{ g}$ para o extrato aquoso em amêndoa de sapucaia.

A extração de compostos fenólicos em amêndoas do baru (*Dipteryx alata* Vog), através do extrato metanólico proporcionou resultado de $568,9 \pm 28,7$ mg EAG.100 g⁻¹, semelhante ao presente estudo (LEMOS, 2012).

Em relação à classificação de fenólicos totais, Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008), ordenaram em três categorias: baixo (< 100 mg EAG.100 g⁻¹), médio (100 a 500 mg EAG.100 g⁻¹) e alto (>500 mg EAG.100 g⁻¹) para amostras frescas de dezessete frutos provenientes do equador. Sendo assim, o extrato aquoso da amêndoa de tucum é considerado uma fonte pobre de compostos fenólicos, enquanto que o extrato acetônico é médio e o extrato etanólico enquadra-se na categoria de fonte alta de fenólicos totais.

Dentre as variadas classes de antioxidantes naturais, os compostos fenólicos têm se destacado, devido a suas propriedades de captar radicais livres e, conseqüentemente, pela capacidade de proteção ao organismo humano (BARBOSA, 2008). Estudos *in vitro* ainda indicam que polifenóis encontrados em plantas podem efetivamente participar de processos que possam ter implicações anticarcinogênicas e anti-aterogênicas (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007). Vale ressaltar que a análise dos compostos fenólicos pode ser influenciada pela natureza do composto, método empregado, solvente utilizado, tamanho da amostra, condições de armazenamento e padrão utilizado (PACHECO et al., 2014).

5.7 Avaliação da atividade antioxidante

5.7.1 Método de sequestro do radical DPPH^{*}

Devido a diversidade de substâncias antioxidantes presentes na matriz alimentar, vários métodos têm sido desenvolvidos para avaliar a capacidade antioxidante *in vitro* em vegetais e seus extratos, a fim de selecionar substâncias que possuam potencial de combater ou inibir radicais livres. Entretanto, essa avaliação não deve basear em apenas uma única metodologia, sendo necessário a combinação de pelo menos dois métodos *in vitro* para inferir, com maior segurança, se os extratos analisados poderão apresentar também alguma atividade em combater os radicais livres formados no interior do organismo humano (OLIVEIRA, 2015). Entre as metodologias que têm sido utilizadas, destacam-se as que utilizam

os radicais livres sintéticos DPPH e ABTS⁺, pela facilidade de execução e pela boa correlação com as demais metodologias antioxidantes (SOUSA et al., 2011).

Na Tabela 10 encontram-se os resultados da atividade antioxidante dos extratos da amêndoa de tucum e os padrões ácido gálico e catequina determinados pelo método de sequestro do radical DPPH[•]. Os resultados foram expressos em percentual de proteção e EC₅₀ (quantidade do antioxidante necessário para reduzir 50% da concentração inicial de DPPH[•] presente na solução), indicando que quanto menor o valor de EC₅₀, maior a atividade antioxidante do composto analisado (VIEIRA, 2011).

Tabela 10. Atividade antioxidante, expressos pelo percentual de proteção (%) e EC₅₀ (µg.mL⁻¹) pelo método de sequestro do radical DPPH[•] para os extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Extratos e padrões	Concentração (µg.mL ⁻¹)					EC ₅₀ (µg.mL ⁻¹)
	500µg.mL ⁻¹	1000µg.mL ⁻¹	1500µg.mL ⁻¹	2000µg.mL ⁻¹	2500µg.mL ⁻¹	
Aquoso	11,55±0,41 ^a	25,90±2,32 ^b	46,16±3,73 ^c	52,59±2,14 ^c	61,30±3,46 ^d	2074,09±264,88 ^A
Etanólico	15,62 µg.mL ⁻¹	31,25µg.mL ⁻¹	62,5µg.mL ⁻¹	125µg.mL ⁻¹	250µg.mL ⁻¹	66,38±5,33 ^B
Acetônico	2,57±0,91 ^a	4,00±0,97 ^a	5,96±1,08 ^a	8,99±1,12 ^a	24,13±11,94 ^b	3443,19±271,36 ^C
Acido gálico	1,0 µg.mL ⁻¹	2,5 µg.mL ⁻¹	5,0 µg.mL ⁻¹	7,5 µg.mL ⁻¹	10 µg.mL ⁻¹	4,95±0,16 ^B
Catequina	1,0 µg.mL ⁻¹	2,5 µg.mL ⁻¹	5,0 µg.mL ⁻¹	7,5 µg.mL ⁻¹	10 µg.mL ⁻¹	22,39±5,16 ^B

*Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente entre si (p < 0,05); Médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente entre si (p < 0,05).

Observa-se, na Tabela 10, que todos os extratos analisados apresentaram atividade antioxidante dentro das concentrações testadas, que variaram de 2,57%±0,91 (extrato acetônico, concentração 62,5µg.mL⁻¹) a 84,62%±2,40 (extrato etanólico, concentração 250µg.mL⁻¹).

