



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
FACULDADE DE QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

THAMYRES TORRES DOS SANTOS

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) PARA OBTENÇÃO DE EMULSÃO

Marabá

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
THAMYRES TORRES DOS SANTOS

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum
aculeatum*) PARA OBTENÇÃO DE EMULSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Química da
Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará, como pré-requisito para a obtenção
do título de Licenciatura em Química.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Tamyris Thaise
Costa de Souza

MARABÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Biblioteca Setorial II da UNIFESSPA

S237p Santos, Thamyres Torres dos
Extração e caracterização do óleo de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) para obtenção de emulsão /Thamyres Torres dos Santos. — 2022.
57 f.: il. [algumas color.]

Orientador (a): Tamyris Thaise Costa de Souza. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Faculdade de Química, Curso de Licenciatura Plena em Química, Marabá, 2022.

1. Óleos vegetais – Extração (Química). 2. Extração por solventes. 3. *Astrocaryum*. 4. Produtos naturais. 5. Emulsões. I. Souza, Tamyris Thaise Costa de, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 543

Elaborado por Hully Thacyana da Costa Coelho – CRB-2/1593

THAMYRES TORRES DOS SANTOS

EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) PARA OBTENÇÃO DE EMULSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como pré-requisito para a obtenção do título de Licenciatura em Química.

Marabá, 10 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Tamyris Thaise Costa de Souza
(Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Maisa Tatiane Ferreira de Souza

Prof. Dr. Clóvis Sacardo da Silva

AGRADECIMENTOS

Previamente gostaria de agradecer a Deus, pois ele se fez presente em todos os momentos da minha vida, dando-me forças enquanto achava que não daria conta e pensava em desistir, então, obrigada papai do céu. Agradecimento especial aos meus pais Sr.^a Alessandra da Silva Torres e Sr. Francisco Souza do Santos pela motivação, pelo apoio, pelo ensinamento, pelo investimento, pelo amor e pelo carinho, os quais forma essenciais para superar mais esse obstáculo da vida. Aos meus pais do coração, que são meu sogro e minha sogra, Sr. Luzinei de Souza Ribeiro e sogra Sr.^a Joseane Moita Trindade Ribeiro, obrigada por estarem ao meu lado, aconselhando-me, tratando-me como filha e dando-me todo suporte necessário, muito obrigada gratidão eterna, amo todos vocês.

Agradeço ao meu namorado, Cayck Trindade Ribeiro, o qual sempre esteve comigo do início ao fim da graduação e nos piores e melhores momentos da minha vida, com todo apoio, desdobrando-se para me ajudar no que fosse necessário, amo-te. As nossas famílias, Torres (Andreia, Adiana, Ariane, Adina, Thiago, Arthur, Magno e Natanael), Borges (Alessandra, Revalina e Clei) e Trindade (Elane, Lohany, Joseene, Ykaro, Fernando, Jozilane e Maria Trindade) obrigada a todos que citei e aos que não citei que de certa forma se tornaram um elemento chave a essa conquista.

Dedico e agradeço as minhas avós e aos meus avôs Maria Tereza de Jesus da Silva Torres, José Pereira Borges, Paulo Martins Torres (Falecido), Salustiano Pereira (Falecido), Maria Helena Dias Borges (Falecida) e Maria Cristina Souza dos Santos (Falecida), aos presentes e aos que infelizmente não estão mas aqui, e com o choro entalado digo o quanto foram especiais e importantes na minha vida, serei eternamente grata a vocês.

Aos meus amigos (a), Camila Mota, Brenda Carneiro, Brena Sousa, Nabila Albdelnor, Sâmara Aires, Ana Maria, Amanda Leal, José Airton, Bruno Santos, Kalil Luiz, Matheus Castillo, Lucas Amaral e outros amigos que não citei, mas foram muito importantes nessa jornada, obrigada pela amizade e por sempre acreditarem em mim.

Aos professores (a), em especial, Dr.^a Tamyris Thaise Costa de Souza, Dr.^a Marilene Nunes Oliveira, Dr^o Sebastião da Cruz Silva e ao corpo docente da Química, que sempre dedicam ao máximo para nos ajudarem na construção do nosso conhecimento e formação, serei sempre grato a todos vocês.

*“É mais fácil construir do zero
uma máquina que te leve a lua do que
partir do zero e construir um conhecimento
que te leve ao interior de si mesmo.”*

- Carl Jung.

RESUMO

O bioma amazônico é conhecido pelas suas vastas riquezas naturais, dentre esses recursos têm o fruto tucumã, esse que possui um grande valor econômico, pois é possível o aproveitamento de boa parte do fruto. Além disso, o óleo de tucumã é considerado atrativos para os setores industriais por possuir grande potencial nutritivo. Com isso, buscam-se alternativas para a extração e aplicação do óleo do tucumã. Este trabalho teve como objetivo extrair e caracterizar óleo da polpa de tucumã para desenvolver sistemas emulsionados. Foram desenvolvidas extrações de óleo da polpa de tucumã utilizando álcool etílico e hexano como solventes, análises de caracterizações físico-químicas e obtenção sistemas emulsionados. A extração do óleo da polpa do tucumã foi mais eficiente utilizando o hexano como solvente. O óleo do tucumã apresentou valores de índice de acidez (IA) igual a 3,8 mgKOH/g de óleo para o óleo extraído com o hexano e 4,87 mgKOH/g de óleo para o óleo extraído com etanol. O índice de saponificação (IS) foi de 159,44 mgKOH/ g de óleo para o hexano e 147,85 mgKOH/g e óleo para o etanol. O óleo da polpa de tucumã é composto, principalmente, pelos ácidos graxos palmíticos (C16:0) 23,36% e ácido oleico (C18:1) 67,09%. Por fim, foi elaborado um diagrama ternário contendo óleo de tucumã/tensoativo/água obtendo regiões de composições para sistemas emulsionados estáveis, demonstrando assim, a viabilidade de aplicação do óleo da polpa de tucumã para emulsões cosméticas.

PALAVRAS-CHAVE: Tucumã, extração de óleo, emulsão.

ABSTRACT

The Amazon biome is known for its vast natural riches, among these riches we have the tucumã fruit, which has a great economic value, because it is possible to use much of the fruit. In addition, tucumã oil is considered attractive to the industrial sectors because it has great nutritional potential. With this, alternatives are sought for the extraction and application of tucumã oil. This work aims to extract and characterize oil from tucumã pulp to develop emulsified systems. Extractions of oil from tucumã pulp were developed using ethyl alcohol and hexane as solvents, analysis of physicochemical characterizations and obtaining emulsified systems. The extraction of oil from the tucumã pulp was more efficient using hexane as solvent. The tucumã oil presented acidity index (AI) values equal to 3.8 mgKOH/g of oil for the oil extracted with hexane and 4.87 mgKOH/g of oil for the oil extracted with ethanol. The saponification index (IS) was 159.44 mgKOH/g of oil for hexane and 147.85 mgKOH/g and oil for ethanol. Tucumã pulp oil is composed mainly of palmitic fatty acids (C16:0) 23.36% and oleic acid (C18:1) 67.09%. Finally, a ternary diagram containing tucumã/tensoactive/water oil was elaborated, obtaining compositional regions for stable emulsified systems, thus demonstrating the feasibility of applying tucumã pulp oil to cosmetic emulsions.

KEYWORDS: Tucumã, oil extraction, emulsion

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tucumanzeiro (<i>Astrocaryum Vulgare</i> Mart).....	17
Figura 2 - Tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i>).	17
Figura 3 - Prensa para extração de óleos vegetais.	19
Figura 4 - Esquema ilustrativo de um extrator Soxhlet.	20
Figura 5 – Sistema ilustrativo da organização das gotículas em uma emulsão.	21
Figura 6 - Tipos de emulsões.....	21
Figura 7 - Emulsão e as alterações com o tempo.	22
Figura 8 - Cadeia do tensoativo.	22
Figura 9 - Fluxograma geral.	25
Figura 10 - Frutos de tucumã.....	25
Figura 11 - Fluxograma do processo de secagem.	26
Figura 12 - Polpa do tucumã.....	27
Figura 13 - Polpa tucumã triturada.	27
Figura 14 - Fluxograma do processo de extração.....	28
Figura 15 - Amostra da polpa do tucumã acondicionada em papel filtro.....	28
Figura 16 - Aparato experimental para o processo de extração do óleo da polpa do tucumã. .	29
Figura 17 - Equipamento utilizado para a recuperação do solvente.....	29
Figura 18 - Picnômetro utilizado para determinação da densidade.....	31
Figura 19 - Equipamento de análise de infravermelho.....	32
Figura 20 - Amostra do tucumã <i>in natura</i> e desidratada.	35
Figura 21 - Óleos da polpa do tucumã extraídos utilizando etanol e hexano como solvente...36	
Figura 22 - Espectroscopia no infravermelho do óleo do tucumã extraído utilizando o hexano (A) e álcool etílico (B).....	39
Figura 23 - Fórmula estrutural ácido palmítico.	42
Figura 24 - Fórmula estrutural do ácido oleico.	42
Figura 25 - Diagrama ternário para os componentes Tween 80 (tensoativo), água e óleo de tucumã.	42
Figura 26 - Emulsões com óleo de tucumã, Tween 80 e água.	44
Figura 27 - Emulsão tensoativo e óleo de tucumã.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de ácidos graxos do óleo de tucumã.....	18
Tabela 2 – Sistemas binários para a obtenção do diagrama ternário.....	33
Tabela 3 - Rendimentos dos processos de extração do óleo da polpa do tucumã.	35
Tabela 4 - Densidades dos óleos extraídos da polpa do tucumã	37
Tabela 5 - Índice de Saponificação (IS) dos óleos extraídos da polpa do tucumã.	37
Tabela 6 - Índices de acidez (IA) do óleo da polpa do tucumã extraído utilizando álcool etílico e hexano.....	38
Tabela 7 - Composição de ácidos graxos presentes no óleo de tucumã.....	41

LISTA DE SÍMBOLOS

BS – Base Seca

CG – Cromatografia Gasosa

FTIR – Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier

IA – Índice de Acidez

IS – Índice de Saponificação

LDL - Lipoproteína de Baixa Densidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVOS GERAIS	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 BIOMA AMAZÔNICO	16
3.2 TUCUMÃ.....	16
3.2.1 Tucumã e suas propriedades nutricionais.....	17
3.2.2 Composição e aplicação do óleo do tucumã.....	18
3.3 ÓLEO VEGETAIS	18
3.4 EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS.....	19
3.4.1 Extração por prensagem	19
3.4.2 Extração sólido – líquido.....	19
3.5 SISTEMAS EMULSIONADOS	20
3.5.1 Tipos de Emulsão	21
3.5.2 Estabilidade de emulsões.....	21
4 ESTADO DA ARTE	24
4.1 EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAIS.....	24
4.2 EMULSÕES	24
5 METODOLOGIA.....	25
5.1 RECEPÇÃO, PREPARO E SECAGEM.....	25
5.2 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA POLPA DO TUCUMÃ	28
5.3 RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO EXTRAÍDO	30
5.3.1 Rendimento da extração	30
5.3.2 Índice de acidez (IA)	30
5.3.3 Índice de Saponificação (IS)	30

5.3.4 Densidade.....	31
5.3.5 Espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FTIR).....	32
5.3.6 Cromatografia Gasosa (CG).....	32
5.3.7 Obtenção de sistemas emulsionados.....	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
6.1 SECAGEM E RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO.....	35
6.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DA POLPA DO TUCUMÃ ...	37
6.2.1 Densidade.....	37
6.2.2 Índice de Saponificação.....	37
6.2.3 Índice de Acidez.....	38
6.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO (FTIR).....	39
6.4 ANÁLISE DE CROMATOGRÁFIA GASOSA.....	41
6.5 OBTENÇÃO DO DIAGRAMA TERNÁRIO.....	42
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por ter grandes riquezas naturais, onde é possível encontrar seis características de bioma, sendo eles: Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa e Pantanal (IBGE, 2022). O bioma amazônico ocupa mais de 45% do território nacional brasileiro, contendo uma vasta riqueza em minerais, flora, água e fauna. A vegetação pode ser classificada em três: matas de igapó, matas de terra firme e matas de várzea (IBF, 2020).

Tucumã é uma fruta característica da região amazônica, proveniente de uma palmeira, popularmente conhecida como tucumanzeiro (*Astrocaryum Vulgare Mart*). O fruto e a palmeira têm um grande valor econômico na região, pois, se aproveita de grande parte, tanto como subproduto como para o consumo *in natura*. O óleo extraído da polpa do tucumã tem um alto teor de lipídios e grandes fontes de vitaminas (CARNEIRO et al., 2017; SANTOS et al., 2018; YUYAMA et al., 2008). Devido a suas amplas propriedades nutricionais, desperta o interesse das indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas.

Para aumentar a disponibilidade dos frutos do tucumã, buscam-se alternativas para a conservação do alimento. A secagem é umas das formas de conservação de frutos, pois é uma maneira de reduzir a proliferação de atividade microbiana, uma vez que, reduz o volume de água no material (OLIVEIRA et al., 2015). Além disso, a secagem é uma parte do pré-tratamento da biomassa para o processo de extração, uma vez que o elevado percentual de água na amostra pode dificultar o processo de difusão do óleo no interior dos poros da amostra (CANTE et al., 2021).

