

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**Coordenação de Engenharia Química/CCET**  
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC



**ISABELLE KARYNE LOPES PEREIRA**

**ELABORAÇÃO DE MICROEMULSÃO DE GRAU  
ALIMENTÍCIO UTILIZANDO ÓLEO DE COCO BABAÇU,  
SPAN80/TWEEN80 E ÁGUA**

São Luís  
2019

**ISABELLE KARYNE LOPES PEREIRA**

**ELABORAÇÃO DE MICROEMULSÃO DE GRAU  
ALIMENTÍCIO UTILIZANDO ÓLEO DE COCO BABAÇU,  
SPAN80/TWEEN80 E ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Harvey Alexander V. Vélez

São Luís  
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Pereira, Isabelle Karyne Lopes.

Elaboração de microemulsão de grau alimentício utilizando óleo de coco babaçu, span80/tween80 e água / Isabelle Karyne Lopes Pereira. - 2019.

48 f.

Orientador(a): Harvey Alexander Villa Vélez.

Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - CCET, 2019.

1. Diagrama Pseudoternário. 2. Microemulsão. 3. Óleo de Coco Babaçu. 4. Winsor IV. I. Vélez, Harvey Alexander Villa. II. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**Centro de Ciências Exatas e Tecnologia**

**ELABORAÇÃO DE MICROEMULSÃO DE GRAU ALIMENTÍCIO UTILIZANDO  
ÓLEO DE COCO BABAÇU, SPAN80/TWEEN80 E ÁGUA**

**ISABELLE KARYNE LOPES PEREIRA**

**ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO FOI AVALIADO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM  
ENGENHARIA QUÍMICA**

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. HARVEY ALEXANDER VILLA VELEZ  
Orientador – COEQ/CCET/UFMA

Prof. Dr. WENDELL FERREIRA DE LA SALLES  
DETEQ/CCET/UFMA

Prof. Dra DIANA MARIA CANO HIGUITA  
UNESP

**19 de dezembro de 2019**

**DADOS CURRICULARES****Isabelle Karyne Lopes Pereira**

<b>NASCIMENTO</b>	13/11/1994 – PARAUAPEBAS / PA
<b>FILIAÇÃO</b>	Giselia dos Remédios Lopes Pereiral Benedito de Souza Pereira
<b>2013/2018</b>	Curso de Graduação Engenharia Química - Universidade Federal do Maranhão
<b>2018</b>	Estágio Superior Logística Integrada Portuária – Suzano S.A – São Luís, Brasil

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, que me deram todo o suporte para que fosse possível chegar ao final dessa jornada.

## AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e em primeiro lugar agradeço a Deus, pelo dom da vida e ser razão de tudo e de todos nós.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Véllez, pelo incentivo, orientação e auxílio, e também pela compressão e amizade.

A Prof. Dra. Diana Maria Cano Higueta, por todo o suporte relacionado ao tema e por todas as dúvidas esclarecidas, sendo como guia para este trabalho.

As companheiras do Laboratório de Ensino e Pesquisa de Engenharia Química, Isabelle e Bhenaya, que compartilharam comigo o uso do laboratório e execução das amostras. E ao colega Dennys, por nos apoiar com a análise das amostras na Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Aos meus pais e meus irmãos, que me deram todo o auxílio emocional e financeiro para que esses anos longe de casa valessem a pena tanto esforço e dedicação. Minha família é o bem mais precioso, porto seguro e ponto de equilíbrio. Mesmo que em poucas conversas, foram o motivo de tudo isso.

Ao João Victor, por ser um excelente companheiro e me proporcionar afago nos momentos em que tudo parecia dar errado, por todo zelo e cuidado, e acreditar em mim em cada instante e ação.

As minhas amigas de Carajás, por estarem sempre presentes mesmo com a distância, apoiando ao longo da trajetória da melhor forma possível, com conselhos e sermões. O grupo que não pode ser nomeado mas que faz as melhores discussões e com isso somamos muitas risadas, eu não seria nada sem vocês.

Aos amigos feitos no curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, mesmo que a vida acadêmica tenha nos levado a caminhos diferentes, a amizade prevaleceu e foi essencial por saber que podia contar com vocês para tudo.

As amigas fulanas, presente que o esporte universitário me deu e que vou levar para vida. Nada normais, atividade física e gargalhadas garantidas, além disso muitas viagens, lanchinhos e gordices.

Aos colegas de curso, pois esses dividiram comigo todas as alegrias e tristezas que foram proporcionadas nesses anos. Em especial a Jorge Tiago, Mauricio, Luiza e Thiago, que estiveram mais perto, nas viradas de noite estudando, tirando dúvidas e saindo para lanche em momentos de descontração. Também a Tia Valdênia, por ter sido como minha mãe em São Luís.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos”

*Friedrich Nietzsche*

PEREIRA, Isabelle K. L. **Elaboração de microemulsões de grau alimentício utilizando óleo de babaçu, span80/tween80 e água.** 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