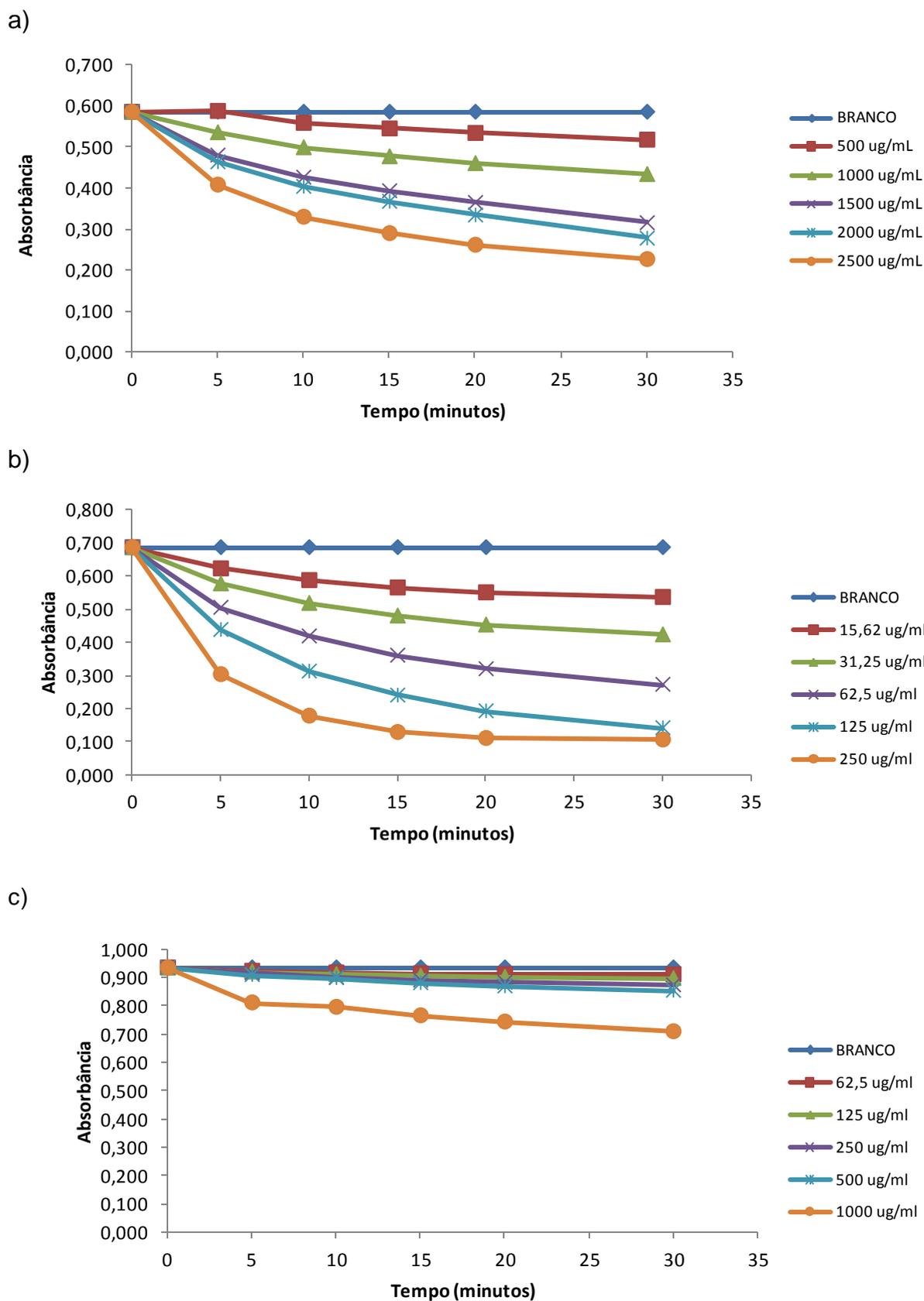
Em relação aos resultados do EC₅₀ dos extratos da amêndoa do tucum, observa-se que variaram de 66,38±5,33µg.mL⁻¹ (extrato etanólico) a 3443,19±271,36 µg.mL⁻¹ (extrato acetônico). Em concordância com o porcentual de proteção, esses resultados mostraram que o extrato etanólico foi o que apresentou o maior poder antioxidante (p<0,05) com o menor valor de EC₅₀ entre os três extratos estudados.

Já comparando com os padrões comerciais de antioxidantes, o ácido gálico (EC_{50} : $4,95 \pm 0,16 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) e catequina (EC_{50} : $22,39 \pm 5,16 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) apresentaram maior capacidade antioxidante em comparação aos três extratos testados, o que já é esperado, pois trata-se de padrões de fenólicos altamente purificados.

Vieira (2011), ao analisar a atividade antioxidante dos extratos da amêndoa do babaçu (*Orbignya speciosa*) utilizando o radical livre DPPH \cdot , obteve EC_{50} para o extrato aquoso ($6651,79 \pm 23,95 \mu\text{g}/\text{mL}$), extrato etanólico ($3402,00 \pm 23,79 \mu\text{g}/\text{mL}$) e acetônico ($4352,69 \pm 21,79 \mu\text{g}/\text{mL}$), portanto valores maiores que os encontrados para os extratos da amêndoa do tucum, demonstrando que a amêndoa analisada no presente estudo apresentou uma capacidade antioxidante superior à amêndoa do babaçu. Já Lima (2008), ao verificar o EC_{50} da amêndoa do pequi obteve para o extrato aquoso ($481,43 \pm 4,7 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) valor inferior ao encontrado no presente estudo para o mesmo extrato, entretanto o extrato alcoólico ($998,1 \pm 6,4 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) foi superior ao da amêndoa do tucum.

Morais et al., (2013) encontraram EC_{50} de $410,00 \pm 0,015 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ para extrato metanólico da semente da lobeira (*Solanum lycocarpum*). Roesler et al. (2007) ao analisarem a atividade antioxidante de frutas do cerrado, encontraram na semente da cagaita (*Eugenia dysenterica*) para o extrato etanólico (EC_{50} : $14,15 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) e aquoso (EC_{50} : $247,93 \pm 0,29 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) e na semente de araticum (*Annona crassiflora*) no extrato etanólico (EC_{50} : $30,97 \pm 0,99 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) e aquoso (EC_{50} : $417,54 \pm 11,069 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$), sendo o extrato etanólico mais eficaz em sequestrar radicais livres para as duas sementes analisadas.

A Figura 19 (a, b e c) representa as curvas cinéticas da degradação do radical DPPH pelos antioxidantes presentes nos extratos aquoso, etanólico e acetônico, respectivamente, da amêndoa do tucum. Verifica-se através da Figura 19, que em todos os extratos, a reação dos antioxidantes com o radical ocorreu principalmente nos primeiros cinco minutos da reação, demonstrando que os antioxidantes presentes na amêndoa do tucum possuem ação rápida em combater os radicais livres.



5.7.2 Método de sequestro do radical ABTS

O método de sequestro do radical ABTS, diferentemente do radical DPPH que já vem pronto para uso e é solúvel apenas em solventes orgânicos, necessita ser gerado a partir de reações químicas ou enzimáticas, e é solúvel tanto em água quanto em solventes orgânicos, o que possibilita a análise de uma maior variedade de amostras, tanto hidrofílicas como lipofílicas (TIVERON, 2010). Os resultados são expressos em função do Trolox (capacidade antioxidante equivalente ao Trolox-TEAC), um padrão antioxidante submetido às mesmas condições de análise e usado para preparar a curva padrão do método ABTS^{•+}. Por ser expresso dessa forma, fica mais fácil a comparação dos resultados obtidos em diversos alimentos e distintos estudos (ARTS et al., 2004).

Na Tabela 11 constamos resultados da atividade antioxidante pelo método ABTS^{•+} nos tempos 2, 5, 10, 15, 20 e 30 minutos dos extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do tucum. De forma geral pode-se averiguar um aumento dos valores TEAC nos tempos de 2 a 30 minutos, demonstrando que os extratos continuaram reagindo com o radical ABTS^{•+} ao longo do tempo da reação.