Os óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos de plantas e estes são amplamente utilizados em produtos alimentícios e fazem parte da dieta humana (REDA & CARNEIRO, 2007). Além disso, essas substâncias são bastante utilizadas no setor cosmético, uma vez que apresentam propriedades de grande importância para a população, tais como, hidratação, condicionamento, lubrificação, formação de filme e brilho (BARROS, 2021).

Devido a isso, buscam-se métodos de extração dessas substâncias. A extração é um método onde se separa a substância de sua matriz; na extração sólido-líquido ocorre a transferência do óleo com a ajuda de um solvente retirando-o de sua matriz graxa. Para a obtenção do óleo ocorre um processo físico, uma vez que esse processo não ocorre reação química (REGITANO-D'ARCE & LIMA, 1987). Para a extração utilizando solvente, o mais usado é o extrator do tipo Soxhlet. Por meados de 1879, Franz Von Soxhlet fabricou os primeiros aparelhos extratores e para uma maior eficácia no procedimento frisou a importância da trituração da matéria-prima (SOXHLET, 1879), pois aumenta a superfície de contato entre o solvente e o material. O processo de extração pode ser descrito em três etapas: infiltração do

solvente no tecido; a formação de uma micela intracelular e, a difusão do extrato na micela externa (SCHNEIDER, 1980).

Devido ao grande potencial nutricional os óleos vegetais estão cada dia mais inserido em produtos cosméticos, pois apresentam diversos benefícios a saúde humana como, por exemplo, emoliência, hidratação e condicionamento (BARROS, 2021). O óleo de tucumã apresenta em sua composição ômega 3, 6 e 9, tendo um grande potencial hidratante (ROLIM, 2012). Silva et al., (2015) desenvolveram nanoemulsão utilizando óleo do fruto de tucumã, obtendo sistemas emulsionados estáveis.

As emulsões são sistemas coloidais e consistem de mistura, dispersão ou suspensão entre dois ou mais fluidos imiscíveis, e são sistemas termodinamicamente instáveis, devido à positiva e elevada energia livre (tensão interfacial) existente entre as duas fases. (LIMA et al, 2008; PEREIRA & GARCIA-ROJAS, 2015). As emulsões têm como principais mecanismos físico-químicos de desestabilização a separação gravitacional, coalescência e a floculação (SILVA et al., 2016). Para manter a estabilidade da emulsão é necessário a adição de uma agente interfacial (tensoativo), uma vez que este agente irá colocar-se entre a fase dispersa e a fase contínua.

Dessa forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar a extração e caracterização do óleo da polpa de tucumã, utilizando hexano e álcool etílico como solventes, para aplicação em produção de sistemas emulsionados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Extrair e caracterizar óleo da polpa de tucumã para desenvolver sistemas emulsionados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair óleo da polpa do tucumã por extração sólido-líquido, utilizando extrator Soxhlet.
- Determinar a eficiência dos processos de extração do óleo de tucumã;
- Determinar características físico-químicas do óleo de tucumã;
- Determinar os grupos funcionais do óleo de tucumã por análise de espectroscopia de absorção no infravermelho;
- Determinar os ácidos graxos do óleo de tucumã por cromatografia gasosa;
- Obter diagrama ternário para determinar a região de emulsão com óleo de tucumã.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BIOMA AMAZÔNICO

A floresta amazônica está presente em um vasto território, englobando nove países da América do Sul, dentre eles, Brasil, Bolívia, Peru, Suriname e Guiana Francesa, em que cerca de 66% desse território está situado no Brasil (SOUZA, 2010).

A Amazônia apresenta uma grande diversidade de frutíferas, podendo representar 44% da diversidade de frutas nativas do Brasil. Essas frutas são importantes fontes de minerais, vitaminas, fibras alimentares, compostos fenólicos e bioativos (NEVES et al., 2015; CASTRO et al., 2020). Dessa forma, o bioma amazônico tem despertado grande interesse de diversas áreas científica e tecnológica, assim como, das indústrias farmacêuticas, alimentos, cosmética, aromatizantes e essências (CUNHA-JUNIOR et al., 2020).

Além disso, a grande diversidade do bioma amazônico é utilizada pela população local e explorada artesanalmente de forma bastante versátil, podendo ser utilizadas na construção de moradias, redes, peneiras, adornos e até mesmo para a criação de artifícios de pesca.

3.2 TUCUMÃ

O tucumã é um dos frutos provenientes da Amazônia que possui um grande valor econômico e nutricional. O tucumanzeiro (*Astrocaryum Vulgare Mart*) é uma palmeira que pode chegar a uma altura de 10 a 25 m e 30 cm de diâmetro e pertence à família das *Arecaceae* (GENTIL & FERREIRA, 2005). É encontrada no território brasileiro, mais especificamente nos estados do Pará, Rondônia, Roraima, Acre e Amazonas (BACELAR-LIMA et al., 2006). O Tucumanzeiro tem seu desenvolvimento lento e sua germinação pode ocorrer de 8 a 24 meses, além de que, é uma espécie reclusa, condescendente a solos ácidos e pobres em nutrientes e sua frutificação ocorre em um intervalo de 8 anos (FERREIRA et al., 2010).

O tucumanzeiro possui diversas oportunidades de utilização nas regiões em que são encontrados, podendo se aproveitar por um todo. Suas folhas são utilizadas na elaboração de cestos, abanadores, chapéus, além de que a fibra por ser bastante resistente, e é utilizada também na confecção de redes de pesca e bolsas. O palmito é aproveitado na alimentação (SHANLEY & MEDINA, 2005). Pode-se observar a palmeira de tucumanzeiro na Figura 1.

Figura 1 - Tucumanzeiro (*Astrocaryum Vulgare Mart*).



Fonte: GARCIA, 2017.

O tucumã é um fruto que apresenta polpa fibrosa, com 4 a 6 cm de comprimento, 3 a 5 cm de largura e massa de cerca de 50 gramas com formato oval (NATURA, 2022; SILVA et al., 2016; ZANIN, 2020), como pode-se observar na Figura 2. Por possuir elevado potencial nutritivo, esse fruto tem sido bastante utilizado por diversos setores, principalmente em cosméticos, no preparo de cremes e loções corporais (NATURA, 2022).

Figura 2 - Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*).



Fonte: NATURA, 2022.

3.2.1 Tucumã e suas propriedades nutricionais

Por ser rico em nutrientes como ômega-3, vitaminas A, B1 e C, o tucumã apresenta propriedades que combatem o envelhecimento precoce (NATURA, 2022). Além disso, o fruto apresenta um baixo teor de açúcar, elevado teor de β – caroteno energético (YUYAMA et al., 2008). O β – caroteno é um considerável antioxidante de lipoproteínas de baixa densidade (AMBRÓSIO & CAMPOS, 2006).

O tucumã pode ser utilizado como uma fonte anti-inflamatória natural, uma vez que apresenta elevadas concentrações de ômega-3, melhora a circulação sanguínea e auxilia no

controle dos índices de glicose e lipoproteína de baixa densidade, colesterol LDL que são lipoproteínas de baixa densidade (NATURA, 2022). A concentração de vitamina C presente no tucumã ajuda no fortalecimento do sistema imunológico e atua como antioxidante, neutralizando radicais livres, estes causadores de doenças crônicas (LEITE, 2019; NATURA, 2022; ZANIN, 2020).

3.2.2 Composição e aplicação do óleo do tucumã

O elevado teor de vitamina A presente no tucumã é um componente de suma importância no combate à flacidez da pele, e as vitaminas B1 e C, com alto poder antioxidante (SERPA, 2020). Por outro lado, a vitamina C presente no tucumã auxilia na síntese de colágeno, importante proteína que mantém firmeza e elasticidade da pele, ou seja, ajuda no combate ao envelhecimento (NATURA, 2022).

O óleo do tucumã tem cor alaranjada, é rico em ômega 3, 6 e 9. Com isso, pode ser empregado em cosméticos para hidratação da pele, loções corporais e produtos para cabelos danificados (AMAZONOIL, 2022). Devido a isso, o tucumã tem despertado interesse de diversos setores industriais, principalmente o cosmético. Na Tabela 1, é apresentada a composição de ácidos graxos presentes no óleo do tucumã.

Tabela 1 - Composição de ácidos graxos do óleo de tucumã.

Ácidos graxos	VASCONCELOS, 2010	SILVA et al., 2016
Ácido Palmítico (C16:0)	22,98 %	13,8 %
Ácido Estearico (C18:0)	5,20 %	8,60 %
Ácido Oléico (C18:1)	65,21 %	62,0 %
Ácido Linoléico (C18:2)	3,62 %	13,8 %
Ácido Araquídico A (C20:0)	2,07 %	-

3.3 ÓLEO VEGETAIS

Os óleos vegetais são substâncias de origem vegetal, bastante aplicados em indústrias de alimentos, cosmética e farmacêutica, uma vez que apresenta componentes com potencial bioativo (CASTRO et al., 2021). Além disso, os óleos vegetais apresentam uma mistura de ésteres, proveniente de uma combinação de ácidos graxos com a glicerina (GUSTONE, 2002).

Os lipídeos apresentam em sua composição, triacilgliceróis (>95%), glicolipídios, fosfolipídios, lipoproteínas e ácidos graxos, este último podendo ser ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, podendo apresentar diversos benefícios para a saúde (LEHNINGER et al., 2014)

3.4 EXTRAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS

Existem diferentes tipos processos para a extração de óleo vegetais, dentre eles, o processo de extração mecânica (prensagem) e o processo utilizando solventes, (sólido-líquido). A determinação do método ideal a ser utilizado para o processo de extração de óleo é feita levando em conta alguns fatores, como por exemplo, a quantidade do óleo, localização e em caso de necessidade de utilização de solvente, é necessário avaliar o tipo de solvente a ser empregado (MORAIS, 2012; SIMÕES, 2003).

3.4.1 Extração por prensagem

O processo de extração de óleos vegetais por prensagem apresenta melhor desempenho quando a matéria-prima apresenta elevado teor de óleo. Nesse tipo de extração o material é submetido a aplicação de forças compressivas. Esse método extrativo apresenta como principal benefício a obtenção de óleos vegetais com propriedades mais conservadas e ausência de resíduos químicos na torta, uma vez que não tem a utilização de solventes químicos (PIMENTA, 2010; VILHENA, 2013).

O desempenho do processo de extração por prensagem está diretamente ligado à pressão exercida no material, umidade e aquecimento. A umidade interfere diretamente na quantidade de óleo residual na amostra. O aquecimento da matéria prima no processo de extração contribui para a redução da viscosidade do óleo e conseqüentemente no escoamento do fluido por meio das células dos vegetais (PIGHINELLI et al., 2008; COSTA, 2016).

Na Figura 3 é apresentado o equipamento utilizado para o processo de extração por prensagem.

Figura 3 - Prensa para extração de óleos vegetais.



Fonte: HENAN, 2010.

3.4.2 Extração sólido – líquido

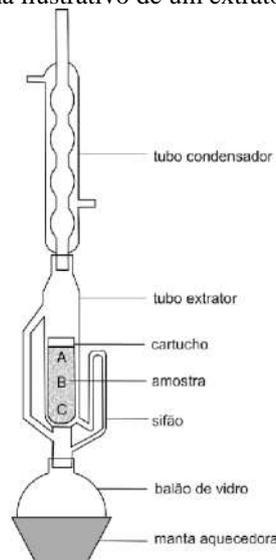
O processo de extração sólido-líquido é um dos principais métodos para a extração de óleo vegetais, uma vez que esse processo apresenta um considerável rendimento

desengordurante da amostra, onde pode apresentar um resíduo (torta) com índices de óleo inferior a 1% (CORREIA, 2009).

Para a realização da extração sólido – líquido, o material inicial deve passar por uma etapa de preparação, secagem, cominuição de modo a aumentar a superfície de contato entre o óleo e o solvente, aumentando a performance do processo extrativo. O processo ocorre a uma temperatura próxima do ponto de ebulição do solvente, contribuindo para o aumento da solubilidade do solvente e na redução da viscosidade do óleo, melhorando a performance do processo de extração (SILVA, 2019).

Esse tipo de extração necessita de um longo período de extração e por utilizar solventes pode ser prejudicial à saúde e para o meio ambiente (BRUM, 2004). O equipamento mais utilizado para esse tipo de extração é o extrator Soxhlet, (Figura 4).

Figura 4 - Esquema ilustrativo de um extrator Soxhlet.

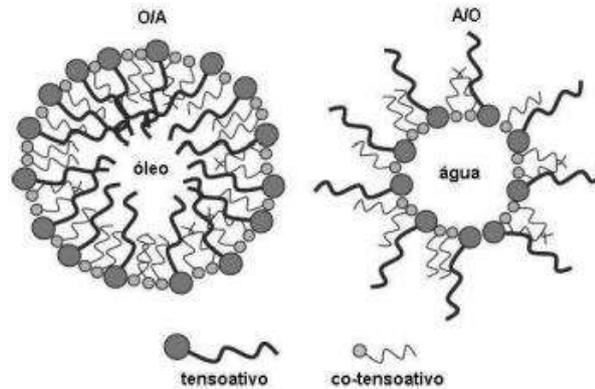


Fonte: SHINZATO, 2010.