## RESUMO

Os sistemas microemulsionados são translúcidos e formados basicamente a partir da mistura de surfactante, óleo e água. São termodinamicamente estáveis e podem ser classificados como água em óleo ou óleo em água, o conhecimento dessa característica direciona para quais aplicações as microemulsões (MEs) podem ser utilizadas, um exemplo seria a proteção da vitamina E na indústria farmacêutica. Com isso, os estudos acerca desse tipo de sistema vêm sendo difundido na academia. O presente trabalho tem como objetivo obter MEs utilizando óleo de coco babaçu, um óleo de forte relevância socioeconômica para a região do Maranhão. Os surfactantes Span 80 e Tween 80 foram adicionados a tubos de ensaio, junto com o óleo e água, em linhas de diluição de 5 a 90% para elaboração do diagrama ternário, onde é possível identificar os tipos de Winsor de cada sistema. A análise visual de todas as amostras reforçou as áreas detectadas no diagrama. Os tubos 04:06:01, 05:05:01 e 06:04:01 óleo/surfactante/água apresentaram estabilidade e translucidez, de forma que foram selecionados para as caracterizações por difusão de corante e condutividade elétrica, ambas análises apontaram para o tipo de Winsor IV classificada como óleo em água (O/A), uma vez que o corante hidrofílico azul de metileno se difundiu mais rapidamente e o intervalo do valor da condutividade encontrado foi entre 0,05 e 0,29  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dando uma indicação de possível MEs tipo A/O. A amostra 05:05:01 foi escolhida aleatoriamente para as caracterizações físicas de tamanho de partícula e índice de refração, em que se avaliou grande tamanho de partícula devido a alta concentração de surfactante e também associada a micelas de estruturas alongadas e o índice de refração 1,1 indica que o sistema é isotrópico. Para uma confirmação e mapeamento da estrutura do sistema é indicado fazer uma análise SAXS.

**Palavras-chave:** Microemulsão. Óleo de coco babaçu. Diagrama pseudoternário. Winsor IV.

PEREIRA, Isabelle K. L. **Preparing of food grade microemulsion using babasu oil, span80/tween80 and water.** 48 p. Graduate Work (Graduate in Chemical Engineering) at Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

### ABSTRACT

Microemulsion systems are translucent and formed mainly from the mixture of surfactant, oil and water. They are thermodynamically stable and can be classified as water in oil or oil in water. The knowledge of this characteristic drives to applications where microemulsions (MEs) can be used. An example would be the protection of vitamin E in the pharmaceutical industry. Studies on this type of system have been widespread in academy. Obtain MEs using babassu coconut oil is the goal of this essay, this oil is socioeconomic relevant for the Maranhão region. Span 80 and Tween 80 were added to test tubes with oil and water, in 5 to 90% dilution lines to create the ternary diagram, where it is possible to identify the Winsor types of each system. Optical analysis of all tubes reinforces the areas detected in the diagram. The tubes 04:06:01, 05:05:01 and 06:04:01 oil/surfactant/water showed stability and translucency. Therefore, selected for the characterization by dye diffusion and electrical conductivity, both analyses suggest to Winsor I – oil in water (O/W), because hydrophilic methylene blue was faster and the conductivity range is low, between 0,5 – 0,29  $\mu\text{S}/\text{cm}$  MEs type is W/O. Test tube 05:05:01 was randomly chosen for physical characterizations such as particle size and refractive index, where large particle size due to high surfactant concentration and also associated with elongated micelles structures and refractive index 1,1 indicates that it is an isotropic system. In order to confirm and map of the system structure it is indicated to do a SAXS analysis.

**Keywords:** Microemulsion. Babassu coconut oil. Pseudoternary diagram. Winsor IV.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de produtos obtidos a partir do coco babaçu. ....	05
Figura 2 – Fluxograma do processo de extração do óleo de coco babaçu.....	06
Figura 3 – Representação esquemática de uma molécula de tensoativo com suas partes apolar e polar .....	06
Figura 4 – Solução heterogênea óleo e água saturada de tensoativos nas superfícies com tensoativos livres .....	07
Figura 5 – Estrutura química molecular do SPAN 80.....	09
Figura 6 – Estrutura química molecular do TWEEN 80 .....	09
Figura 7 – A esquerda, a partícula de microemulsão. A direita, a de nanoemulsão.....	09
Figura 8 – Sistema de classificação de Winsor com as respectivas fases óleo/água.....	11
Figura 9 – Diagrama pseudoternário para o óleo de coco babaçu água e surfactante.....	15
Figura 10 – Amostras na proporção 05:05:01 a 05:05:09 .....	17
Figura 11 – Amostras na proporção 06:04:01 a 06:04:09 .....	18
Figura 12 – Amostras de sistemas microemulsionados proporções 04:06:01, 05:05:01 e 06:04:01 .....	19
Figura 13 – Duplicatas na proporção 04:06:01, 05:05:01 e 06:04:01 com azul de metileno na esquerda e cúrcuma na direita .....	20

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Intervalos de HLB com sus respectivas aplicações .....	08
Tabela 2 – Relação dos pesos (g) dos componetes dos sistemas microemulsionados .....	16
Tabela 3 – Propriedades do sistema microemulsionado 05:05:01 .....	19
Tabela 4 – Condutividade elétrica dos sistemas microemulsionados .....	21

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Caracterização visual dos tubos de proporção 05:05:01 a 05:05:09. ....	17
Quadro 2 – Caracterização visual dos tubos de proporção 06:04:01 a 06:04:09. ....	18

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AMIQCB	Associação do Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu
A/O	Água em Óleo
CMC	Concentração Micelar Crítica
EHL	Equilíbrio Hidrofílico Lipofílico
FI	Fase Inferior
FM	Fase Intermediária
FS	Fase Superior
FU	Fase Única
ME	Microemulsão
O/A	Óleo em água
RW	Razão de Winsor
W-I	Winsor I
W-II	Winsor II
W-III	Winsor III
W-IV	Winsor IV