Tabela 11. Valor TEAC (Capacidade Antioxidante Total Equivalente ao TROLOX) pelo método ABTS^{•+} dos extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Extratos	Valor TEAC ($\mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$) [*]					
	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min
Aquoso	4,24 \pm 0,75 ^{a,A}	4,76 \pm 0,80 ^{ab,A}	5,82 \pm 0,93 ^{abc,A}	6,40 \pm 1,08 ^{abc,A}	6,88 \pm 1,14 ^{abc,A}	7,54 \pm 1,25 ^{c,A}
Etanólico	32,49 \pm 2,61 ^{a,B}	36,43 \pm 2,38 ^{ab,B}	39,43 \pm 1,92 ^{bc,B}	40,90 \pm 1,96 ^{bc,B}	41,85 \pm 1,96 ^{bc,B}	43,07 \pm 1,96 ^{cd,B}
Acetônico	4,31 \pm 0,63 ^{a,A}	5,09 \pm 0,67 ^{ab,A}	5,86 \pm 0,44 ^{bc,A}	6,36 \pm 0,34 ^{bc,A}	6,70 \pm 0,44 ^{cd,A}	7,03 \pm 0,44 ^{cd,A}
Ácido gálico	2085,11 \pm 32,37 ^{a,C}	2289,55 \pm 99,80 ^{a,C}	2287,33 \pm 104,77 ^{a,C}	2284,00 \pm 107,4 ^{5a,C}	2279,55 \pm 111,27 ^{a,C}	2270,66 \pm 118,65 ^{a,C}
Catequina	881,77 \pm 22,20 ^{a,D}	1031,77 \pm 16,44 ^{b,D}	1240,66 \pm 29,63 ^{c,D}	1360,66 \pm 27,28 ^{d,D}	1442,89 \pm 28,74 ^{e,U}	1566,22 \pm 28,74 ^{f,D}

Os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão (n = 3). *Médias na mesma linha seguidas de letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente entre si (p < 0,05); médias na mesma coluna seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente entre si (p < 0,05).

Observa-se na Tabela 11 que os extratos reagiram com o radical ABTS em todos os tempos, com destaque para o extrato etanólico da amêndoa do tucum que apresentou a melhor atividade antioxidante, com valores TEAC de $32,48 \pm 2,61$ a $43,07 \pm 1,96 \mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$ nos tempos de 2 e 30 minutos da reação, respectivamente. Estes valores foram superiores estatisticamente ($p < 0,05$) aos demais extratos em todos os tempos estudados. Já comparados com os padrões ácido gálico e catequina, estes se mostraram mais eficientes ($p < 0,05$) que os extratos em degradar os radicais ABTS, com valores TEAC de 2.270 e 1566 no tempo 30 minutos, respectivamente.

Vieira (2011) ao analisar a capacidade antioxidante da amêndoa do babaçu pelo método ABTS, observou que o extrato aquoso apresentou maiores valores TEAC, variando de $0,36 \pm 0,02$ a $0,68 \pm 0,03 \mu\text{M}$ de trolox/g, resultados inferiores aos encontrados no presente estudo. Zanatta (2015), encontrou na amêndoa da macaúba para o extrato metanólico $4,56 \pm 1,47 \mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$, porém Rufino et al. (2010), analisando a atividade antioxidante pelo método ABTS em camu-camu, puça-preto e juçara encontraram valores superiores aos obtidos nos extratos metanólicos da amêndoa do tucum, sendo eles, $153 \mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$, $125 \mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$, $78,3 \mu\text{mol Trolox.g}^{-1}$, respectivamente.

Na Figura 20 encontra-se a curva cinética da atividade antioxidante dos extratos aquoso, etanólico e acetônico da amêndoa do tucum de acordo com o tempo da reação. É possível perceber que os padrões ácido gálico e catequina reagem rapidamente com os radicais livres nos primeiros minutos da reação, e que os extratos mesmo reagindo nos primeiros dois minutos da reação, continuam degradando os radicais ao longo dos 30 minutos da reação. Observa-se ainda que o extrato etanólico reagiu mais rapidamente que o padrão catequina.

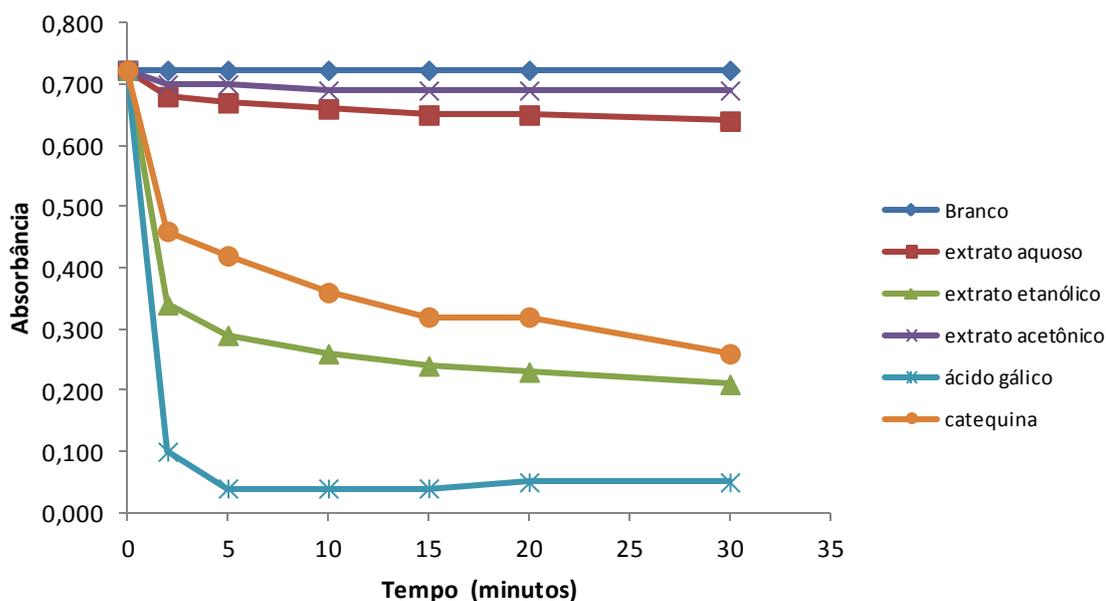


Figura 20. Curva cinética da atividade antioxidante, pelo método ABTS, da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*).

Pôde-se observar que houve uma relação direta entre o conteúdo de fenólicos totais (Tabela 9) e a capacidade antioxidante da amêndoa de tucum (Tabelas 10 e 11). O extrato etanólico que apresentou maior conteúdo de fenólicos totais foi o mesmo que exibiu a maior atividade antioxidante, tanto utilizando o radical DPPH, como o radical ABTS.

5.8 Teste de Toxicidade da amêndoa do tucum frente às larvas da *Artemia salina* sp.

O teste de toxicidade utilizando o microcrustáceo *Artemia salina* é um ensaio biológico utilizado para avaliação preliminar de toxicidade, que foi desenvolvido para detectar a presença de compostos tóxicos em extratos vegetais (RODRIGUEZ et al., 2009). Esse teste é em geral, simples, rápido, sensível e barato, que consiste em verificar a taxa de microcrustáceos mortos ao composto testado (extrato aquoso), ou seja, observam-se os danos causados ao organismo teste e a concentração do composto que provoca a morte de 50% dos mesmos, representada pela sigla CL₅₀, sendo aceito pela comunidade científica (CAVALCANTE et al., 2001).

Esse teste é viável devido à semelhança dos limites dos efeitos tóxicos produzidos em *Artemia salina* com aqueles produzidos no homem. Com base na dose por unidade de superfície corporal, os efeitos tóxicos no homem estão

consideravelmente nos mesmos limites que os observados em modelos experimentais, sendo possível descobrir possíveis riscos nos humanos (KLASSEN et al, 2001).

Sendo assim, as concentrações testadas, o número de indivíduos mortos, o valor da CL₅₀ obtido no bioensaio com o microcrustáceo *Artemia salina* e o intervalo de confiança estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. CL₅₀ do extrato aquoso da amêndoa de tucum (*Astrocaryum vulgare*) testado em diferentes concentrações.