3.5 SISTEMAS EMULSIONADOS

Emulsões podem ser caracterizadas como sistemas polifásicos, termodinamicamente instáveis, formadas por fluidos imiscíveis entre si, onde se encontra uma fase fragmenta (fase dispersa) envolto por uma fase externa (fase contínua) (DALVIN, 2012; LOPES, 2016). Na emulsão os fluidos são estabilizados através da ação de um emulsificante (FRANZOL & REZENDE, 2015). As emulsões são comumente aplicadas em indústrias de diversos segmentos, tais como, farmacêutica, alimentícia e cosmética. Na indústria cosmética, as emulsões são aplicadas na fabricação de diversos produtos, por exemplo, cremes e loções condicionadoras de cabelos (SIKORA, 2019). Na Figura 5, é apresentado um esquema de formação de uma emulsão.

Figura 5 – Sistema ilustrativo da organização das gotículas em uma emulsão.



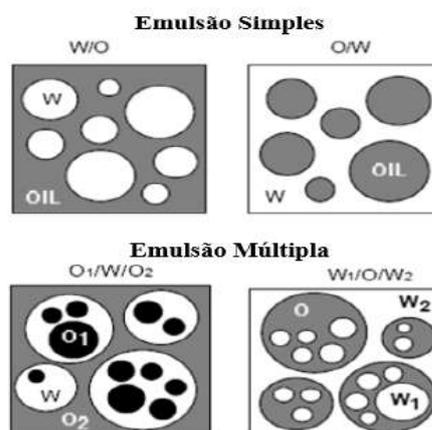
Fonte: GOMES, 2009.

3.5.1 Tipos de Emulsão

As emulsões podem ser classificadas da seguinte forma: (a) emulsões simples, podendo ser do tipo óleo em água (O/A) ou água em óleo (A/O), a depender da hidrofília ou lipofília da fase dispersante (USHIKUBO & CUNHA, 2014). As emulsões O/A apresentam gotículas de óleo dispersas em uma fase contínua de água e as emulsões A/O apresentam gotículas de água dispersas em uma fase contínua de óleo (ROLIM, 2016); (b) emulsões múltiplas ou complexas, são sistemas multicompartimentalizados, formados por três fases, podendo ser A/O/A ou O/A/O (PEREIRA & GARCIA-ROJAS, 2015).

Na Figura 6 é apresentando um esquema ilustrativo dos tipos de emulsão, simples e múltipla.

Figura 6 - Tipos de emulsões.



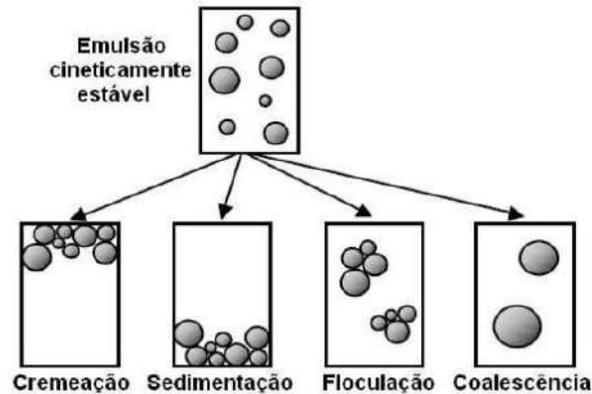
Fonte: ALMEIDA, 2014 (Adaptado).

3.5.2 Estabilidade de emulsões

A estabilidade das emulsões é caracterizada pela resistência a alterações nas propriedades ao longo do tempo, estando relacionada pela magnitude relativa das forças de Van

de Waals e interações relativas (MIRHOSSEIN et al., 2008). Diversos mecanismos físico-químicos provocam mudanças nas características das emulsões, como por exemplo, formação de creme, sedimentação, floculação e coalescência (PAVLAČKOVÁ et al., 2018; DIAS, 2016). Na Figura 7, é apresentado um sistema com uma emulsão estável e as alterações sofridas ao longo do tempo.

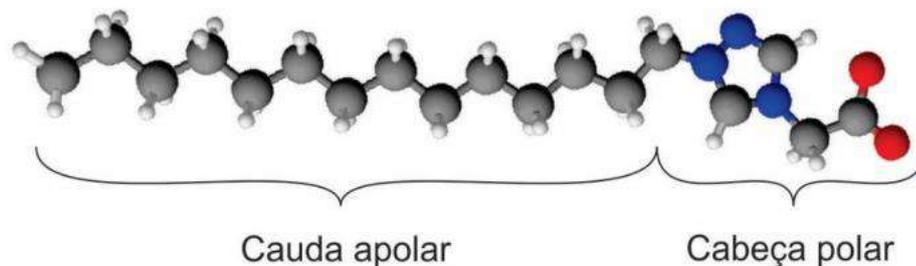
Figura 7 - Emulsão e as alterações com o tempo.



Fonte: MCCLEMENTS, 2005.

Para aumentar o período de estabilidade é necessário a utilização de estabilizantes, em que o mesmo deverá ser adsorvido rapidamente e com a força necessária para suportar a dessorção durante as colisões das gotas (DIAS, 2016). Existem diversos tipos de estabilizantes, tais como: eletrólitos inorgânicos, tensoativos, macromoléculas e finas partículas sólidas que aderem à interface, devido à energia superficial (HUNTER et al., 1989). O tensoativo pode ser catiônico (positivo), aniônico (negativo), anfóteros (cargas positiva e negativa) e não-iônico (sem carga). Estas substâncias apresentam afinidade com ambas as fases, polar e apolar, ou seja, parte da molécula do tensoativo é hidrofóbica tendo maior afinidade com a fase oleosa e a outra é hidrofílica apresentando maior afinidade com a fase aquosa, formando um filme molecular que diminui a tensão interfacial, Figura 8 (DIAS, 2016).

Figura 8 - Cadeia do tensoativo.



Fonte: DINIZ, 2019.

Diversos fatores influenciam na estabilidade das emulsões, por exemplo: (a) tamanho das gotas geradas, uma vez que com o aumento da partícula maior será a velocidade de sedimentação, assim como uma grande área gerada por muitas gotas pequenas, torna o sistema instável devido à elevada energia, (b) Volume de fase dispersa, em que o aumento da população de gotas de óleos na emulsão aumenta a probabilidade de colisão e a coalescência entre elas, (c) presença de aditivos, a proporção e a natureza de aditivos na emulsão é muito importante no controle da estabilidade do sistema, uma vez que essas substâncias são responsáveis por impedir o agregado entre as gotas, conseqüentemente mais difícil será a remoção da interface. (d) cargas das gotículas, a repulsão entre as partículas reduz os choques e conseqüentemente evita a floculação. (e) elevada viscosidade da fase contínua, controla a estabilidade uma vez que reduz a constância de colisões, assim retardando floculação e sedimentação (MIRHOSSEIN et al., 2007).

4 ESTADO DA ARTE

4.1 EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAIS

O grande valor nutricional dos óleos vegetais presentes nos frutos, grãos, tem despertado o interesse de diversos segmentos. Com isso, buscam-se alternativas de modo a extrair os óleos presentes nesses produtos, a fim de garantir uma extração eficiente e sem perder as características físico-químicas do produto extraído.

Moura (2013) realizou o estudo da caracterização do perfil de ácidos graxos do óleo de palmeiras encontradas no estado de Roraima. Nos processos de extração dos óleos vegetais, utilizou-se o processo de extração sólido-líquido pelo método de Soxhlet. A extração do óleo da polpa do tucumã apresentou um rendimento de aproximadamente 52,61%.

Costa et al (2016) realizaram um comparativo da qualidade do óleo extraído de duas variedades de tucumã, tucumã do Amazonas e tucumã do Pará. O processo de extração utilizado foi o método de extração com dióxido de carbono supercrítico. O rendimento total alcançado nos processos foram de 33,1 e 29,8%.

Barbosa et al (2020), avaliaram a extração do óleo do buriti pelo método de extração sólido-líquido, utilizando o método de Soxhlet. No processo de extração foi obtido um rendimento médio de 29,96% e índice de acidez de aproximadamente 1,9 mg KOH/g.

4.2 EMULSÕES

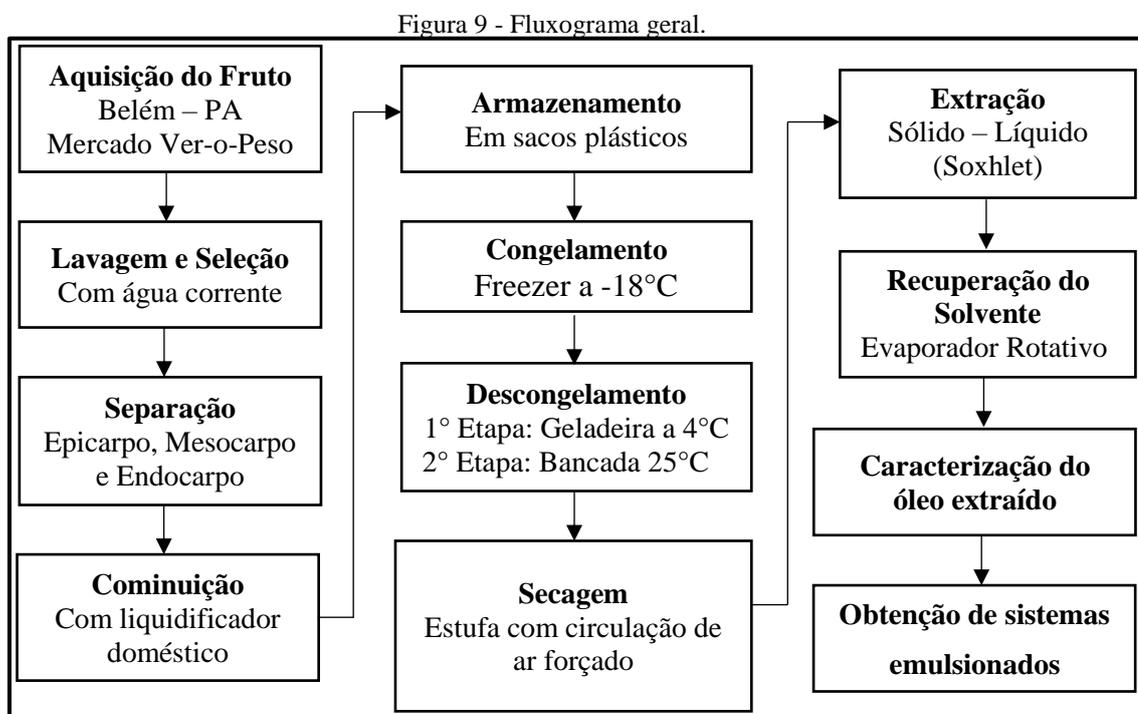
As emulsões são comumente aplicadas em diversos segmentos, tais como: alimentício, farmacêutico e cosmético.

Hyacienth et al (2015) estudaram o desenvolvimento de nanoemulsões utilizando óleo da polpa do tucumã. Com o desenvolvimento do trabalho foram obtidas nanoemulsões utilizando diferentes misturas de tensoativos não iônicos, em que determinou – se o equilíbrio hidrófilo-lipófilo das emulsões.

Almeida (2021) estudou nanoemulsões contendo óleo fixo de tucumã, para o desenvolvimento de um produto cosmético inovador para a pele. O óleo fixo do tucumã apresentou grande potencial na redução do melasma na pele. Por outro lado, os processos para a formulação de nanoemulsões demonstraram potencial no uso como nanocosmético verde, uma vez que a produção pode estar associada a metodologias de baixa necessidade energética e sem utilização de solventes orgânicos.

5 METODOLOGIA

A Figura 9 mostra o fluxograma geral das etapas desenvolvidas nessa pesquisa para alcançar os resultados.



Fonte: Autor

5.1 RECEPÇÃO, PREPARO E SECAGEM

As etapas de recepção, preparo e secagem do fruto foram desenvolvidas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa, Unidade II, Campus Marabá, Pará. A aquisição do fruto ocorreu no Mercado Ver-o-Peso, Belém – PA. Os frutos utilizados para a realização do estudo são apresentados na Figura 10.