## SUMÁRIO

	FOLHA DE APROVAÇÃO.....	ii
	DADOS CURRICULARES.....	iii
	DEDICATÓRIA.....	iv
	AGRADECIMENTOS.....	v
	EPÍGRAFE.....	vi
	RESUMO.....	vii
	ABSTRACT.....	viii
	LISTA DE FIGURAS.....	ix
	LISTA DE TABELAS.....	x
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xi
	LISTA DE QUADROS.....	xii
	SUMÁRIO.....	xiii
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>03</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos gerais.....</b>	<b>03</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>03</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>04</b>
<b>3.1</b>	<b>Babaçu.....</b>	<b>04</b>
3.1.1	EXTRATIVISMO DO COCO BABAÇU E A SUA RELEVÂNCIA SOCIOECONÔMICA NO MARANHÃO.....	04
3.1.2	ÓLEO DE COCO BABAÇU.....	05
<b>3.2</b>	<b>Tensoativos.....</b>	<b>06</b>
3.2.1	MONOOLEATO DE SORBITAN (SPAN®).....	08
3.2.2	POLISORBATO (TWEEN) 80.....	09
<b>3.3</b>	<b>Dispersões coloidais.....</b>	<b>09</b>
<b>3.4</b>	<b>Microemulsão.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Material.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>Equipamentos.....</b>	<b>12</b>
<b>4.3</b>	<b>Procedimento experimental.....</b>	<b>13</b>
4.3.1	CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE FASES PSEUDOTERNÁRIO.....	13

4.3.2	CARACTERIZAÇÃO VISUAL.....	13
4.3.3	CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS.....	13
4.3.3.1	Tamanho da partícula.....	13
4.3.3.2	Índice de refração.....	13
4.3.4	CARACTERIZAÇÃO POR DIFUSÃO QUÍMICA DE CORANTE.....	14
4.3.5	CARACTERIZAÇÃO POR CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	14
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>Construção do diagrama pseudoternário.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2</b>	<b>Caracterização visual dos tubos de ensaio.....</b>	<b>16</b>
<b>5.3</b>	<b>Caracterização física.....</b>	<b>19</b>
<b>5.4</b>	<b>Caracterização por difusão de corantes.....</b>	<b>20</b>
<b>5.5</b>	<b>Caracterização por condutividade elétrica.....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a sua primeira aparição na literatura em 1959 como termo “microemulsão”, (SCHULMAN *et al.*, 1959), esse tipo de sistema vem sendo estudado por suas características. Entretanto, o interesse sobre elas tem aumentado devido ao seu poder de solubilização (GULLÓN *et al.*, 2003). Formada a partir da mistura de água, solvente hidrofóbico (óleo) e surfactante, podendo ser utilizado um co-surfactante, as microemulsões ou “MEs” são opticamente transparentes e isotrópicas, apresentando estabilidade termodinâmica (DANIELSSON; LINDMAN, 1981). Tais aspectos das MEs ampliam sua funcionalidade e, conseqüentemente, suas áreas de aplicações. Dentre elas, é possível citar a indústria química, a indústria de materiais e indústrias farmacêutica e de alimentos (LEE, 2010). Esta última é tida como mais recente se comparada com as outras como, por exemplo, a farmacêutica. As primeiras discussões voltadas a MEs no ramo alimentício datam do início de 1990. Contudo, são poucos estudos que de fato avaliam a ação delas em sistemas reais (SILVA *et al.*, 2015).

As características das MEs têm atraído uma atenção considerável, principalmente devido a sua capacidade para solubilizar grandes quantidades de aditivos hidrofílicos ou lipofílicos, para aumentar a eficiência e para permitir reações químicas como as reações de preparação de partículas inorgânicas ou polimerização de monômeros orgânicos. No entanto, os ingredientes e a composição do sistema são extremamente importantes na formação da microemulsão e da sua funcionalidade (FASOLIN *et al.*, 2012).

A capacidade de aumentar a solubilidade das vitaminas hidrofílicas, sabores e outros aditivos em MEs A/O (água em óleo) são de grande interesse tecnológico, uma vez que eles podem fornecer radicais estabilizados pela incorporação destes ingredientes e protegê-los de reações de degradação. Por outro lado, pouco se conhece sobre a formação de MEs utilizando apenas materiais de grau alimentício, caso em que essas gotículas poderiam ser utilizadas, por exemplo, para solubilizar aditivos polares hidrofóbicos ou hidrofílicos típicos de produtos alimentícios (POLIZELLI *et al.*, 2006; RAO; MCCLEMENTS, 2011). Assim, a escolha do tensoativo é crítica para a formulação de MEs. O equilíbrio hidrofílico-lipofílico (EHL) do surfactante pode ser ajustado por um álcool de cadeia curta ou adicionando um surfactante não-iônico para a preparação de microemulsão estável (LIN *et al.*, 2009).

No entanto, a maioria dos estudos sobre MEs A/O e O/A têm-se concentrado em hidrocarbonetos e sistemas surfactantes iônicos, e poucos trabalhos têm sido relacionados com a formação de MEs com materiais de grau alimentar, sendo que a escolha adequada de surfactantes para a formação de MEs de grau alimentício A/O é bastante limitada (FENG *et*

*al.*, 2009). Assim, um estudo para compreender as interações entre água, óleo e emulsificante na interface e, os fatores que afetam a estabilidade da emulsão permitiria a produção de emulsões estáveis A/O e, portanto, incentivaria o desenvolvimento de novos produtos e aplicações (USHIKUBO; CUNHA, 2012).