Concentrações testadas do extrato aquoso	Total de indivíduos expostos (n)	Indivíduos mortos (n)	*CL ₅₀ (µg/mL)	Limite inferior IC** (µg/mL)	Limite superior IC** (µg/mL)
125	30	0	2.032,96	1333,48	5431,21
250	30	1			
500	30	6			
1000	30	10			
1500	30	10			

*Concentração letal média para 50% das larvas. **IC=Intervalo de Confiança 95%.
Fonte: Pesquisa direta, 2015.

De acordo com a Tabela 12, pode-se observar que o extrato aquoso da amêndoa de tucum nas concentrações testadas não apresentou efeitos tóxicos sobre o microcrustáceo, uma vez que apresentou CL₅₀ acima de 1000 ppm. Meyer, et al.,(1982) estabeleceram uma relação entre o grau de toxicidade e a CL₅₀ sobre *Artemia salina*, considerando que quando verificados valores acima de 1000 µg/mL, estes são considerados atóxicos, portanto a amêndoa de tucum com concentração letal média de 2.032,96µg/mL não apresentou toxicidade nas concentrações testadas, não oferecendo risco toxicológico na utilização do extrato da amêndoa nas condições testadas. Observou-se ainda que o extrato aquoso da amêndoa de tucum apresentou um intervalo de confiança (IC95%) com limite inferior de 1333,48 µg/mL e superior de 5431,21µg/mL, Tabela 12.

A análise de toxicidade do extrato aquoso da amêndoa de tucum frente à *Artemia salina* demonstrou, após o tempo de 24horas de incubação, que quanto maior a concentração testada, maior o número de indivíduos mortos, porém tanto os

valores da concentração letal média, como o intervalo de confiança apresentaram acima de 1000 µg/mL.

A presente pesquisa trabalhou com três tipos de extratos, sendo eles o aquoso, etanólico e acetônico, porém para a investigação toxicológica da amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*) foi testado apenas o extrato aquoso devido a sensibilidade do organismo teste (*Artemia salina sp.*) aos solventes etanol e acetona que poderia influenciar no resultado da investigação causando dúvida quanto a morte do organismo teste.

Com base nos resultados da composição nutricional, caracterização física, físico-química, compostos bioativos e atividade antioxidante, a amêndoa do tucum apresenta-se como uma boa fonte nutricional e de compostos bioativos que são conhecidos pela promoção de efeitos fisiológicos benéficos.

6 CONCLUSÃO

- ✓ Os frutos inteiros e amêndoa do tucum (*Astrocaryum vulgare*) apresentaram peso médio de 22,09 e 4,92g, respectivamente, e 22,27% para rendimento da amêndoa.
- ✓ Os resultados obtidos através da composição centesimal da amêndoa de tucum permitiram caracterizar a amêndoa como uma oleaginosa típica, com destaque para a alta densidade energética e de nutrientes, especialmente lipídios (38,73%) e carboidratos (37,4%), podendo ser usadas como fontes promissoras para obtenção de matéria prima para o uso agroindustrial.
- ✓ Em relação à composição de ácidos graxos, os ácidos majoritários da amêndoa do tucum foram os saturados (87,44%) com destaque para o ácido láurico (51,82%).
- ✓ A amêndoa do tucum apresenta vários minerais essenciais, destacando-se sua elevada concentração de manganês (11,88mg) e o consumo de apenas 04 amêndoas supre 100% da IDR de um adulto.
- ✓ Foram encontrados os compostos bioativos: flavonoides, antocianinas, carotenóides e ácido ascórbico, com destaque para a concentração de ácido ascórbico (68,33mg.100g⁻¹).
- ✓ O extrato etanólico do tucum apresentou elevado teor de fenólicos totais com 533mg/100g, que refletiu em elevada atividade antioxidante pelos dois métodos testados (DPPH e ABTS).
- ✓ O extrato aquoso da amêndoa do tucum não apresentou toxicidade, pelo bioensaio da *Artemia salina* sp. nas concentrações testadas, portanto a utilização dessa amêndoa não oferece risco toxicológico, nas condições estudadas.

- ✓ A presente pesquisa apresenta ganhos, como: tornar as informações acessíveis à população sobre as propriedades nutricionais, atividade antioxidante e a investigação toxicológica da amêndoa do tucum, além de tornar acessível ainda os resultados da caracterização do fruto e da amêndoa de forma geral e a identificação botânica da espécie a fim de evitar possíveis dúvidas e poder comparar com os dados existentes na literatura.

REFERÊNCIAS

- ABE, L. T.I.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 254-259, 2010.
- ALVARENGA, G. **A importância dos Nutrientes para uma vida saudável**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:<http://www.foreverliving.com.br/arqs/downloads/detalhe_1224594990_flp_cartilha_nutricao_20071214_web.pdf>. Acesso janeiro de 2016.
- ALVES, M. R. P.; DEMATTÊ, M. E. S. P. **Palmeiras: características botânicas e evolução**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 129 p.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; FARO, Z. P.; CAMPOS, S. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n.2, p.233-243, 2006.
- ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v.350, n.1, p.103-108, 1996.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.
- ALVES, A. M.; ALVES, M.S. O.; FERNANDES, T. O.; NAVES, R. V.; NAVES, M.M. V. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 837-844, 2013.
- ALVES, R. E.; BRITO, E. A.; RUFINO, M. S. M.; SAMPAIO, C. G. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: A case study with acerola. *Acta Horticulturae*, Belgium, v. 773, n. 1, p. 299–305, 2008.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official Methods and recommended Practices of the AOCS. Official Methods**. 5th Ed. Champaign, USA, AOCS, 2004. [AOCS Official Methods Ce 2-66].
- ANDRADE, L. A.; RIBEIRO, L. P.; RIBEIRO, V. B.; PEREIRA, M. A. B.; VIEIRA, L. G. M.; BARROSO, M. A. S. Caracterização dos compostos bioativos presentes na biomassa residual da manga ubá. **XIX Jornada de Engenharia Química**, Universidade Federal do Uberlândia, agosto de 2014.
- ANDRADE, Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos et al. Antioxidant properties and chemical composition of technical Cashew Nut Shell Liquid (tCNSL). **Food Chemistry**, Barking, v. 126, p. 1044-1048, 2011.
- ANGELA, F. C. O. **Avaliação da atividade antioxidante em extratos de frutas típicas do cerrado brasileiro**. 2014. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

ARTS, M. J. T. J.; DALLINGA, J. S.; VOSS, H. P.; HAENEN, G. R. M. M.; BAST, A. A new approach to assess the total antioxidant capacity using the TEAC assay. Barking, **Food Chemistry**, v. 88, p. 567-570, 2004.

ASARE, G.A.; KEW, M.C.; MOSSANDA, K.S.; PATERSON, A.C.; SIZIBA, K.; KAHLER-VENTER, C.P. Effects of Exogenous Antioxidants on Dietary Iron Overload. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v. 44, p.85-94, 2009.