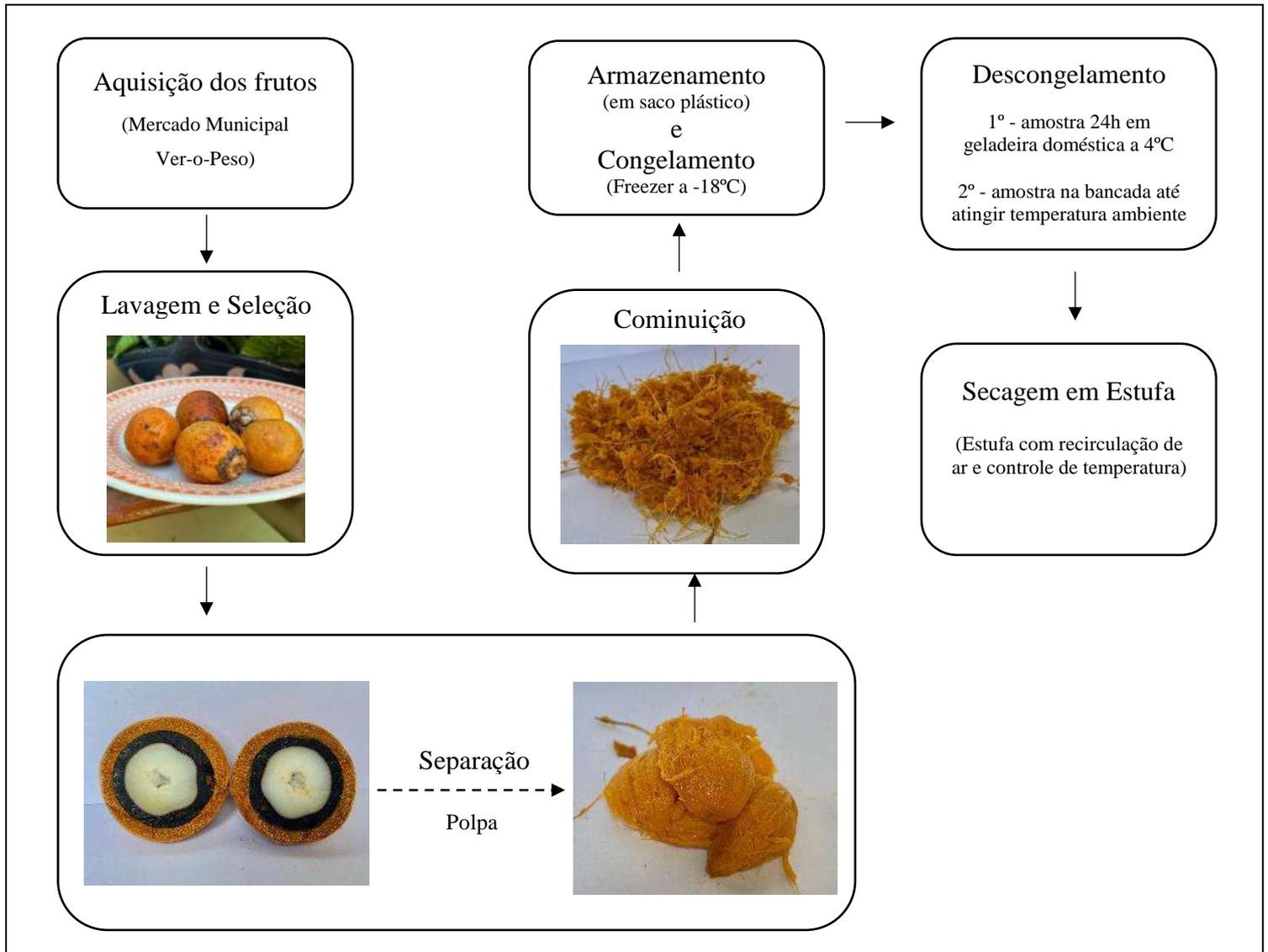
Figura 10 - Frutos de tucumã.



Os frutos de tucumã adquiridos foram lavados em água corrente, de modo a remover as impurezas provenientes da colheita e transporte. Nesta etapa foi realizada uma seleção dos

frutos que aparentemente estavam adequados para o uso. O fluxograma metodológico das etapas do processo é apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma do processo de secagem.



Fonte: Autor

Após a seleção dos frutos, foi necessário separar o mesocarpo (polpa) das demais partes do fruto, como pode observar-se na Figura 12. Após a separação da polpa do tucumã, esta foi acondicionada em sacos plásticos e, em seguida, armazenadas em um freezer com temperatura -18°C, para a conservação do fruto.

Figura 12 - Polpa do tucumã.



Fonte: Autor

Para a realização do processo de secagem, as amostras congeladas a -18°C passaram por um processo de descongelamento, em que as mesmas foram transferidas para uma geladeira com uma temperatura de 4°C , durante um período de 24h. Em seguida, as amostras foram transferidas para a bancada do laboratório até que a amostra atingisse a temperatura ambiente, 25°C . Após o descongelamento a biomassa passou por um processo de cominuição (trituração) com um liquidificador doméstico, de modo a aumentar a superfície de contato entre o ar de secagem e o material a ser desidratado, aumentando assim a eficiência da operação.

Para a realização da operação de secagem a polpa descongelada e triturada, foi pesada (20g) em uma balança analítica (Even FA-2204B-BI). Em seguida as amostras de polpa do tucumã foram acondicionadas em placas de petri, como pode observar-se na Figura 13, para posterior processo de secagem.

Figura 13 - Polpa tucumã triturada.



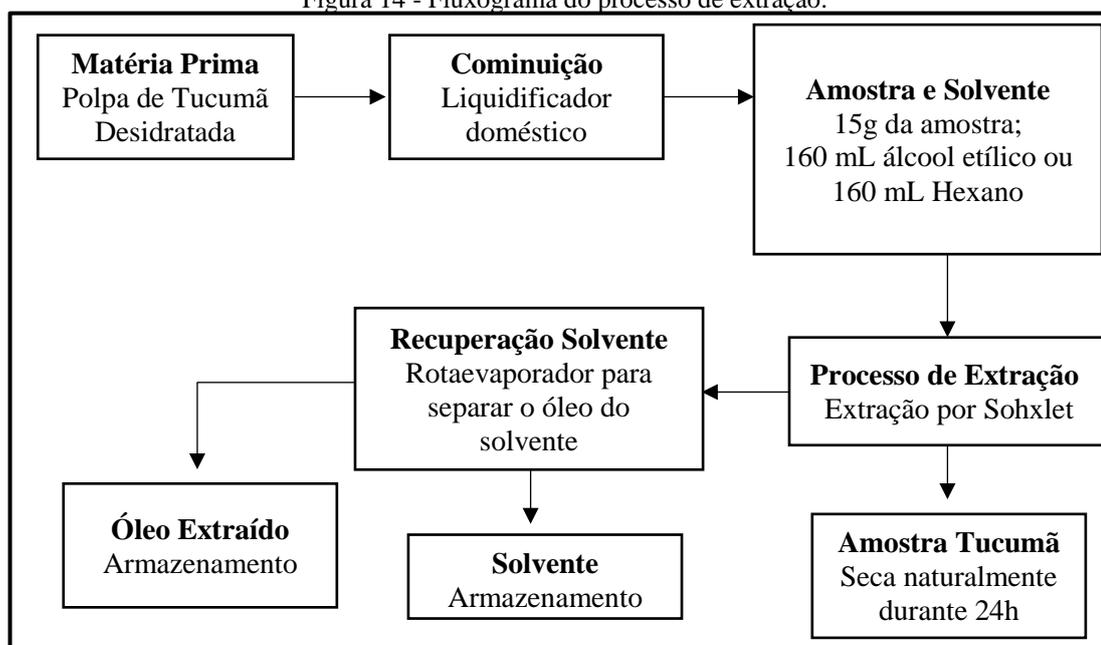
Fonte: Autor

O processo de secagem foi realizado em uma estufa com circulação de ar forçada (QUIMIS Q314M252). O equipamento utilizado é caracterizado como uma unidade de operação descontínua utilizada em operações de pequena escala (FOUST et al., 1982). A operação de secagens ocorreu a uma temperatura de 60°C durante um período de 8 horas e 30 minutos, com base na metodologia proposta por SOUZA et al. (2021).

5.2 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DA POLPA DO TUCUMÃ

O método de extração utilizado foi sólido-líquido, utilizando o extrator Soxhlet. A extração foi realizada buscando avaliar a eficiência do processo utilizando diferentes tipos de solventes (hexano e álcool etílico). O fluxograma do processo de extração é apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma do processo de extração.



Fonte: Autor

A polpa seca passou por um processo de cominuição, de modo a aumentar a superfície de contato do sólido, aumentando a eficiência de extração. A extração foi realizada utilizando método sólido-líquido (Soxhlet), onde o sólido utilizado foi a polpa do tucumã desidratada e os solventes utilizados foram: Álcool etílico (ITAJÁ – 99,99%) e hexano (TEDIA - 95%). A massa utilizada para as extrações foi de 15 gramas. Em seguida a massa foi acondicionada em papel filtro, como mostra na Figura 15, e inserida no extrator. O volume de solvente utilizado nas extrações foi de 160 mL.

Figura 15 - Amostra da polpa do tucumã acondicionada em papel filtro



Fonte: Autor

O solvente utilizado na operação foi colocado em um balão de fundo redondo de 500 mL, juntamente com a sílica com o propósito de controlar o processo de evaporação do solvente. O balão foi acoplado ao extrator e aquecido em banho de óleo até que atingisse a temperatura de ebulição do solvente. Para a condensação do solvente acoplou-se o condensador a um banho ultratermostático (QUIMIS) com uma temperatura de 12°C. O aparato experimental utilizado no processo de extração é apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Aparato experimental para o processo de extração do óleo da polpa do tucumã.



Fonte: Autor

O processo de extração teve duração de 4h, apresentando 6 ciclos/h para ambos os solventes.

Após o processo de extração aguardou-se o resfriamento do aparato experimental e, em seguida, foi retirado o balão com a amostra extraída (óleo + solvente). A amostra extraída foi levada para um rotaevaporador (QUIMIS – Q344B2) para a recuperação do solvente utilizado na extração e consequentemente concentrar o óleo extraído. O rotaevaporador utilizado no processo é apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Equipamento utilizado para a recuperação do solvente.



Ao finalizar a extração, a amostra da polpa do tucumã contida no papel filtro foi retirada do interior do extrator e posta na bancada do laboratório durante 24h para evaporação do solvente residual. Em seguida, a amostra foi pesada para determinar a massa após o processo.

5.3 RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO EXTRAÍDO

5.3.1 Rendimento da extração

O rendimento do processo de extração do óleo contido na amostra foi determinado através da Equação 1 (ARAUJO, 2018).

$$\%Rendimento = \frac{M_{bruta} - M_{final}}{M_{bruta}} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde M_{bruta} é a massa da polpa do tucumã seca, antes do processo de extração (g) e M_{final} é a massa da polpa após o processo de extração (g)

5.3.2 Índice de acidez (IA)

O índice de acidez representa a quantidade em miligramas (mg) de NaOH para a neutralizar os ácidos graxos livres presente em 1 g de óleo. O elevado índice de acidez indica o grau de deterioração do produto (CABRAL, 2016).

Para obtenção do índice de acidez (IA) utilizou-se a metodologia de Moretto & Alves (1986). No processo pesou-se 2 g de óleo em um Erlenmeyer (125 mL), em seguida, foi adicionada 25 mL de uma solução neutra de éter-álcool (2:1). Acrescentou-se 2 gotas de fenolftaleína a 1% na amostra e titulou-se com a solução padronizada de hidróxido de sódio mol/L (NaOH). A Equação 2 mostra como foi calculado o parâmetro índice de acidez (IA).

$$IA = \frac{V * f * 0,0282 * 100}{P} \quad (2)$$

Onde, V é o volume de NaOH (mL) gasto na titulação, f é o fator de correção da solução de NaOH e P é o peso do óleo utilizado para a análise.

5.3.3 Índice de Saponificação (IS)

O índice de saponificação representa a quantidade em miligramas (mg) de KOH necessária para neutralizar os ácidos graxos resultantes da hidrólise de um grama de amostra de óleo.

Seguindo a metodologia de Nunes (2013), pesou-se 2,0 g de amostra de óleo em um balão de fundo redondo, em seguida, adicionou-se 20 mL da solução alcoólica de hidróxido de potássio 0,5 M. O balão contendo a solução foi acoplado a um condensador de refluxo e o mesmo foi aquecido até o ponto de ebulição do álcool etílico durante 30 min. Transferiu-se a solução do balão para um Erlenmeyer, em que foi adicionado 2 gotas de fenolftaleína a 1% e, em seguida, a solução foi titulada utilizando como titulante uma solução de ácido clorídrico a 0,5 M. O índice de saponificação foi determinado seguindo a Equação 3.

$$IS (mg KOH/g) = \frac{28,05 * (V_A - V_B)}{m_A} \quad (3)$$

Em que V_A é o volume do titulante utilizado na amostra (mL), V_B é o volume utilizado do titulante no branco (mL) e m_A é a massa da amostra de óleo (g).

5.3.4 Densidade.

Para a determinação da densidade da substância, utilizou-se o método da picnometria. Na Figura, 18 é apresentado o picnômetro utilizado na determinação da densidade do óleo.

Figura 18 - Picnômetro utilizado para determinação da densidade



Seguindo o método de Vieira et al., (2018), pesou-se o picnômetro de 10 mL vazio, em seguida, adicionou-se o óleo de tucumã até atingir a capacidade máxima da vidraria, na sequência, colocou-se o capilar de modo que o excesso de óleo saísse, limpou-se a vidraria e pesou-se novamente. A análise foi feita em triplicata. A densidade da substância foi calculada utilizando a Equação 4.

$$\rho = \frac{\bar{m}}{V} \quad (4)$$

Onde, \bar{m} é a massa média; V é o volume de óleo e ρ é a densidade da substância.

5.3.5 Espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FTIR)

Para as análises de espectroscopia de adsorção na região do infravermelho, inicialmente para o uso do espectrômetro Agilent Cary 630 FTIR, o local da inserção da amostra foi assepsiado com o uso de algodão e álcool. Com o auxílio de uma micropipeta, as amostras contendo 0,5 mL do óleo de tucumã extraído com os diferentes solventes foram inseridas no equipamento e analisadas a fim de obter os espectros de FTIR.

Figura 19 - Equipamento de análise de infravermelho.



5.3.6 Cromatografia Gasosa (CG)

Inicialmente, para a análise de Cromatografia Gasosa, foi necessário realizar a metilação da amostra de óleo de tucumã seguindo a metodologia de O'FALLON et al., (2007).