Somado a isto, a formulação com materiais de grau alimentício traz um desafio devido a sua complexidade de pouca repetibilidade, já que um óleo de soja difere nas suas propriedades físicas e tensoativas com respeito a um óleo de milho. Neste trabalho, será usado óleo de coco babaçu, o qual é um material de grande importância para o Maranhão e que se encontra em uma fase baixa de tecnificação, ou seja, ainda é produzido por meios convencionais/manuais tendo baixo controle de qualidade. Com isso, a busca por uma MEs ocorre desde o princípio da mistura dos componentes formadores.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Elaborar e caracterizar microemulsões do tipo óleo em água (O/A) ou água em óleo (A/O) utilizando óleo de coco babaçu.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Elaborar um diagrama pseudoternário utilizando como vértices a mistura de surfactantes Tween 80/Span 80, água e óleo de coco babaçu;
- Caracterizar visualmente os tubos de ensaio mediante as fases encontradas;
- Caracterizar as microemulsões encontradas por meio de difusão por corante, condutividade elétrica, tamanho de partícula e índice de refração.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Babaçu

Oriundo da família botânica *Arecaceae*, o babaçu está presente no Brasil nas regiões da Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Devido a essa grande abrangência de estados, pode ser conhecido também por coco-palmeira, coco-macaco, coco-pindoba, baguaçu, uauaçu, catolé, andaiá, indaia, pindoba, pindobassu, entre outros. As espécies mais utilizadas são a *Attalea phalerata* e *Attalea speciosa*. (CARRAZA; CRUZ E ÁVILA; DA SILVA, 2012)

Essas palmeiras frutificam durante o ano inteiro e o intervalo que possui a maior produção é de agosto a janeiro, onde é possível apresentar até 6 cachos de coco babaçu (OLIVEIRA; ALEXANDRE; MAHMOUD, 2013). De acordo com Ferreira (2005), cada coco é composto por, aproximadamente, 12,6% de epicarpo (camada externa rija e fibrosa), 20,4% de mesocarpo (camada abaixo do epicarpo, rico em amido), 58,4% de endocarpo (camada mais resistente) e 8,7% de amêndoas, sendo esta percentagem relacionada ao peso do fruto, que é de 90 g a 280 g.

Os estados que detêm a maior produção de amêndoas são o Maranhão, Piauí e Tocantins (IBGE, 2018). Elas são consideradas a fração mais importante do fruto, pois possuem cerca de 60 a 68% de óleo extraível de uma semente de 3 a 4 g (QUEIROGA *et al.*, 2015). E, também, porque é o produto mais utilizados em consumo, seja ele culinário, cosméticos, biocombustíveis, entre outros (OLIVEIRA, 2013).

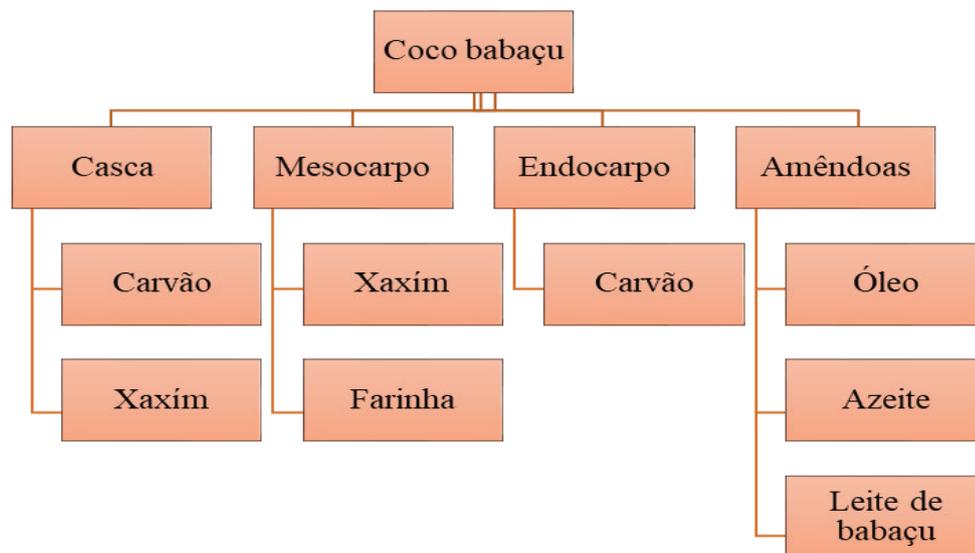
##### 3.1.1 EXTRATIVISMO DO COCO BABAÇU E A SUA RELEVÂNCIA SOCIOECONÔMICA NO MARANHÃO

O extrativismo ainda é um fator marcante dentro do Maranhão, em 2018 o estado foi responsável pela extração de 92,8% das amêndoas de coco babaçu no Brasil, segundo o PEVS – Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (IBGE, 2018). A prática de extração é realizada principalmente por mulheres, poder realizá-la representa a luta de mais de 400 mil quebradeiras de coco babaçu, nome pelo qual ficaram conhecidas. Elas se uniram em prol da preservação e do direito ao livre acesso as áreas de babaçuais e, em 2002, institucionalizaram a Associação do Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (AMIQCB) e propuseram um projeto de lei que defendesse os interesses de cooperativismo entre os estados do Maranhão, Piauí, Pará e Tocantins: a Lei Babaçu Livre (PROJETO NOVA CARTOGRAFIA SOCIAL DA AMAZÔNIA, 2005; REGO; ANDRADE, 2005).