ASSUNÇÃO, M. L.; CABRAL, J. C. R.; SANTOS, A. F.; FERREIRA, H. S.; FLORENCIO, T. M. Effects of dietary coconut oil on the biochemical and anthropometric profiles of women presenting abdominal obesity. **Lipids**, v.44, n.7, p.593-601, 2009.

BARBOSA, B. S.; KOOLE, H. H. F.; BARRETO, A. C.; SILVA, J. D.; FIGLIUOLO, R.; NUNOMURA, S. M. Aproveitamento do Óleo das Amêndoas de Tucumã do Amazonas na Produção de Biodiesel. **Acta Amazônica**, v.39, n.2, p.371-376, 2009.

BARBOSA, K. B. F.; BRESSAN, J.; ZULET, M. A.; MARTÍNEZ, J. A. Influencia de la dieta sobre marcadores plasmáticos de estrés oxidativo en humanos. **Anales del Sistema Sanitario Navarra**, Pamplona, v.31, n. 3, p. 259-80, 2008.

BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. C. G.; PAULA, S. O.; MININ, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição, Campinas**, v.23, n.4, p.629-643, 2010.

BARROS, I. B. I. Alimentação Saudável e sustentabilidade. **Semana da alimentação. Seminário sobre agrotóxicos e OGM: Perigo à mesa**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www.crn2.org.br/download/05_11_2013_16_29_26_ingrid%20barros.pdf>. Acesso em novembro de 2015.

BATISTA, E. S. **Fisiologia do envelhecimento e abordagem dietoterápica para o idoso**. Editora: A. S. sistemas ebook, 2012.

BAUER, G. Reactive oxygen and nitrogen species: efficient, selective, and interactive signals during intercellular induction of apoptosis. **Anticancer Research**, v. 20, n. 6B, p. 4115-4139, 2000.

BENÍCIO, D. A.; NETO, V. Q.; SOUSA, J. G. de. Avaliação das propriedades físico-químicas e da composição química parcial do óleo de sementes de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss), cultivado no município de Patos - Paraíba. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 4, n.2, 2010.

BIANCHI, M. L.P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição, Campinas**, v. 2, n.2, p. 123-130, 1999.

BLOCK, G.; DIETRICH, M.; NORKUS, E.P.; MORROW, J.D.; HUDES, M.; CAAN, B.; PACKER, L. Factors associated with oxidative stress in human populations. **American Journal of Epidemiology**, v. 156, n.3, p.274-285, 2002.

BLUM, A.; MONIR, M.; WIRSANSKY, I.; BEN-AZIR, S. The beneficial effects of tomatoes. **European Journal of Internal Medicine**, v. 1, n. 6, p. 402- 404, 2005.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-technologie**, v. 28, n. 1, p.25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de vigilância Sanitária-ANVISA. Ministério da Saúde. RDC nº269, de 22 de setembro de 2005. Aprova do Regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, de 22 de setembro de 2005.

BRASIL. Agência Nacional de vigilância Sanitária-ANVISA. Ministério da Saúde. Portaria nº27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova do Regulamento técnico referente a Informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, de 13 de setembro de 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. O bioma cerrado. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em novembro de 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado**. Brasília: MMA, 2011. 200 p.

BOSCHINI, R. P.; GARCIA, JR. UCP2 and UCP3 genic expression:regulation by food restriction, fasting and physical excersise. **Revista de Nutrição**. Presidente Prudente, v.18, nº6, p.753-764, 2005. 2005.

CALZAVARA, B. B. G.; SOUSA, J. M. S.; CARVALHO, A. C. F. **Estudos sobre potenciais da Amazônia** (primeira fase). Belém: Ministério da Agricultura/SUDAM, 1978. 99p.

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.

CARDOSO, L. D. M.; MARTINHO, H. S. D.; MOREIRA, A.V.B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANTANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) of the cerrado of minas gerais, Brazil: physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research Internacional**, v. 44, p.2151-2154, 2010.

CARDOSO, L. M. **Araticum, cagaita, jatobá, mangaba e pequi do cerrado de minas gerais: ocorrência e conteúdo de carotenóides e vitaminas**. 2011. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição)-Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANTANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: physical and Chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research Internacional**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2151-2154, 2011a.

CARVALHO, F. M. V.; JÚNIOR, P. D. M.; FERREIRA, L. G. The Cerrado intopieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, 2009.

CARVALHO, M. G. **Barras de cereais com amêndoas de chicha, sapucaia e castanha do Gurguéia, complementadas com casca de abacaxi**. 2008. 93p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Alimentos) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

CAVALCANTE, M. F.; OLIVEIRA, M. C. C. de; VELANDIA, J. R.; ECHEVARRIA, Á. Síntese de 1,3,5-triazinas substituídas e avaliação da toxicidade frente a *Artemia salina* leach. **Química Nova**, v.23, n.1, 2001.

CAVALCANTE, P. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6ª Ed. Belém: CnPq/Museu Paraense Emilio Goeld. 1996.

CERQUEIRA, F.; MEDEIROS, M.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

CHAKRABORTHY, A.; RAMANI, P.; SHERLIN, H.J.; PREMKUMAR, P.; NATESAN, A. Antioxidant and pro-oxidant activity of Vitamin C in oral environment. **Indian Journal of Dental Research**, v. 25, p.499-504, 2014.

CHAUDIERE, J.; FERRARI-ILIOU, R. Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms. **Food and Chemical Toxicology**, v.37, p.946-962,1999.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 320p.

CLARKSON, P. M.; THOMPSON, H. S. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? **American Journal Clinical Nutrition**, v.72, n. 2, p. 637-46, 2000.

COIMBRA, M. C. **Caracterização dos frutos e dos óleos extraídos da polpa e amêndoa de guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. 2010. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Estadual São José do Rio Preto, São Paulo, 2010.

COSTA. J. C. G; GOMES. P. C. J.; SILVA. R. L. O estudo da composição mineral do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). **50º Congresso Brasileiro de Química: Agroindústria, qualidade de vida e biomas brasileiros**. Cuiabá-MT, out., 2010.

COSTA, N. C.; FIGUEIREDO, P. M. S.; SILVA, D. P.; CHAGAS JUNIOR, A. F. ; SCHEIDT. G. N. Suplementos alimentícios contendo óleo de coco e cártamo para o tratamento da obesidade: Seus interferentes nos padrões do perfil lipídico. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 2, n.1, p.12-17, 2015.

CREPALDI, I. C.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; PENTEADO, M. D. C.; SALATINO, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus Coronata* (Martius) Beccari). **Revista Brasileira de Botânica**, Botucatu, v.24, n.2, p.155-159, 2001.

CRISÓSTOMO, N. L.; MONTE, R.; NAVARRO, F.; NETO, J. S. Relação da Obesidade e Cálcio: Uma Abordagem de Estudos Realizados. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, São Paulo, v. 1, n. 4, p. 16-24, 2007.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 1144 p.