Para a metilação foram adicionados 40 mL do óleo extraído da polpa do tucumã, 0,7 mL de KOH 10 mol.L⁻¹ e 5,3 mL de metanol em tubos de ensaio. Os tubos foram agitados e armazenados em uma incubadora shaker com agitação e aquecimento a 55 °C por 1h e 30min. Em seguida, os tubos foram resfriados em água fria até atingir a temperatura ambiente e adicionou-se aos tubos 0,58 mL de H₂SO₄ a uma concentração de 12 mol.L⁻¹ e agitou-se. Os tubos foram novamente armazenados em uma incubadora shaker com agitação e aquecimento a 55°C por 1h30 min. Após o aquecimento, as amostras foram novamente resfriadas, em seguida, foram adicionados 3 mL de hexano, e os tubos de ensaio contendo as amostras foram levados para o processo de agitação por 5 minutos. Posteriormente as amostras passaram por um processo de centrifugação por 5 minutos a 2000 RPM. Após esse processo, recolheu-se a fase superior com uma pipeta de vidro e armazenou-se em um vidro âmbar de 20 mL.

A análise GC/MS foi realizada no instrumento Agilent GC 7890A com o detector de MS Agilent 5975C. A coluna, uma coluna capilar de sílica fundida HP-5MS (Agilent) (30 m comprimento x 250 µm x 0,25 µm espessura da película composta de 5% fenil-95%

metilpolysiloxane) foi conectada a um detector de quadrupolo operando no modo EI (Electron Impact Ionization) aos 70 eV e a varredura de massa variou de 40 a 550 m/z. Hélio foi usado como gás transportador a uma vazão de 1,2 mL/min. O injetor (com uma proporção dividida de 1:30) e as temperaturas da interface foram de 300°C. O atraso do solvente foi de 3,0 minutos. O volume de injeção foi de 1,0 µL com amostrador automático Agilent GC Sampler 80 equipada com uma seringa L de 10 µ. O programa de temperatura do forno consistia em aumentar de 60°C para 3 min, depois 4 °C/min a 270 °C por 2 min e depois 30°C/min a 300°C por 5 min. T tempo de execução total de 63,5 min. Os compostos foram identificados comparando seus espectros de massa com os do Instituto Nacional de Normas e Tecnologia (NIST, 2011). O índice de retenção linear foi atrasado pelos tempos de retenção de n-alkanes que foram injetados nas mesmas condições cromatográficas.

5.3.7 Obtenção de sistemas emulsionados

Para obtenção do diagrama ternário e delimitação de regiões monofásicas e multifásicas, baseado no método que envolve a solubilização da matéria ativa (tensoativo) nas fases aquosas (FA) e/ou oleosas (FO), por meio de titulações mássica. O tensoativo utilizado na obtenção da emulsão foi Tween 80 (não-iônico), este apresenta potencial na estabilização de microemulsão, uma vez que não apresentam íons e conseqüentemente tem uma menor interação entre as cabeças do tensoativo na micela (TIBURTINO et al., 2015). O Tween 80 atua como estabilizando de sistemas emulsionados, muito utilizado em escala industrial, principalmente em processos alimentícios e cosméticos (ATIAS QUÍMICA, 2020). Na Tabela 2 são apresentados os sistemas binários para a obtenção do diagrama ternário por titulação.

Tabela 2 – Sistemas binários para a obtenção do diagrama ternário

Sistema	Composição do Binário	
	Tensoativo (%)	Óleo (%)
1	30%	70%
2	40%	60%
3	50%	50%
4	60%	40%
5	70%	30%

Inicialmente foi pesada a quantidade de óleo de tucumã e tensoativo com base na composição mostrada na Tabela 2, em seguida, as amostras foram homogêneas com o

auxílio de um agitador de tubos (VORTEX). As amostras foram tituladas com água, e observadas as características macroscópicas dos sistemas formados mediante alteração da composição mássica.

À medida que os sistemas foram titulados com fase aquosa, estes eram agitados e posteriormente centrifugados para análise do aspecto macroscópico. A centrifugação foi realizada em uma rotação de 4000 RPM durante 10 minutos. A identificação do sistema emulsionado foi definida conforme observado aspecto estável (sem separação de fases) dos sistemas água/tensoativo/óleo após centrifugação.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 SECAGEM E RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO

A polpa de tucumã desidratada por 8 horas e 30 minutos, apresentou razão de umidade (b.s) de aproximadamente 10% (SOUZA et al., 2021). A umidade influencia nos rendimentos dos processos de extração, uma vez que aumenta o contato entre o solvente e o soluto, favorecendo o processo de extração do óleo (TANGO et al, 2004). Para a extração do óleo do buriti a amostra desidratada apresentou uma umidade de aproximadamente 11% (SOARES et., 2021). A polpa desidratada de tucumã apresenta em sua composição um percentual de óleo entre 33 e 47,5% (GUEDES, 2006). Na Figura 20 é apresentada a polpa do tucumã *in natura* e desidratada.

Figura 20 - Amostra do tucumã *in natura* e desidratada.



O processo de extração sólido-líquido utilizando o hexano e o etanol (anidro) apresentaram diferentes rendimentos, uma vez que os solventes apresentam diferentes polaridades, sendo o hexano um solvente apolar e o álcool etílico um solvente polar. Na Tabela 3 são apresentados os rendimentos obtidos na extração do óleo contido na polpa do tucumã.

Tabela 3 - Rendimentos dos processos de extração do óleo da polpa do tucumã.

Fonte	Solvente	Rendimento (%)
Autor	Álcool Etílico	29,69
Autor	Hexano	36,32
MEDEIROS et al 2020	Álcool Etílico	38,32
LINHARES et al, 2017	Hexano	54,7

Com base na Tabela 3, observa-se que o processo de extração do óleo da polpa do tucumã utilizando o álcool etílico e hexano apresentou um rendimento igual a 29,69% e 36,32%, respectivamente. Estes valores são inferiores aos apresentados por Medeiros et al., (2020) e Linhares et al., (2017) que utilizaram os mesmos solventes para a mesma finalidade.

Essa diferença nos resultados de rendimento de extração do óleo de tucumã pode estar relacionada à característica do material exposto ao processo, podendo variar de acordo com o grau de maturação do fruto. Além disso, a eficiência da extração é influenciada pelo tamanho e porosidade das partículas do sólido, assim como o tipo do solvente utilizado e a temperatura do processo (SILVA, 2019). O tamanho e a porosidade das partículas sólidas contribuem para o processo de transferência de massa (difusão), onde a elevada porosidade facilita a introdução do solvente no sólido e a menor granulometria da partícula melhorar a superfície de contato entre o solvente e o sólido. (CUSSLER, 2009). Porém, em partículas com granulometria muito fina pode dificultar o processo, uma vez que impede a recirculação do fluido e a separação das partículas do líquido é mais difícil (COELHO-FILHO, 2015).

O solvente utilizado no processo de extração deve apresentar uma viscosidade relativamente baixa, de modo que permita uma boa interação entre o soluto e o sólido e o solvente, assim como deve apresentar baixo ponto de ebulição (OCON & TOJO, 1986; DUTTA, 2009). A utilização do hexano como solvente em processos de extração é justificada pela facilidade desse solvente ser incorporado pelo óleo, não formar azeótropo, possuir composição homogênea e estreita faixa de temperatura de ebulição (PRADO, 2014). Por outro lado, o hexano é fonte de energia não renovável. A utilização do álcool etílico como solvente em processos de extração tem como principal benefício ser derivado de uma fonte de energia renovável e não apresentar malefícios para a saúde humana. Os resultados de rendimento de extração mostram que o óleo da polpa do tucumã tem maior afinidade com o solvente apolar, visto que quando o processo é realizado com hexano o rendimento é maior.

Na Figura 21 pode observar-se os óleos extraídos da polpa do tucumã com os solventes trabalhados.

Figura 21 - Óleos da polpa do tucumã extraídos utilizando etanol e hexano como solvente.



Fonte: Autor

6.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO DA POLPA DO TUCUMÃ

6.2.1 Densidade

A determinação da densidade viabiliza mensurar a quantidade em massa por unidade de volume de uma determinada substância (ESTEBAN et al., 2012). A variação a densidade pode estar relacionada com a composição química do material, tipos de ligações (forças intermoleculares), onde a densidade aumenta proporcionalmente ao aumento das forças intermoleculares (HALVORSEN et al., 1993; BRANDÃO et al., 2009). Na Tabela 4 é apresentada as densidades dos óleos obtidos na extração utilizando como solvente o hexano.

Tabela 4 - Densidades dos óleos extraídos da polpa do tucumã

Fonte	Solvente/Método	Densidade (kg/m ³)
Autor	Hexano	0,9204 ± 0,002
FERREIRA et al., 2008	Prensagem	0,91
VASCONCELOS, 2010	Hexano	0,9046

Na Tabela 4 é possível observar que a densidade dos óleos extraídos da polpa do tucumã utilizando o hexano, foi 0,92 kg/m³. Medeiros et al., 2020 e Vasconcelos, 2010 obtiveram valores de densidade igual 0,91 kg/m³ e 0,904 kg/m³, respectivamente, o que mostra que os valores de densidades obtidos nos processos de extração, são semelhantes aos valores encontrados na literatura para densidade do óleo extraído do tucumã.

6.2.2 Índice de Saponificação

A determinação do índice de saponificação dos óleos vegetais, representa a quantidade necessária de miligramas de hidróxido de potássio (mgKOH) para neutralizar os ácidos graxos resultantes da hidrólise de um grama de óleo (VIEIRA et al., 2018). Na Tabela 5, são apresentados os resultados dos índices de saponificação dos óleos obtidos dos processos de extração utilizando como solvente o álcool etílico e hexano.

Tabela 5 - Índice de Saponificação (IS) dos óleos extraídos da polpa do tucumã.

Fonte	Solvente/Método	IS (mgKOH/g óleo)
Autor	Álcool Etilico	147,85 ± 0,015
Autor	Hexano	159,44 ± 0,040
VASCONCELOS, 2010	Hexano	186,54

Com base na Tabela 5, observa que os índices de saponificação do óleo de tucumã foi de 147,85 mgKOH/g óleo, quando extraído com álcool etílico, e 159,44 mgKOH/g óleo, quando extraído com hexano. Observa-se ainda, que os resultados de IS obtidos são inferiores ao determinado por Vasconcelos, 2010. O elevado índice de saponificação indica que o óleo do tucumã é composto por ácidos graxos de baixo peso molecular (VASCONCELOS, 2010).

O solvente utilizado no processo de extração interfere diretamente na variação do índice de saponificação (IS), uma vez que a presença do grupo funcional hidroxila (OH) no solvente favorece a basicidade do meio, contribuindo assim para o processo de hidrólise e saponificação do óleo (BAIÃO et al., 2017). A diferença dos valores de IS, mostrados na Tabela 5, quando pode estar relacionada à natureza do solvente. Embora a matéria-prima seja a mesma, foi usado, no processo de extração, solventes com polaridades distintas. Enquanto o hexano, de característica mais apolar, consegue carrear, arrastar ácidos graxos com maior cadeia alquílica, o etanol, por sua vez, arrasta com mais facilidade os ácidos graxos com menos carbonos, o que, possivelmente, modifica um pouco o conteúdo lipídico de cada amostra, apesar de se tratar do mesmo óleo.

6.2.3 Índice de Acidez

A quantificação do índice de acidez é importante para a avaliação da qualidade do óleo, uma vez que esse parâmetro físico-químico é consequência do processo de hidrólise em condições de elevada umidade (SANTOS et al., 2017). Além disso, a decomposição do óleo é acelerada pela luz e calor (ALMEIDA, 2015). Na Tabela 6, observa-se os índices de acidez (IA) obtidos dos óleos extraídos da polpa do tucumã utilizando como solvente o álcool etílico e o hexano.

Tabela 6 - Índices de acidez (IA) do óleo da polpa do tucumã extraído utilizando álcool etílico e hexano.

Fonte	Solvente/Método	IA (mgKOH/g óleo)
Autor	Álcool Etílico	4,87 ± 0,012
Autor	Hexano	3,80 ± 0,006
VASCONCELOS, 2010	Hexano	4,43
FERREIRA et al, 2008	Prensagem	5,47

Com base na Tabela 6, observa – se que o óleo extraído nesse estudo utilizando como solvente o hexano apresentou índice de acidez inferior aos demais apresentados na Tabela acima. O índice de acidez do óleo obtido com extração do álcool etílico apresentou índice de

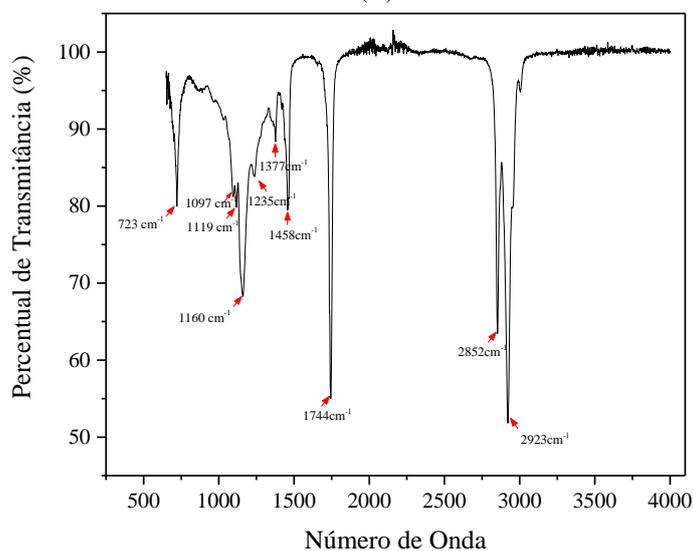
acidez superior ao obtido por Vasconcelos et al., 2010 e inferior ao obtido por Ferreira et al., 2008.