### 3.1.2 ÓLEO DE COCO BABAÇU

O coco babaçu é dividido em 4 (quatro) partes: casca, mesocarpo, endocarpo e amêndoa e cada uma é utilizada na fabricação de seus respectivos produtos, conforme demonstra a Figura 1. A parte que possui o maior valor comercial é a amêndoa, isso porque seu teor de óleo é alto e, portanto, tem grande potencial para fabricação do óleo vegetal, este processo ainda ocorre de forma caseira (ROCHA; LOPES JUNIOR, 2016).

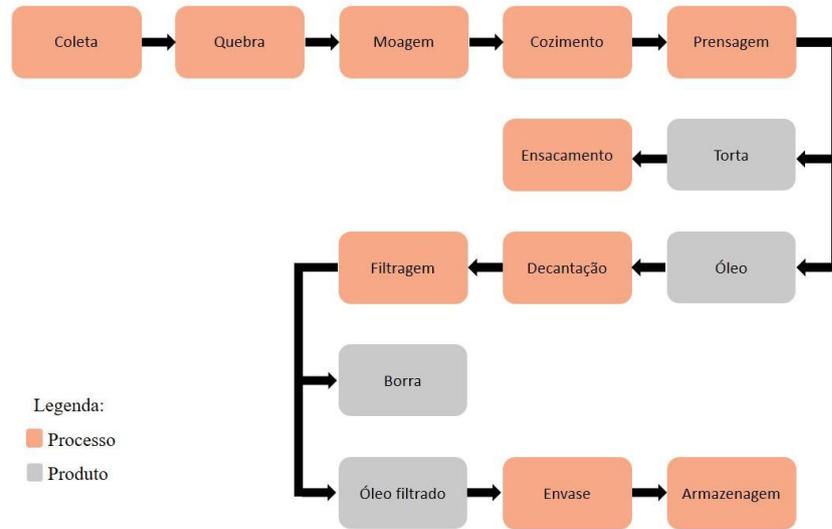
**Figura 1** – Esquema de produtos obtidos a partir do coco babaçu.



Fonte: Carraza; Cruz e Ávila; da Silva, 2012

O fluxo é apresentado na Figura 2 e se inicia pela coleta e quebra para retirada das amêndoas, estas são encaminhadas para moagem onde são trituradas e levadas para o cozimento e a prensagem, onde o óleo será separado da torta. No cozimento, a amêndoa é amolecida, induzindo a liberação do óleo mais facilmente e depois é separado por meio de diluição do sumo ou farelo em uma chaleira. Na prensagem, há a utilização de um extrator manual de óleos vegetais ou prensas, entretanto é necessário cuidado com os equipamentos para não danificarem a qualidade do produto. Ambos extraem óleo bruto, que passa por decantação e filtragem para chegar ao produto final que será envasado e armazenado e, em seguida, comercializado (CARRAZA; CRUZ E ÁVILA; DA SILVA, 2012).

**Figura 2** – Fluxograma do processo de extração do óleo de coco babaçu.

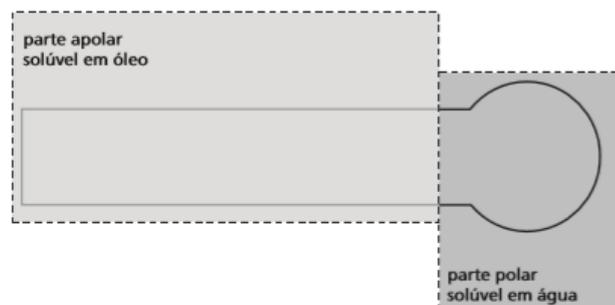


Fonte: Carraza; Cruz e Ávila; da Silva, 2012

### 3.2 Tensoativos

Os tensoativos, também conhecidos como surfactantes, são definidos por Flemming Vang e Niels (2003) como elementos capazes de diminuir a tensão superficial entre óleo-água ou ar-água, o que implica em um maior potencial de emulsificação e estabilidade da emulsão. Eles são caracterizados, principalmente, por sua duplicidade molecular pois possuem parte polar (cabeça) e parte apolar (cauda). Dessa forma, apresentam compatibilidade com óleos e também com a água, sendo capaz de serem solúveis a ambos. A Figura 3 representa a estrutura genérica de um tensoativo.

**Figura 3** – Representação esquemática de uma molécula de tensoativo com suas partes apolar e polar.



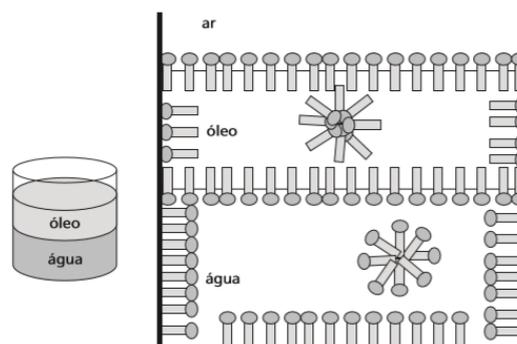
Fonte: Daltin, 2011.