DIAS, A. L. S.; SOUZA, J. N. S.; ROGEZ, H. Enriquecimento de compostos fenólicos de folhas de *Inga edulis* por extração em fase sólida: quantificação de seus compostos majoritários e avaliação da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 38-42, 2010.

DOMÍNGUES, B. M.; GOMEZ, M. V. I.; LEON, F. R. Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 52, n.3, p. 219-231, 2002.

DOURADO, L. P. S. A. **Efeito do consumo do tucum do cerrado (*Bactris setosa*) no estresse oxidativo induzido por ferro em ratos**. 2012. 60p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana)-Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W. J. 2008. *Genera Palmarum: the evolution and classification of palms*. Kew Publishing, **Royal Botanical Garden**, Londres. 732p.

DRI, Dietary Reference Intakes, 1997. In **Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamina D and Fluoride**. Washington: Academic Press, 1997.61p.

DUARTE, I. D.; ROGERIO, 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, outubro, 2010.

EFRAIM, P.; ALVES, A. B.; JARDIM, D. C. P. Polifenóis em cacau e derivados: teores, fatores de variação e efeitos na saúde. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3. p. 181-201, 2011.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo solo comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.541-545, 2001.

FERNANDES, D. C.; FREITAS, J. B.; CZEDER, L. P. NAVES, M. M. Nutritional composition and protein value of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) almond from the Brazilian Savanna. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 90, n. 10, p. 1650-1655, 2010.

FERRARI, C. K. B.; FRANÇA, E. L.; HONORIO-FRANÇA, A. C. Nitric oxide, health and disease. **Journal Applied Biomedicine**, v.7, p.163-73, 2009.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, n.1, p. 61-8, 1997.

FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S.; SILVEIRA, C. S. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). **Alimentos e Nutrição, Araraquara**, v.19, n.4, p. 427-433, 2008.

FERREIRA, L. C.; GRABE-GUIMARÃES, A.; PAULA, C. A.; MICHEL, M. C. P.; GUIMARÃES, R. G.; REZENDE, S. A.; SOUZA FILHO, J. D.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Campomanesia adamantium*. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 145, n. 1, p. 100-108, 2013.

FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 10, p. 1837-1860, 2004.

FITO, M; de la Torre, R.; FARRE-ALBALADEJO, M.; KHYMENETZ, O.; MARRUGAT, J.; COVAS, M. I. Bioavailability and antioxidant effects of olive oil phenolic compounds in humans: a review. **Ann Inst Super Sanita**, v.43, n.4, p.375-81, 2007.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). **Anthocyanins as Food Colors**, New York: Academic Press, p. 182-205, 1982.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, n.2, p.269-279, 2010.

FURTADO, F. B. **Estudo químico, análise do óleo essencial e atividades biológicas de *Ingalaurina* (Sw.) Willd.** 2014. 101p. Dissertação (Mestrado em química)-Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

FUSTINONI, A. M. **Efeito antioxidante do tucum-do-cerrado [*Bactris setosa*] em ratos submetidos ao estresse oxidativo induzido por ferro.** 2013. 132p.Tese (Doutorado em nutrição humana)-Universidade de Brasília, 2013.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C.** 2008, 88p. Dissertação (Mestrado e Ciências do Alimentos)-Universidade de São Paulo, 2008.

GONÇALVES, J. P.; SANTOS, W. R.L.DOS; COSTA, L. F. M.; SILVA, R. S.; SOUZA, J.S.; BATALHA, S.S. A.; SANTOS, A. C. M.; CARNEIRO, J. S. Métodos de extração e análise química de óleos vegetais de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) e tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). **SODEBRAS**, v. 9, n. 97, 2014.

GREEN, K.; BRAND, M. D.; MURPHY, M. P. Prevention of mitochondrial oxidative damage as a therapeutic strategy in diabetes. **Diabetes**. v.53, n.1, p.110-8, 2004.

GUIZILINI, L. A. **Atividade antioxidante de gabioba e aplicação da polpa como ingrediente em sorvete**. 2010. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos)-Universidade Estadual de Londrina, 2010.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. **Free Radicals in Biology and Medicine**. 4. Oxford University Press, 2007.

HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**, v.142, n.2, p. 231-55, 2004.

HEANEY, R. P. Calcium Intake and Disease Prevention. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.50, p.685-93, 2006.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Versão eletrônica. São Paulo. 2008. 1020p.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

JAHNEN-DECHENT, W.; KETTELER, M. Magnesium basics. **Clinical Kidney Journal**, Oxford, v. 5, suppl1, p. i3-i14, 2012.

JONES, D. P. Redefining oxidative stress. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 8, n. 9-10, 2006.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C.S.; KELLONGG, E. A.; STEVENS, P. F. **Plant Systematics: A Phylogenetic Approach- Sinauer Associates. Sunderland**. 2009.

KING, J.C. Effect of reproduction on the bioavailability of calcium, zinc and selenium. **J Nutr**. 2001, 131, 1355S-8S.

KLASSEN, C. O.; WATKINS, J. B. **Toxicologia, a ciência básica dos tóxicos de Casarett e Doull's**. 5^o ed. Editora McGraw-Hill de Portugal, Ltda. 2001.

KOURY, J.C.; DONANGELO, C. M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n.4, p.433-41, 2003.

YOSHIKAWA, C.Y.C **Efeitos da suplementação mineral injetável em bezerros Nelore na fase da desmama**. 2009. 39p. Dissertação (Mestrado em zootecnia)-Universidade de São Paulo, 2009.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. HPLC-DAD-MS characterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**, v. 110, p. 522-530, 2008.

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 1003-1008, 2007.

LEE, S. J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum*) and thyme leaves (*Thymes vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 131-137, 2005.

LEMOS, M. R. B. **Caracterização e estabilidade dos compostos bioativos em amêndoas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), submetidas a processo de torrefação**. 2012, 145p. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde)-Universidade de Brasília, 2012.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade *in vitro* e *in vivo*, e identificação dos compostos fenólicos presentes no Pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**. 2008. 219p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos)-Universidade de São Paulo, 2008.

LIMA, J. C. R. **Efeitos dos parâmetros da extração e avaliação da qualidade física e química dos óleos de baru e amendoim**. 2012. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

LIMA, T. B.; SILVA, O. N.; OLIVEIRA, J. T. A.; VASCONCELOS, I. M.; SCALABRIN, F. B.; ROCHA, T. L.; GROSSI-DE-SÁ, M. F.; SILVA, L. P.; GUADAGNIN, R. V.; QUIRINO, B. F.; CASTRO, C. F. S.; LEONARDECZ, E.; FRANCO, O. L. Identification of *E. dysenterica* laxative peptide: a novel strategy in the treatment of chronic constipation and irritable bowel syndrome. **Peptides**, New York, v. 31, n. 8, p. 1426-1433, 2010.

LORENZI, H.; MELLO FILHO, L. E. **As plantas tropicais de Roberto Burle Marx; the Tropical Plants of R. Burle Marx**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2001. 488p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M., de; MEDEIROS-COSTA, J. T. de; CERQUEIRA, L.S.C. de; BEHR, N. von. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1996. 303p.