A diferença dos valores de IA quando comparamos as duas amostras está relacionada à natureza do solvente porque, embora estejamos comparando a mesma matéria-prima, aqui o óleo de tucumã, foi usado solventes com polaridade distinta. O óleo do tucumã extraído com água etílico, apresentou um maior índice de acidez, uma vez que o solvente tem característica polar, sendo mais propício a arrastar moléculas de água, contribuindo assim para a hidrólise do triacilgliceróis, formando radicais livres (BAIÃO et al., 2017).

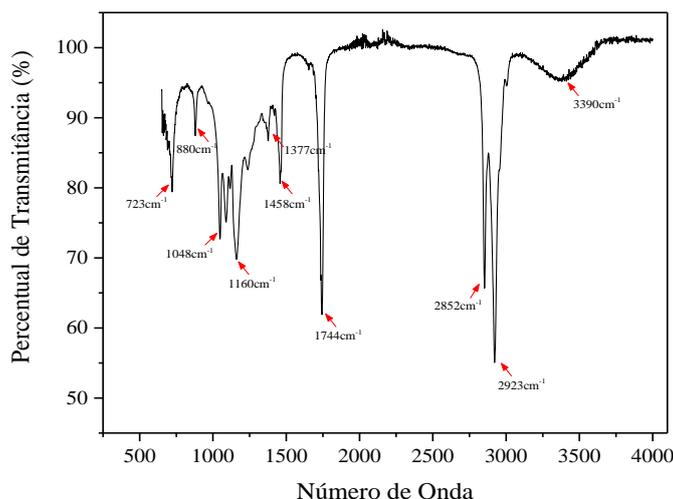
6.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO (FTIR)

A análise utilizando a espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) auxilia na quantificação dos grupos funcionais presentes na amostra analisada, uma vez que as bandas de absorção no espectro são diretamente proporcionais à concentração. Na Figura 22, são apresentados os resultados das análises de espectroscopia no infravermelho dos óleos extraídos da polpa do tucumã utilizando como solvente o hexano (A) e álcool etílico (B).

Figura 22 - Espectroscopia no infravermelho do óleo do tucumã extraído utilizando o hexano (A) e álcool etílico (B).



(A)



(B)

A Figura 22 mostra os gráficos de análise de espectroscopia no infravermelho para o óleo de tucumã extraído com hexano (24A) e extraído com etanol (24B). Observa-se, para ambos os gráficos: I – absorção para o número de onda no intervalo de 3000 a 2850 cm^{-1} com forte intensidade. Nesse intervalo os compostos presentes são característicos de alcanos (C-H). Nesse caso a indicação é a presença de elevada quantidade de grupos metilas no composto, com estiramento assimétrico (2923 cm^{-1}) e simétrico (2853 cm^{-1}). Para composto que apresente hidrogênio vinílico, aromáticos, acetilênicos ou ciclo-propílicos a absorção de C-H é superior a 3000 cm^{-1} , apresentando hibridização sp^2 e sp ; II – absorção para o número de onda no intervalo 1740 a 1720 cm^{-1} , sendo nesse intervalo característico da presença de compostos aldeídos de intensidade forte, assim, caracteriza alta concentração de ácidos graxos saturados; III - picos formados em número de onda na faixa de 1600 a 1370 cm^{-1} são característicos de deformação angular simétrica e assimétrica de grupos metileno (C-H), observado em 1458 cm^{-1} e 1377 cm^{-1} ; IV – absorção com comprimento de onda no intervalo de 1300 a 1000 cm^{-1} são característicos de grupos álcoois, éter, ésteres, ácidos carboxílicos, anidridos (C-O). Esta banda pode utilizada para atribuir uma estrutura primária, secundária ou terciária a um álcool; V – absorção no intervalo entre 900 e 600 cm^{-1} é característico de grupos aromáticos (PAVIA et al., 2000; SILVERSTEIN et al., 2005).

Comparando os gráficos 24A e 24B, observa-se a uma deformação no comprimento de onda 3390 cm^{-1} , relativo ao grupo funcional O-H, presente na amostra de óleo extraída com álcool etílico. Nesse caso, possivelmente, no processo de concentração do óleo da polpa do tucumã, havia uma quantidade de álcool residual na amostra analisada.

6.4 ANÁLISE DE CROMATOGRAFIA GASOSA

O óleo extraído da polpa do tucumã utilizando o hexano, apresenta em sua composição diversos ácido graxos (saturados e insaturados) com diferentes percentuais, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição de ácidos graxos presentes no óleo de tucumã.

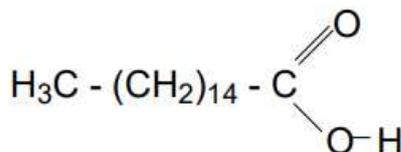
	ÁCIDOS GRAXOS	AUTOR (%)	LINHARES et al 2017	MOURA, 2013
Saturado	C16:0 – Ácido palmítico	23,36	10,4	15,23
	C18:0 - Ácido esteárico	4,19	4,9	10,20
	C20:0 – Ácido araquídico	0,20	0,4	0,32
Insaturado	C18:1 – Ácido oleico	67,09	64,2	62,55
	C18:2 - Ácido linoleico	1,12	11,0	0,23
	C20:1 – Ácido gadoleico	0,20	-	-

Com base na Tabela 7, observa-se que os ácidos graxos mais presentes no óleo extraído da polpa do tucumã são o ácido palmítico (C16:0) com percentual de 23,36% e o ácido oleico (C18:1) com percentual de 67,09%. Segundo Linhares et al., (2017) e Moura, (2013) os percentuais de ácido oleico presente na polpa do tucumã são de 64,2% e 65,25%, ou seja, valores semelhantes ao obtido nesse estudo.

Por outro lado, para o ácido palmítico os percentuais obtidos nesse trabalho foram superiores ao determinado por Linhares et al, (2017) e Moura, (2013), apresentando variação de 12,4% e 8,33%, respectivamente. Assim como para o ácido esteárico, em que Moura, apresentou resultado 6,01% superior ao obtido nesse estudo e 5,3% obtido por Linhares et al., 2017. De forma análoga, Linhares et al, (2017) teve um percentual de ácido linoleico 9,88% superior ao apresentado nessa pesquisa e 10,77% superior ao obtido por Moura, (2013). A diferença da composição de ácidos graxos presentes nos óleos de tucumã pode estar relacionada ao espaço geográfico e característico do solo (LINHARES et al., 2017).

O n-hexadecanóico ou ácido palmítico, é um ácido graxo de cadeia satura com 15 átomos de carbonos e em sua extremidade um grupo funcional carboxila (COOH) Figura 23 (SALES, 2006).

Figura 23 - Fórmula estrutural ácido palmítico.

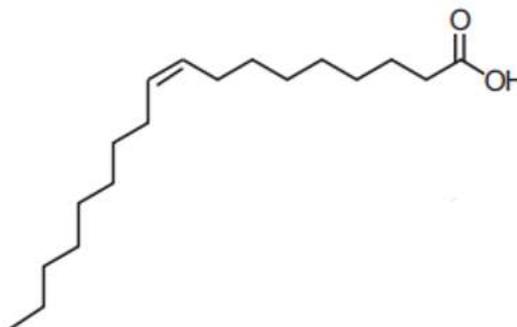


Fonte: SALES, 2006.

O ácido palmítico é um componente presente na pele que em conjunto com as ceramidas e colesterol, protege a pele contra infiltração de substância do meio externo (CALLEGARI, et al., 2014). Além disso, o ácido palmítico é aplicado em cosméticos como agente, surfactante, emulsificante, opacificante ou emoliente (FAQ, 2022).

O ácido oleico é um ácido graxo de cadeia monoinsaturada com 17 carbonos e um grupo funcional carboxila (COOH) ligado à extremidade da molécula. A insaturação está localizada entre o carbono 9 e 10. Na Figura 24, pode observar-se observar a fórmula estrutural do ácido oleico.

Figura 24 - Fórmula estrutural do ácido oleico.



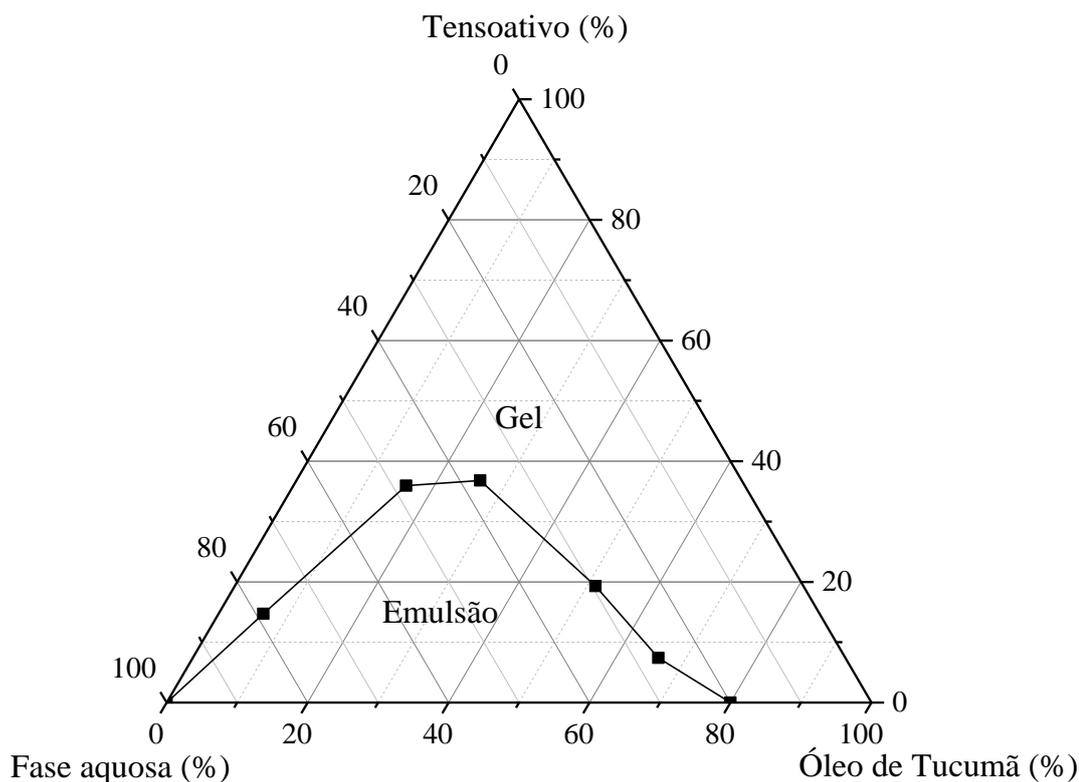
Fonte: OLIVEIRA et al., 2012.

O ácido oleico apresenta diversos benefícios a saúde humana, devido a isso é bastante aplicado em formulações cosméticas, sabões, sabonetes, uma vez que apresenta propriedades emolientes, restaura a barreira da pele e mantém a pele hidratada (DEUS, 2008; BARROS, 2021).

6.5 OBTEÇÃO DO DIAGRAMA TERNÁRIO

A Figura 25 mostra o diagrama ternário para os componentes Tween 80 (tensoativo), água e óleo de tucumã.

Figura 25 - Diagrama ternário para os componentes Tween 80 (tensoativo), água e óleo de tucumã.

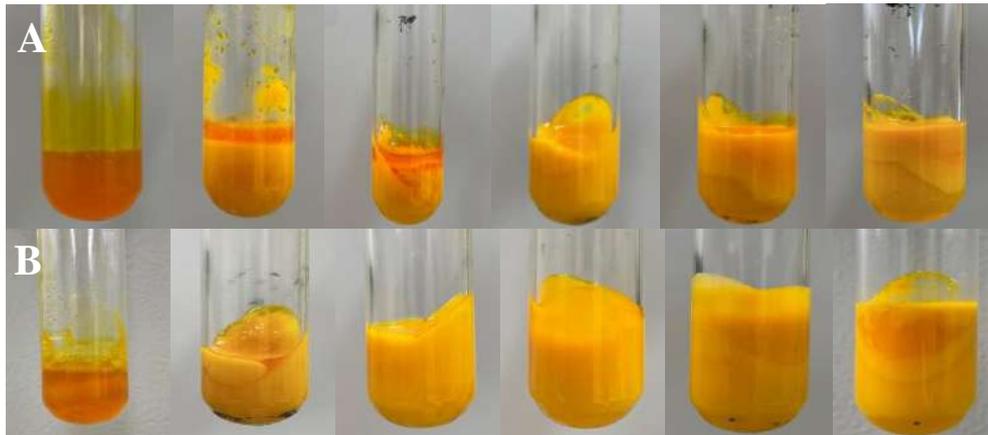


Para elaboração do diagrama ternário foram misturados em um tubo de ensaio o binário tensoativo-óleo nos seguintes percentuais: 30%/70%, 40%/60%, 50%/50%, 60%/40% e 70%/30%. A cada um desses sistemas foi titulado a fase aquosa observando a alteração na característica do sistema formado mediante aumento da fração em massa de água na solução.