Os surfactantes iônicos geralmente possuem estrutura em forma de R-X, em que R representa uma cadeia de hidrocarboneto de 8 a 18 átomos (apolar) e X é a cabeça polar. Estes, a depender da natureza de X, podem ser classificados como: não iônicos, catiônicos, aniônicos e anfótero (WEST; HARWELL, 1992; YANG; MCCLEMENTS, 2013).

- Aniônicos ou catiônicos – de acordo com o íon fortemente presente na parte polar da molécula, gerada a partir de dissociação sofrida em reação.
- Não iônicos – não possuem cargas verdadeiras, de modo que a atração que este causa na água ocorre de forma mais suave que os demais citados.
- Anfóteros – possuem carga negativa e positiva na mesma molécula, então podem se comportar como aniônico ou catiônico a depender do pH do meio.

O mecanismo de associação do tensoativo, que promove a mistura de solução heterogênea, ocorre devido a busca da estabilidade das moléculas de acordo com sua afinidade de polarização. Com pouca quantidade de surfactante, as partículas têm tendência de ir para a interface de contato entre os dois fluidos. Ao se adicionar mais tensoativo estes começam a procurar locais mais estáveis e a migração ocorre para as superfícies líquido-ar e líquido-sólido, então a predisposição é de saturação do meio. A partir do momento em que todas as possibilidades estáveis esgotam, as moléculas ficam livres se movimentando naturalmente na solução, chamados tensoativos livres. Estes começam a se aglomerar por afinidade e formam as micelas quando atingem a concentração micelar crítica (CMC), característica físico-química que delimita a concentração mínima necessária específica de cada tensoativo para que este processo ocorra. A Figura 4 mostra tal comportamento, onde todas as superfícies estão ocupadas e se inicia a formação das micelas, este processo ocorre na maioria das vezes muito rápido e espontâneo (DALTIM, 2011).

**Figura 4** – Solução heterogênea óleo e água saturada de tensoativos nas superfícies com tensoativos livres.



Devido a essa solubilidade em qualquer que seja a fase, óleo e/ou água, é introduzido o conceito de HLB, do inglês *Hydrophile Lipophile Balance*, também conhecido como Equilíbrio Hidrofílico Lipofílico (EHL), número adimensional que pode prever o tipo de emulsão formada (DAVIS,1994). O intervalo do número pode variar e se enquadrar de acordo com o especificado na Tabela 1 (ICI AMERICAS INC., 1980).

**Tabela 1** – Intervalos de EHL e suas respectivas aplicações.

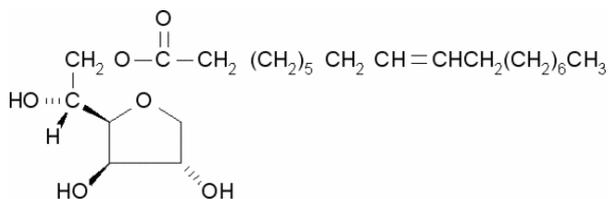
<b>Faixa de EHL</b>	<b>Aplicação</b>
4 – 6	Microemulsão A/O
7 – 9	Agentes umectantes
8 – 18	Microemulsão O/A
13-15	Detergentes
10-18	Solubilizadores

Como alguns surfactantes apresentam tendências a formação determinado tipo de emulsão, a depender de sua característica mais hidrofílica ou hidrofóbica, a combinação entre os tipos de características opostas é mais eficiente para estabilização do meio que a utilização de apenas um tipo de surfactante, uma vez que no interior da molécula há presença de afinidade por ambos: óleo e água. Então, utilizar um surfactante com alto EHL misturado com um de baixo EHL é uma prática comum (LINDMAN *et al.*, 2000). O EHL final é calculado pela Equação 1, em que a fração molar do surfactante X na mistura é  $f_X$  e a fração molar do surfactante Y é  $(1 - f_X)$  (MYERS, 1999).

$$EHL_{mistura} = f_X \cdot EHL_X + (1 - f_X) \cdot EHL_Y \quad (1)$$

### 3.2.1 MONOOLEATO DE SORBITAN (SPAN®) 80

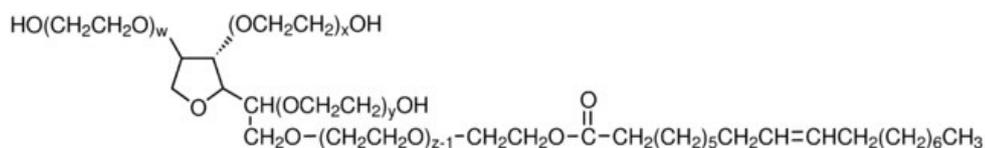
Representado pela sua estrutura química molecular na Figura 5, o SPAN 80 é um líquido oleoso, amarelado e solúvel em óleos e gorduras que possui valor de EHL igual a 4,3. Provém da desidratação de sorbitol e esterificação com ácido graxo, geralmente o oleico, láurico ou palmítico. Suas maiores aplicações são em emulsões do tipo A/O (PRISTA; MORGADO, 1979).