LUIZ-FERREIRA, A.; ALMEIDA, A. N. A.; COLA, M.; BARBASTEFANO, V.; ALMEIDA, A. B. A.; BATISTA, L. M.; FARIAS-SILVA, E.; PELLIZZON, C. H.; HIRUMA-LIMA, C. A.; SANTOS, L. C.; VILEGAS, W.; BRITO, A. R. M. S. Mechanisms of the gastric antiulcerogenic activity of *Anacardium humile* St. Hil on ethanol-induced acute gastric mucosa injury in rats. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 10, p. 7153-7166, 2010.

MACÊDO, E. M. C.; AMORIM, M. A. F.; SILVA, A. C. S.; CASTRO, C. M. M. B. Efeitos da deficiência de cobre, zinco e magnésio sobre o sistema imune de crianças com desnutrição grave. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 28, n.3, p.329-36, 2010.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B.; ANTONIASSI, R. Composição em Ácidos Graxos e Caracterização Física e Química de óleos de babaçu. **Revista Ceres**, v. 53, n. 308, p.463-470, 2006.

MACHADO, S. R.; BARBOSA, S. B. **Manual de procedimentos- Herbário BOTU “IRINA DELANOVA GEMTCHUJNICOV”**. 2010. Disponível em:<
http://www.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/Herbario/Manual_Herbario_BOTU.pdf>. Acesso em setembro de 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MANHÃES, L.R.T. **Caracterização da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*, Mart.): um potente alimento funcional**. 2007. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

MARIATH, J. G. R.; LIMA, M. C. C.; SANTOS, L. M. P. Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vinifera* Mart) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia. **American Journal Clinical Nutrition**, v.49, p.849-53, 1989.

MARIN, A.M.F.; SIQUEIRA, E.M.A.; ARRUDA, S.F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, n. 60, s.7, p. 177-187, 2009.

MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. 2003. 64p. Monografia-(Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada)-Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), Brasília, 2003.

MARTÍNEZ-FLÓREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J. M.; TUÑÓN, M. J. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; HOPKINS, M. G.; THOMPSON, I. S. **Identificação botânica na Amazônica: Situação Atual e Perspectivas**. Belém:EMBRAPA Amazônia Oriental, 2003.

MCLAUGHLIN, J. L. Crown gall tumors on potato discs and brine shrimp lethality: two simple bioassays for higher plant screening and fractionation. In: DEY, P.; HARBORNE, J.; HOSTETTMANN, K. (Eds.). **Methods in Plant Biochemistry**. 6. ed. London: Academic Press, 1991. p. 1-32.

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

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAN, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; NICOLS, J. L. A convenient general bioassay for active plant constituents. **Journal of Medical Plant Research**, v. 45, n.1, p. 31-34, 1982.

- MIYAHIRA, M. A. M.; FAVARO, S. P.; CICONINI, G.; SOUZA, C. F. T.; KORB, R. A. P.; SANTOS, G. P. Caracterização do óleo de amêndoa do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa, Campina Grande-PB, 2010.
- MORAIS, M. L.; SILVA, A. C. R.; ARAÚJO, C. R. R.; ESTEVES, E. A.; DESSIMONI-PINTO, N. A. V. Determinação do potencial antioxidante *in vitro* de frutos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 355-360, 2013.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, n. 1/2, p. 95-111, 2004.
- NASCIMENTO, J. F.; FERREIRA, E. J.; REGIANI, A. M. Parâmetros biométricos dos cachos, frutos e sementes da palmeira tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. MEYER), no estado do Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, 2007.
- NETO, P. C. G.; LIMA, J. R.; BARBOSA, M. R. V.; BARBOSA, M. A.; MENEZES, M.; PÔRTO, K. C.; WARTCHOW, F.; GIBERTONI, T. B. **Manual de procedimento para herbário**. Editora Universitária: UFPE, Recife, 2013.
- OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO-SANTANA, H. M. Vitamina C, carotenóides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.
- OLIVEIRA, G.L.S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais *in vitro* pelo método do DPPH•: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.1, p.36-44, 2015.
- OLIVOTTI, P. A.; BERTONCIN, A. L. F.; FUZZI, A. Propriedades antioxidantes do chá verde: efeitos fisiológicos protetores contra a ação dos radicais livres. **Revista Santa Rita**, São Paulo, v.7, n.14, p.6-17, 2012.
- OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **The analysis of nutrient in foods**. London: Academic, p. 158, 1978.
- PACHECO, P.; PAZ, J. G.; SILVA, C. O.; PASCOAL, G. B. Composição centesimal, compostos bioativos e parâmetros físico-químicos do jenipapo (*Genipa americana* L.) *in natura*. **Demetra: alimentação, nutrição & saúde**. v.9, n. 4, p. 1041-1054, 2014.
- PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; CONSTANT, P. B. L. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 231-247, dez. 2009.
- PEREIRA, S. J.; MUNIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; CECCANTINI, G. Morfologia e densidade básica das folhas de tucum (*Bactris inundata* Martius) como fonte de fibras celulósicas para papel, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 39-48, 2002.

PORTO, R. L.; SANTOS, E. C.; BARROS, N. V. A.; CARDOSO, B. V. S.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Teor de flavonóides e β -caroteno em amêndoas de sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.). **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição** v.36, n.11, p.263-263, 2011.

PRASAD, A. S.; BECK, F. W. J.; BAO, B.; FITZGERALD, J. T.; SNELL, D. C.; STEINBERG, J. D.; CARDOZO, L. J. Zinc supplementation decreases incidence of infections in the elderly: effect of zinc on generation of cytokines and oxidative stress. **American Journal Clinical Nutrition**, v.85, n.3, p. 837-44, 2007.

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

REZENDE, L. C. **Avaliação da atividade antioxidante e composição química de seis frutas tropicais consumidas na Bahia**. 2010. 118p. Tese (Doutorado em Química) -Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

ROCHA, M. S. **Compostos bioativos e atividade antioxidante (*in vitro*) de frutos do cerrado piauiense**. 2011. 94p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)-Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P.; AGOSTINICOSTA, T. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado/Total phenolics and condensed tannins in native fruits from Brazilian savanna. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

RODRIGO, R.; GUICHARD, C.; CHARLES, R. Clinical pharmacology and therapeutic use of antioxidant vitamins. **Fundamental and Clinical Pharmacology**, v.21, n.2, p. 111-27, 2007.

RODRIGUES, A. Óleo de coco milagre para emagrecer ou mais um modismo? **Abeso**. v.56, n.1, p.1-3, 2012.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI PRESS, 2001, 71p.

RODRIGUEZ, A. G.; TEIXEIRA, O. M.; SALLES, F. G.; VITAL, J. P.; PEIXOTO, D. S. Bioensaio com artemia salina para detecção de toxinas em alimentos vegetais. **Estudos**, Goiânia, v. 36, n. 5-6, p. 795-808, maio-jun. 2009.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.1, p. 53-60, 2007.