Observa-se uma grande região de gel no diagrama ternário e uma menor região para sistemas emulsionados. A região de emulsão é caracterizada como composições de um sistema termodinamicamente instável de dois líquidos não miscíveis. No entanto, quando adicionado a molécula de tensoativo em composição adequada, esta confere ao sistema estabilidade termodinâmica, atuando como estabilizante da fase interna (ANSEL et al., 2000; LUCASSEN-REYNDERS, 1996). Ou seja, uma das fases (oleosa ou aquosa) está finamente dispersa, em pequenas gotículas, na outra fase por ação do tensoativo (Tween 80). As Figuras 28 e 29 mostram o aspecto macroscópico dos sistemas emulsionados identificados para a construção do diagrama.

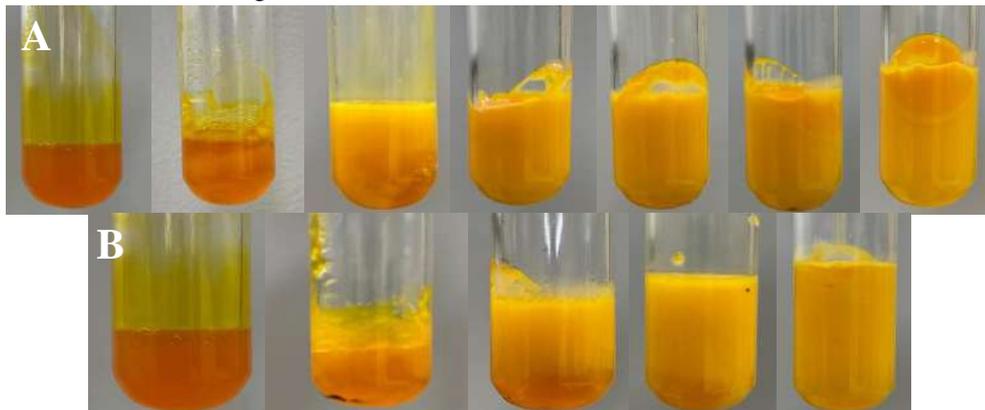
Na Figura 26, é possível observar os aspectos dos sistemas formados a partir do binário 30%/70% (A) e 40%/60% (B), tensoativo e óleo, respectivamente, e titulados com fase aquosa. Com base na Figura 26, nota-se nas imagens A e B, a formação de sistemas uniformes e leitosos durante a titulação, característico de uns sistemas emulsionados.

Figura 26 - Emulsões com óleo de tucumã, Tween 80 e água.



Na Figura 27, é possível observar os aspectos dos sistemas formados a partir do binário 60%/40% (A) e 70%/30% (B), tensoativo e óleo, respectivamente, e titulados com fase aquosa. Nota-se, assim como na Figura 27, a formação de sistemas uniformes e de aspecto leitoso, característico de sistemas emulsionados.

Figura 27 - Emulsão tensoativo e óleo de tucumã.



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de extração, caracterização e obtenção dos sistemas de emulsionados mostrou que:

- A extração utilizando o solvente hexano apresentou melhor rendimento (36,22%) em relação a extração utilizando o álcool etílico (29,69%), uma vez que o óleo contido na polpa do tucumã tem maior afinidade com solvente apolar.
- A caracterização físico-química do óleo extraído da polpa do tucumã, apresentou valores próximos aos obtido na literatura. Com base na análise de infravermelho, observou-se que o óleo de tucumã extraído com etanol e hexano apresentaram características de grupos metilas, aldeídos, metileno, álcoois e grupos aromáticos. Além disso, a determinação dos ácidos graxos presentes no óleo extraído da polpa do tucumã utilizando o solvente hexano, em que os ácidos graxos predominantes na composição foram, ácido palmítico (C16:0) com percentual de 23,36% e ácido oleico (C18:1) com percentual de 67,09%. Devido a esses componentes presentes no óleo do tucumã, o mesmo pode ser aplicado para fins cosméticos, uma vez que este apresenta características benéficas à saúde e pele humana.
- A construção do diagrama ternário (óleo de tucumã/tensoativo/água) mostrou a possibilidade de utilização de diferentes composições para obtenção de sistemas emulsionados utilizando óleo de tucumã. Esse resultado pode viabilizar uma alternativa mais nobre e de maior valor agregado para aplicação do tucumã.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA. D. S. **Caracterização de óleo vegetais através da radiação espalhada e análise multivariada**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Nuclear, 2015.

ALMEIDA. F. B. **Nanoemulsão contendo óleo fixo de tucumã (Astrocaryum vulgare Mart.): desenvolvimento de um produto cosmético inovador para a pele**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2021.

ALMEIDA. M. L. **Estabilidade de emulsões de água-em-óleo na presença de campo elétrico externo**. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química, 2014.

AMAZONOIL. Óleo de tucumã. Direito autoral 2022. Acessado em: 22 de maio de 2022. Disponível em: <http://www.amazonoil.com.br/pt/tucuma-polpa/>.

AMBRÓSIO. C. L.; CAMPOS F. A.; FARO Z. P. **Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A**. Rev Nutr. 2006; 19(2):233-43, 2006.

ANSEL, H. C. et al. Suspensões orais, emulsões, magmas e géis. In: ANSEL, H. C. et al. **Farmacotécnica: Farmas farmacêuticas e Sistemas de Liberação de Fármacos**. 6ª ed São Paulo: Editorial Premier, p. 299-311. 2000.

ARAÚJO. T. P. **Análise de rendimento da extração e solvente para o óleo de macadâmia**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

ATIAS QUÍMICA. Polisorbato 80. Copyright, Atias Química - ACM Marketing Digital. 2020. Acessado em: 02 de agosto de 2022. Disponível em: https://atias.com.br/polisorbato_80.html.

BACELAR-LIMA C. G.; MENDONÇA. M. S.; BARBOSA T. C. T. S. **Morfologia floral de uma população de tucumã *Astrocaryum aculeatum* G. Mey (Arecaceae) na Amazônia central**. Acta Amaz. 36(4):407-12, 2006.

BAIÃO. D. B.; GARÉ. B. S.; RIBEIRO. A. C. M.; TROVÃO. N. G.; CONDOTTA. R. **Estudo da utilização de solvente alternativo no processo de extração do óleo de soja**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, 2017.

BARBOSA. E. S.; ARAÚJO. J. F.; TRINDADE. F. C.; DEUS. S. C. S. R.; CORREIA. L. M.; FREITAS. M. C. C. **Óleo de buriti: extração e produção de biodiesel utilizando um catalisador básico**. Biodiversidade - v.19, n.1, pág. 67, 2020.

BARROS. C. **Óleos vegetais em cosméticos, 2021**. Disponível em: <<https://www.cleberbarros.com.br/oleos-vegetais-em-cosmeticos/>>. Acesso em 30 de julho de 2022.

BRANDÃO, C. R. R.; MACHADO, P. F. L.; SUAREZ, P. A. Z. Resumos da 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Fortaleza, 2009.

BRUM. A. A. S. **Métodos de extração e qualidade da fração lipídica**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba -SP, 2004.

CABRAL. T. J. O. **Concentração do óleo de girassol em compostos insaturados utilizando destilação molecular**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-graduação de Engenharia Química, Natal, 2016.

CALLEGARI. F. C.; CREN. E. C.; ANDRADE. M. H. C. **Perspectivas da utilização dos óleos da macaúba (acrocomia aculeata (jacq.) Lodd. Ex mart) no desenvolvimento de cosméticos**. Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, Santa Catarina, 2014.

CANTE. R. C.; GARELLA. I.; GALLO. M.; NIGRO. R. **Effect of moisture content on the extraction rate of coffee oil from spent coffee grounds using Norflurane as solvent**. Chemical Engineering Research and Design 1 6 5, 172–179, 2021.

CARNEIRO. A. B. A.; PINTO. E. J. S.; RIBEIRO. I. F.; MAGALHÃES. M. R. G.; MONTEIRO. M. A. B. N. **Efeito da *Astrocaryum aculeatum* (Tucumã) na toxicidade da**

Doxorrubicina: modelo experimental in vivo. Acta Paulista de Enfermagem, 30(3), 233–239, 2017.

CASTRO, D. R. G.; MAR, J. M.; DA SILVA, L. S.; DA SILVA, K. A.; SANCHES, E. A.; BEZERRA, J. De A.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N.; CAMPELO, P. H. **Improvement of the bioavailability of Amazonian juices rich in bioactive compounds using glow plasma technique.** Food and Bioprocess Technology, v. 13, p. 670 – 679, 2020.

CASTRO. J. P.; VIÊGAS. C. V.; BARETTO. L. C.O.; FREITAS. S. P. **Tendências Mundiais, de Geração de Conhecimento e Propriedade Intelectual sobre o Microencapsulamento de Óleos Vegetais com Destaque para o Óleo de Café.** Cadernos de Prospecção – Salvador, v. 14, n. 1, p. 298-311, março, 2021.

COELHO-FILHO. A. C. A. **Extração sólido-líquido a quente de lipídios de alimentos industrializados.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) ã Universidade Federal de Alfenas Campus de Poços de Caldas, Minas Gerais, 2015.

CORREIA. I. M. S. **Extração e pirólise do óleo de girassol (*Helianthus annus L.*) visando a produção de biocombustíveis.** Dissertação(mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

COSTA. B. E. T.; SANTOS. O. V.; CORREA. N. C. F.; FRANÇA. L. F. **Comparative study on the quality of oil extracted from two tucumã varieties using supercritical carbon dioxide.** Food Sci. Technol, Campinas, 36(2): 322-328, Abr.-Jun. 2016.

COSTA. D. A. N. **Estudo do processo de extração do óleo da macaúba (*Acrocomia Intumescens*).** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió – AL, 2016.

CUNHA JUNIOR, R. M.; DOMINGUES, P. B. A.; AMBRÓSIO, R. O.; MARTINS, C. A. F.; SILVA, J. G. B. P. C. P.; PIERI, F. A. **Brazilian amazon plants: an overview of chemical composition and biological activity.** In: Natural Resources Management and Biological Sciences. IntechOpen, 2020.

CUSSLER, E. L. **Diffusion : mass transfer in fluid systems.** 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press. 631 p. ISBN 9780521871211. 2009.

DALTIN, D. **Emulsionantes: química, propriedades e aplicações.** Blucher, São Paulo, 2012.

DEUS, T. N. **Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) Para o uso sustentável em formulações cosméticas óleo/água (o/a).** Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

DIAS, S. V. E. **Formação, caracterização e estabilidade de emulsões múltiplas a1/o/a2 com óleo de abacate.** Dissertação – Universidade Federal do Paraná, setor tecnologia, Programa de Pós-graduação em engenharia de alimentos, 2016.

DINIZ, C. C. **Síntese e caracterização de surfactantes zwitteriônicos derivados de triazol.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

DUTTA, B. K. **Principles of mass transfer and separation processes.** 1. ed. New Delhi: PHI Private Limited, 957 p. DOI: 10.1002/cjce.20228. 2009.

ESTEBAN, B.; RIBA, J.; BAQUERO, G.; RIUS, A.; PUIG, R. **Temperature dependence of density and viscosity of vegetable oils.** Biomass and Bioenergy, volume 42, Pages 164-171, july, 2012.

FAQ. **What does palmitic acid do for skin?**, 2022. Disponível em: <<https://faq-blog.com/what-does-palmitic-acid-do-for-skin>>. Acesso em 25 de julho de 2022.

FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S.; SILVEIRA, C. S. **Physicochemical characterization of the fruit and oil extracted from tucuman (*Astrocaryum vulgare* Mart.) /Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã.** Alimentos e Nutricao [Brazilian Journal of Food and Nutrition]. ISSN 0103-4235, Araraquara v.19, n.4, p. 427-433, out./dez. 2008.

FERREIRA, S. A. N.; CASTRO, A. F.; GENTIL, D. F. O. **Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento das sementes e da condição de semeadura.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1189-1195, dezembro, 2010.

FOUST, A. S., WENZEL, L. A., CLUMP, C. W., MAUS, L., ANDERSEN, L. B. **Princípio das Operações Unitárias.** Editora Guanabara Dois. 1982.

FRANZOL. A.; REZENDE. M. C. **Estabilidade de emulsões: um estudo de caso envolvendo emulsionantes aniônico, catiônico e não-iônico**. *Polímeros*, 25(número especial), 1-9, 2015.

GARCIA, J. **Tucumã**. Web site, 2017. Disponível em: <https://jose Tucuma.comunidades.net/tucuma>. Acessado em 01 de maio de 2022.

GENTIL. D. F. O.; FERREIRA. S. A. N. **Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae)**. *Acta Amaz.* 2005; 35(3):337-41, 2005.

GOMES, D. A. A. **Aplicação de microemulsões na solubilização de frações pesadas de petróleo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande de Norte. Centro de tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-graduação em engenharia química, 2009.

GUEDES. A. M. M. **Estudo da extração de óleo da polpa de tucumça por CO₂ supercrítico**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Belém, 2006.

GUSTONE, F. **Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses**. 1.ed 337, 2002.

HALVORSEN. J. D.; JUNIOR MAMMEL. W. C.; CLEMENTS. L. D. **Density Estimation for Fatty Acids and Vegetable Oils Based on Their Fatty Acid Composition**. Department of Chemical Engineering, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, 1993.