**Figura 5** – Estrutura química molecular do SPAN 80.

Fonte: Sigma, 2018

### 3.2.2 POLISORBATO (TWEEN) 80

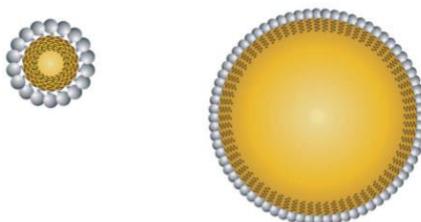
Por sua vez, o Tween 80 também apresenta coloração amarelada, entretanto é solúvel em água e óleos minerais/vegetais e possui valor de EHL igual a 15, o que leva a ser melhor emulsificante para emulsões do tipo O/A e sua estrutura é representada conforme a Figura 6 (PRISTA; MORGADO;1979).

**Figura 6** – Estrutura química molecular do TWEEN 80.

Fonte: Sigma, 2018.

### 3.3 Dispersões coloidais

As dispersões coloidais são sistemas que podem ser produzidos a partir da mistura de óleo, água, surfactantes e co-surfactantes e tem aplicação em diversos tipos de indústria. Os mais comumente encontrados são a microemulsão e a nanoemulsão, mas essas são passíveis de confusão em sua classificação devido suas muitas semelhanças estruturais. A Figura 7 exemplifica a estrutura das dispersões, ambas com um núcleo hidrofóbico de óleo e cauda de surfactante e uma camada hidrófila de grupos cabeça de tensoativo (MCCLEMENTS, 2012).

**Figura 7** – A esquerda, a partícula de microemulsão. A direita, a de nanoemulsão.

Fonte: MCCLEMENTS, 2012.

Segundo Mc Clements (2012), as Mês apresentam partículas de tamanhos menores, as MEs estão na faixa de 8 a 80 nm, possui vantagens sobre as de maiores quando se trata de alguns tipos de aplicação, as quais estão atreladas as suas principais características. Dentre elas estão: maior estabilidade relacionada a agregação de partículas e separação gravitacional (TADROS, 2004) e possuir partículas que somente dispersam ondas de luz, o que se torna útil para os casos em que se faz necessário um produto opticamente transparente ou pouco turvo (MASON *et al.*, 2006). Se diferencia da nanoemulsão por conta da estabilidade, a primeira é termodinamicamente estável enquanto a segunda é cineticamente estável, mesmo apresentando tendência a separar as fases constituintes (GUTIÉRREZ *et al.*, 2008).

### 3.4 Microemulsão

O termo “microemulsão” foi utilizado pela primeira vez por Schulman e colaboradores em 1959, designando uma solução transparente formada a partir da mistura de água, óleo, surfactante e álcool (SCHULMAN *et al.*, 1959). Elas são definidas como sistema composto por dois líquidos imiscíveis, comumente água e óleo, que são estabilizados através do uso de surfactante localizado na interface óleo/água (PAUL; MOULIK, 1997; FLANAGAN; SINGH, 2006).

A formação de uma ME só ocorre com a presença de dois líquidos imiscíveis, uma vez que essa mistura não ocorre sem a intervenção do surfactante, ou seja, ao tentar misturá-los agitando de forma mecânica, mesmo que inicialmente eles se dispersem um no outro, a tendência é voltar a ter separação de fases. Entretanto, se houver a adição do surfactante, o meio tende a estabilizar e formar um sistema macroscopicamente homogêneo (DAMASCENO *et al.*, 2011).

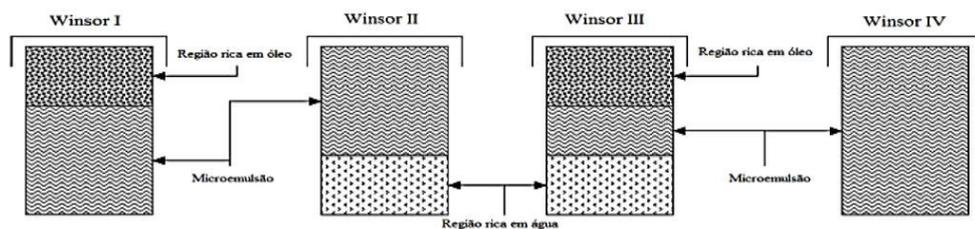
Os componentes que a formam influenciam diretamente na variedade de possibilidades, uma vez que existe uma ampla gama de espécies utilizáveis e nas mais diversas proporções (MCCLEMENTS, 2012). Fatores como natureza química do óleo e dos agentes surfactantes, concentração, temperatura, pressão, pH, força iônica, entre outros, influenciam na formação das microestruturas. Estas podem ser gotículas de óleo dispersas em uma fase contínua de água (O/A) ou gotículas de água dispersas em uma fase contínua de óleo (A/O) ou fases bicontínuas (SOLANS; GARCÍA-CELMA, 1997; LÓPEZQUINTELA, 2003).

Para classificar os tipos existentes de MEs, Winsor (1948) criou um método semiquantitativo para medir o equilíbrio existente entre as partes hidrofílicas e lipofílicas do surfactante, conhecido como Razão de Winsor (RW). A depender da forma como ocorre o

equilíbrio de fases, pode ser classificado como tipo 1, 2, 3 e 4, descritos abaixo (GADHAVE; WAGHMARE, 2014) e representados conforme a Figura 7.