ROGERIO, J. B. DUARTE, I. D.; ANTONIASSI, R.; BIZZO, H. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Rendimento em óleo e composição de ácidos graxos de frutos de tucumã coletados no Estado do Mato Grosso. **4º Congresso da Rede Brasileira de**

Tecnologia de Biodiesel. 7º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Belo Horizonte-MG, outubro, 2010. Disponível em:< <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25890/1/2010-085.pdf>>. Acesso em outubro 2015.

ROMERO, A. B. R.; MARTINS, M. C. C. NUNES, P.H. M.; FERREIRA, N. R. T.; BRITO, A. K. S.; CUNHA, P.F. M.; LIMA, A.; ASSIS, R. C.; ARAUJO, E.M. *In vitro* and *in vivo* antioxidant activity of Buriti fruit (*Mauritia flexuosa* L.f.). **Nutrición Hospitalaria**. v.32, n.5, p.2153-2161, 2015.

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

SANTOS; F. H.; ANDRADE, V. M.; BUENO, O. F. A. Envelhecimento: um processo multifatorial. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 14, n. 1, p. 3-10, jan./mar. 2009.

SCHNEIDER, C. D.; OLIVEIRA, A. R. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.10, n.4, 2004.

SCIPIONI, M. C. **Curso de Identificação Botânica de Espécies Arbóreas da Região Amazônica**. Serviço Florestal Brasileiro. Centro Nacional de Apoio ao Manejo Florestal-Cenaflor, 2009. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/estruturas/224/_publicacao/224_publicacao28042010052330.pdf>. Acesso em setembro de 2015.

SCOLASTICI, C.; LIMA, R. O.; BARBISAN, L. F.; FERREIRA, A. L.; RIBEIRO, D. A.; SALVADORI, D. M. Lycopene activity against chemically induced DNA damage in Chinese hamster ovary cells. **Toxicology in Vitro**, v. 21, p. 840-845, 2007.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n. 2, p.227-236, 2004.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR, 2005.

SIES, H. Oxidative Stress: oxidants and antioxidants. **Experimental Physiology**., v. 82, p.291-295, 1997.

SILVA, D. B. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 179p.

SILVA, L. E. O. **“Limites e potencialidades do tucumã como fonte de energia para regiões isoladas da Amazônia”**. 2012. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Universidade de Brasília, 2012.

SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C.; AMANTE, E. R.; PINHEIRO, R. C.; Caracterização química da amêndoa de frutos amazônicos e seu aproveitamento na

elaboração de extratos. p. 3366-3373. In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química- COBEQ, v.1, n.2**, São Paulo, 2014.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, J. M. L. Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de castanha-do-Brasil. **Ciência em Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 445-450, mar./abr., 2010.

SIMÕES, D. L. **Composição nutricional e elaboração do biscoito e da barra de cereal do fruto de tucumã (*Astrocaryum vulgare Mart.*)**. 2010, 59p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar)- Universidade Nova de Lisboa, Caparica, 2010.

SIQUEIRA, E. M. D. A.; MARIN, A. M. F.; CUNHA, M. S. B.; FUSTIONI, A. M.; SANTANA, L. P.; ARRUDA, S. F. Consumption of baru seeds [*Dipteryx alata* Vog.], a Brazilian savanna nut, prevents iron-induced oxidative stress in rats. **Food Research International**, v. 45, n. 1, p. 427–433, 2012.

SIRWARDHANA, N.; KALUPAHANA, N. S.; CEKANOVA, M.; LEMIEUX, M.; GREER, B.; MOUSTAID-MOUSSA, N. Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 24, p. 613–623, 2013.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 059-064, Março, 2008.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.15, n.1, p.71-81, jan./abr., 2002.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, jul./set. 2011.

SOUZA, M. A. M. **Bioacessibilidade dos polifenóis naturalmente presentes na folha e no cálice da vinagreira (*Hibiscus sabdariffa L.*)**. 2014. 83p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)-Universidade Federal Do Piauí, Teresina, 2014.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. I- quantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 19, p.63-68, 1959.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos/NEPA-UNICAMP**. 4ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011, 164p.

- TAPIERO, H.; TOWNSEND, D. M.; TEW, K. D. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 58, n. 2, p. 100-110, 2004.
- TEIXEIRA, H. L. **Composição química e perfil de ácidos graxos da castanha do fruto da castanhola (*Terminalia Catappa* Linn)**. 2010. 61p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2010.
- TIVERON, A. P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidas no Brasil**. 2010. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- UENOJO, M.; MARÓSTICA JUNIOR, M.R.; PASTORE, G.M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v.30 p.616-622, 2007.
- VALENTE, R. M.; ALMEIDA, S. S. **As palmeiras de Caxiuana**: informações botânicas e utilização por comunidades ribeirinhas. Belém: MPEG / UFP, 2001. 54p.
- VALKO M.; RHODES C.J.; MONCOL J.; IZAKOVIC M.; MAZUR M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, v.160, p. 1-40, 2006.
- VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOLA, J.; CRONIN, M. T. D.; MAZURA, M.; TELSER, J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 39, p.44–84, 2007.
- VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, p.816-823, 2008.
- VENKATACHALAM, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, n.13, p.4705-14, 2006.
- VERAS, R. Envelhecimento populacional contemporâneo: demandas, desafios e inovações. **Revista de saúde pública**, v.43, n.3, p.548-54, 2009.
- VIEIRA, L. M. **Caracterização química e capacidade antioxidante in vitro do coco babaçu (*Orbignya speciosa*)**. 2011. 93p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)-Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.
- VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promissórias de La Amazonía**: tratado de cooperación amazonica. Lima: Secretaria Pro-Tempore, 1996. 367p.
- WANG, L.; MANSON, J. E.; BURING, J. E.; LEE, I.; SESSO, H. D. Dietary Intake of Dairy Products, Calcium, and Vitamin D and the Risk of Hypertension in Middle-Aged and Older Women. **Hypertension**, Boston, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Report of a Joint WHO/ FAO/UNU Expert Consultation. **Protein and amino acid requirements in human nutrition**. Geneva: Technical Report Series, n. 9352007, 2007.

YAO, L. H.; JIANG, Y. M.; SHI, J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; DATTA, N.; SINGANUSONG, R.; CHEN, S. S. Flavonoids in Food and their Health Benefits. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.59, p.113-122, 2004.

YEILAGHI, H.; ARZANI, A.; FOTOVAT, R.; FEIZI, M.; GHADERIAN, M.; POURDAD, S. S. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower *C. tinctorius* L. genotypes. **Food chemistry**, v.130, n.3, p.618-625, 2012.

YU, P. B. Celular defenses against damage from reactive oxygen species. **Physical Review**, v. 74, n. 1, p. 141-162, 1994.

YU, T. W.; ANDERSON, D. Reactive oxygen species-induced DNA damage and its modification: a chemical investigation. **Mutation Research**, Amsterdam, v.379, n.2, p.201-210, 1997.

ZANATTA, S. **Caracterização da macaúba (casca, polpa e amêndoa) e análise sensorial através da educação do gosto**. 2015.109p. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Meio Ambiente)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.