HUNTER, R. J.; WHITE, L. R.; CHAN, D. Y. C. **Foundations of colloid science**. New York: Oxford University Press, 1989.

HENAN. **Best Grain And Oil Machinery Engineering Co., Ltd.** 2010.

HYACIENTH. C. N. S. S.; FERREIRA. A. M.; VILHENA. J. C. E.; FLORENTINO. A. C.; CRUZ. R. A. S.; BERAU D.; ROBINSON. J.; CARVALHO. C. T.; FERNANDES. C. P. **Development of nanoemulsions with tucumã (*atrocaryum vulgare*) frutis oil**. *Journal of Nanomedicine Research*, 2015.

IBF. **Bioma amazônico**. Instituto Brasileiro de Florestas Todos os direitos reservados, 2020. Disponível em: <<https://www.ibflorestas.org.br/bioma-amazonico>>. Acessado em: 22 de maio de 2022.

IBGE. **Conheça o Brasil – Território: biomas brasileiros**. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>>. Acessado em: 22 de maio de 2022.

LEHNINGER, T. M.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 6. ed. [s.l.]: Artmed, 2014.

LEITE. P. **5 benefícios do tucumã – Para que serve e propriedades**, 2019. Disponível em: <https://www.mundoboaforma.com.br/5-beneficios-do-tucuma-para-que-serve-e-propriedades/>. Acesso em 01 de maio de 2022.

LIMA, C. G.; VILELA, A. F. G.; SILVA, A. A. S.; PIANNOVSKI, A. R.; SILVA, K. K.; CARVALHO, V. F. M.; MUSIS, C. R.; MACHADO, S. R. P.; FERRARI, M. **Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões O/A contendo óleo de babaçu (*Orbignya oleifera*)**. Revista Brasileira Farmacêutica, p. 239-245, 2008.

LINHARES. B. M.; COSTA. A. M. D. C.; ABRE. H. D. F.; MELO. A. C. G. R.; RIBEIRO. P. R. E.; MONTERO. I. F.; MELO FILHO. A. A. SANTOS. R. C. **Fatty Acids Profile, Physicalchemical Properties and Minerals with Quantify Indicador of *Astrocaryum aculeatum* Pulp Oil**. Journal of Agricultural Science; Vol. 9, No. 12; 2017.

LOPES. P. Q. **Desenvolvimento de sistemas emulsionados para veiculação dos óleos essenciais de *Eucalyptus globulus*, *Schinus terebinthifolius* e *Plectranthus amboinicus***. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêutica, Recife, 2016.

LUCASSEN-REYNDERS, E. H. **Dynamic Interfacial Properties in Emulsification**. In: BECHER, P (Ed.). **Encyclopedia of Emulsion Technology**. New York: Marcell Dekker, 1996.

MCCLEMENTS, D. J. **Food Emulsions: Principles, Practices and Techniques**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.

MEDEIROS. Y. L.; MELO. M. S. D.; PEITER. A. S. **Extração do óleo de tucumã por solvente utilizando etanol e metanol.** Congresso Internacional de Biomassa, Federal das Indústrias do Estado do Paraná, Curitiba – PR, 2020.

MIRHOSSEIN, H., PING TAN, C., HAMIDB, N., & YUSOF, S. **Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ -potential.** *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* , 315, 47–56, 2008.

MIRHOSSEIN, H., PING TAN, C., HAMIDB, N., & YUSOF, S. **Modeling the Relationship between the Main Emulsion Components and Stability, Viscosity, Fluid Behavior, zeta Potential, and Electrophoretic Mobility of Orange Beverage Emulsion Using Response Surface Methodology.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 55, 7659-7666, 2007.

MORAIS, E. K. L. DE. **Estudo do óleo das sementes de *Carthamus tinctorius* L. para produção de biodiesel.** Rio Grande do Norte Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-graduação em Química, 2012.

MORETTO, E.; ALVES, R. F. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises.** UFSC: Florianópolis, 1986.

MOURA. M. C. O. **Caracterização do perfil em ácidos graxos do óleo de palmeiras encontradas no estado de Roraima.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Química, Boa Vista, 2013.

NATURA. **Tucumã: Descubra todos os benefícios do fruto amazônico,** 2022. Disponível em: <https://www.natura.com.br/blog/ingredientes/tucuma>. Acesso em 01 de maio de 2022.

NEVES, L. C.; TOSIN, J.M.; BENEDETTE, R.M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. **Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region.** *Food chemistry*, v.174, p.188-196, 2015.

NUNES, C. A. **Tecnologia de Óleos e Gorduras para Engenharia de Alimentos.** Lavras: Ed. UFLA, p. 63. 2013.

O'FALLON, J.V.; BUSBOOM, J. R.; NELSON, M. L.; GASKINS, C. T. **A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs.** Journal of animal science, ed 85. 1511-1521, 2007.

OCÓN, J. G.; TOJO, G. B. **Problemas de Ingeniería Química: operaciones básicas.** Tomo II. 1 ed. Aguilar, 416 p. ISBN 9788403202207. 1986.

OLIVEIRA. D. M.; VENDRÚSCULO. V.; FONTOURA. L. A. M.; ONGARATTO. D. P.; NACIUK. F. F. **Avaliação da estabilidade à oxidação do ponto de entupimento de filtro a frio de biodiesel derivados de blendas de sebo bovino com óleo de soja.** Revista de Iniciação Científica da ULBRA, 2012.

OLIVEIRA. G. H. H.; ARAGÃO. D. M. S.; OLIVEIRA. A. P. L. R.; SILVA. M. G.; GUSMÃO. A. C. A. **Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos.** Braz. J. Food Technol., Campinas v. 18, n. 4, p. 314-321, out./dez. 2015.

PAVIA, D. L; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S. **Introduction to spectroscopy.** Cengage Learning, Inc. 3^a ed. 2000.

PAVLAČKOVÁ. J.; KOVACSOVÁ. K.; RADIMĚŘSKÝ. P.; EGNER. P.; SEDLAŘÍKOVÁ. J.; MOKREJŠ. P. **Stability and in vivo efficiency of natural cosmetic emulsion systems with the addition of vegetable oils.** Braz. J. Pharm. Sci.;54(3):e17693, 2018.

PEREIRA. L. J. B.; GARCIA-ROJAS. E.E. **Emulsões múltiplas: formação e aplicação em microencapsulamento de componentes bioativos.** Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.1, p.155-162, jan, 2015.

PIGHINELLI. A. L. M. T.; PARK. K. J.; RAUEN. A. M.; BEVILAQUA. G. GUILLAUMON. J. A. F. **Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa contínua tipo expeller.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(Supl.): 66-71, dezembro, 2008.

PIMENTA. T. V. **Metodologias de obtenção e caracterização dos óleos do fruto da macaúba com qualidade alimentícia: da coleta à utilização.** 114p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2010.

PRADO. R. **Avaliação comparativa entre a extração do óleo de soja com hexano e com álcool anidro e as diferenças físico-químicas no farelo.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Ponta Grossa – PR, 2014.

REDA. S. Y.; CARNEIRO. P. I. B. **Óleos e gorduras: aplicações e implicações.** Revista Analytica, fevereiro/março, 2007.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; LIMA, U. A. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** 7, 1. 1987.

ROLIM. F. N. A. **Caracterização físico-química do óleo de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) para o desenvolvimento de cosméticos.** Programa Institucional de Iniciação Científica, Universidade Federal do Amazonas, 2012.

ROLIM. F. N. A. **Desenvolvimento de sistemas emulsionados contendo óleo de castanha-do-brasil (*bertholletia excelsa*).** Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

SALES. A. L. C. **Síntese, caracterização e análise térmica dos sais de lítio, sódio e potássio do ácido palmítico e do seu éster etílico.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS. G. M.; BRITO. M. M.; SOUSA. P. V. L.; BARROS. N. V. A. **Determinação do índice de acidez em óleos de soja comercializados em supermercados varejistas.** Rev Ciên Saúde, 2017.

SANTOS. M. M. R.; FERNANDES. D. S.; CÂNDIDO. C. J.; CAVALHEIRO. L. F.; SILVA. A. F.; VALTER. A. N.; RAMOS FILHO. M. M.; SANTOS. E. F.; HIANE. P. A. **Physical-chemical, nutritional and antioxidant properties of tucumã (*Astrocaryum huaimi* Mart.) fruits.** Semina: Ciências Agrárias, 39(4), 1517–1532, 2018.

SCHNEIDER, F. H.; **Fette Seifen Anstrichmittel.** 80, 16, 1980.

SERPA. L.; VENTORIN. A. **Boa forma.** 2020. Disponível em: <<https://boaforma.abril.com.br/beleza/dia-da-amazonia-conheca-6-ativos-amazonicos-e-seus-efeitos/>>. Acesso em 20 de abril de 2022.

SHANLEY. P.; MEDINA. G. **Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica. Ilustrado por Silvia Cordeiro, Antônio Valente, Bee Gunn, Miguel Imbiriba, Fábio Strympl.** Belém: CIFOR, Imazon, 2005, p. 209-222, 2005.

SHINZATO, M. C. **Alteração experimental de rochas carbonáticas.** Caverna das Perólas, Iporanga (SP). Revista do Instituto Geológico. 31, 2010.

SIKORA. E. **Cosmetic emulsions.** Chairman of the cracow university of technology press editorial board, 2019.

SILVA. D. N. N. **Estudo da extração sólido-líquido para tratamento de cascalho de perfuração usando microemulsão.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, 2019.

SILVA. H. W.; RODOVALHO. R. S.; VELASCO. M. F.; SILVA. C. F.; VALE. L. S. R. **Kinetics and thermodynamic properties related to the drying of “Cabacinha” pepper fruits.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 20(2), 174–180, 2016.

SILVA. C. NS.; HYACIENTH. D.; FERREIRA. A. M.; VILHENA. J. CE.; FLORENTINO. A. C.; CRUZ. R. AS. BEREAU. D.; ROBINSON. J-C.; CARVALHO. J. CT. FERNANDES. C. P. **Development of nanoemulsions with tucumã (atrocaryum aculeatum) fruits oil.** Journal of nanomedicine research, 2015.

SILVA. L. A.; POZZA. B. M. F.; RIBEIRO. B. D.; COELHO. M. Z. **Avaliação da estabilidade de emulsões cosméticas elaboradas com saponinas de juá (ziziphus joazeiro) e sisal (agave sisalana).** Visão Acadêmica, Curitiba, v.17, n.3, jul/set, 2016.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Spectrometric identification of organic compounds.** John Wiley & Sons; 7^a ed. 2005.

SIMÕES, C. M. et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento.** 5. ed. [s.l.] Editora da UFSC, 2003.

SOARES, J. J.; BORGES, L. A.; BRANDI, I. V.; SANTOS. S. H. S.; LIMA. J. P. **Caracterização do óleo de buriti produzido no Norte de Minas Gerais: parâmetros de**

qualidade, perfil de ácidos graxos e conteúdo de carotenoides. Research, Society and Development, v. 10, n. 3, e58010313734, 2021.

SOUZA, N. S. **Boletim Científico ESMPU**, Brasília, a. 9 – n. 32/33, p. 199-235, 2010.

SOUZA, T. T. C.; MONTEIRO. E. R.; RIBEIRO. C. T.; SOUZA. D. S.; SANTOS. T. T. **Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem do epicarpo, mesocarpo e endocarpo do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*).** Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 24, 2021.

SOXHLET, F.; **Polytechnisches J.** 232, 461, 1879.

TANGO, J. S; CARVALHO, C. R. L; SOARES, N. B. **Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo (Physical and chemical characterization of avocado fruit aiming to their potential for oil extraction).** Revista Brasileira de Fruticultura 26, 17–23, 2004.

TIBURTINO. G. L.; OLIVEIRA. M. A. B.; MENEZES. A. L. R.; SILV. G. C. S. **Obtenção de um diagrama pseudoternário utilizando tween 80 como tensoativo.** 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química, 2015.

USHIKUBO, F. Y.; CUNHA, R. L. **Stability mechanisms of liquid water-in-oil emulsions.** Food Hydrocolloids v. 34, p. 145-153, 2014.

VASCONCELOS. B. E. C. **Avaliação das características físicas, químicas e nutricionais dos óleos do tucumã (*astrocaryum aculeatum* e *astrocaryum vulgare*) obtidos com co2 pressurizado.** Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém - PA, 2010.

VIEIRA. J. S. C.; SOUSA. T. L.; ROSAS. L. S.; LIMA. A. L.; RONCONI. C. M.; MOTA. C. J. A. **Esterificação e transesterificação homogênea de óleos vegetais contendo alto teor de ácidos graxos livres.** Quim. Nova, Vol. 41, No. 1, 10-16, 2018.

VILHENA. C. S. **Avaliação do processo de obtenção de óleo de buriti por diferentes métodos de extração.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, 2013.

YUYAMA. L. K. O.; MAEDA R. N.; PANTOJA L.; AGUIAR. J. P. L.; MARINHO. H. A. **Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado.** Ciênc E Tecnol Aliment. 2008; 28(2):408-12, 2008.

ZANIN. T. **Alimentos ricos em betacaroteno.** Tua saúde, 2020. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/alimentos-ricos-em-betacaroteno/#:~:text=O%20betacaroteno%20%C3%A9%20um%20antioxidante,e%20a%20melhorar%20o%20bronzeado>. Acesso em 30 de abril de 2022.