- Tipo 1 (Winsor I) – formação de microemulsão óleo em água (O/A) ocorre pela preferência de solubilização do surfactante na fase aquosa. Esta, por sua vez, acompanha a fase oleosa, então o surfactante é tido como um monômero em pequena concentração.
- Tipo 2 (Winsor II) – formação de microemulsão água em óleo (A/O) ocorre pela preferência de solubilização do surfactante na fase oleosa. Então, a fase oleosa rica em surfactante acompanha a fase aquosa pobre do mesmo.
- Tipo 3 (Winsor II) – o surfactante solubiliza em ambas as fases, aquosa e oleosa, e por isso forma um sistema trifásico. Neste tipo há deficiência de surfactante nas duas fases.
- Tipo 4 (Winsor IV) – uma solução isotrópica se forma a partir da adição de surfactante e álcool anfílico, se tornando uma extensão do Winsor III com altas concentrações de surfactante e fase única.

**Figura 8** – Sistema de classificação de Winsor com as respectivas fases óleo/água.



Fonte: Flanagan e Singh, 2006.

Para o processo de produção das MEs, a ordem de adição dos componentes não influenciará no resultado final, ou seja, independente da ordem de mistura dos compostos a microemulsão será idêntica em qualquer situação após o tempo de equilíbrio. Com isso, é possível caracterizar a natureza da dispersão obtida (ANTON; VANDAMME, 2010).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

A realização dos experimentos descritos neste trabalho ocorreu no Laboratório de Ensino e Pesquisa de Engenharia Química (LEPEQ), da Universidade Federal do Maranhão, que também disponibilizou os produtos químicos, materiais e equipamentos de laboratório, os quais serão detalhados a seguir.

O sistema microemulsionado obtido foi enviado para a Universidade Federal do Rio Grande do Norte para as análises.

### 4.1 Material

- ÓLEO DE COCO BABAÇU – Óleo comercial de grau alimentício produzido pela Cooperativa de Produtores de Azeite, Hortaliças e Farinha – Sabores de Arapapá.
- MONOOLEATO DE SORBITAN (SPAN) 80 – Surfactante não-iônico, de balanço hidrofílico lipofílico (EHL) de 4.3 da Sigma-Aldrich.
- POLISSORBATO (TWEEN) 80 – Surfactante não-iônico de balanço hidrofílico lipofílico (EHL) de 15 da Veteq Química Fina.
- ÁGUA DESTILADA – Água purificada cedida pela Central Analítica da Universidade Federal do Maranhão.

### 4.2 Equipamentos

- BALANÇA – Balança semi-analítica que possui uma faixa de trabalho entre 0,02 a 320 g, leitura de 0,01 g e valor de aferição de 0,001 g de precisão (modelo BL320H, SHIMADZU, Japão).
- CONDUTIVIMETRO – Condutivímetro de bancada (modelo CG2000, GEHAKA, Brasil).
- ESPECTROFOMETRO – Foi utilizado um espectrofotômetro de correlação de fóton (PCS) utilizando um equipamento de dispersão de luz quase elástica (modelo DR6000, HACH, USA).

### 4.3 Procedimento experimental

#### 4.3.1 CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE FASES PSEUDOTERNÁRIO

Para a construção do diagrama de fases, a mistura de óleo/surfactante/água teve a mistura dos dois surfactantes, Span 80 e Tween 80 (proporção 1:1). Assim, o diagrama pseudoternário óleo (O) vs. água (A) vs. surfactante (S) foi construído preparando inicialmente a mistura de óleo/surfactante nas proporções 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 a 9:1 em peso/peso (p/p), respectivamente. Em seguida, água destilada foi adicionada a mistura por agitação manual e incrementos de volume de 5 – 10 % (p/p), formando linhas de diluição com 5 a 90 % de água, mantendo constantes as proporções ao longo da construção do diagrama ternário de fases (SASIVIMOLPHAN *et al.*, 2012).

#### 4.3.2 CARACTERIZAÇÃO VISUAL

Identificação das características visuais das fases presentes nas amostras.

#### 4.3.3 CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS

Uma vez obtida a área com sistemas microemulsionados, foi selecionado um sistema e caracterizado nas análises a seguir a fim de entender sua conformação estrutural.

##### 4.3.3.1 Tamanho da partícula

O sistema microemulsionado foi submetido a análise de espectroscopia de correlação de fóton (PCS) utilizando um equipamento de dispersão de luz quase elástica. Assim, a amostra foi analisada conforme os parâmetros utilizados por Stetefeld *et al.* (2016), com comprimento de onda do feixe de luz de 659 nm e ângulo de incidência de 90°. Esta foi colocada em uma cubeta de quartzo com caminho óptico de 1 cm, sendo realizadas 10 corridas de 20 s, onde os resultados foram expressos em nanômetros (nm). Ao final, foram obtidas as médias dos valores obtidos em cada corrida.

##### 4.3.3.2 Índice de refração

O índice de refração foi determinado a 28 °C conforme método proposto pela American Oil Chemistry Society, mediante Refratômetro de Abbé (AOCS-CS7-25, 1993).

#### 4.3.4 CARACTERIZAÇÃO POR DIFUSÃO QUÍMICA DE CORANTE

Os tipos de MEs O/A ou A/O foram identificados de acordo com o método descrito por Roohinejad *et al.* (2015) com modificações. Neste, o corante hidrofílico azul de metileno e o corante lipofílico cúrcuma foram adicionadas aos sistemas que apresentaram formação de ME (sistema macroscopicamente homogêneo e translúcido). Assim, se o azul de metileno difunde rapidamente foi considerada ME tipo O/A ou, se a cúrcuma difunde rapidamente indicou uma ME tipo A/O.

#### 4.3.5 CARACTERIZAÇÃO POR CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

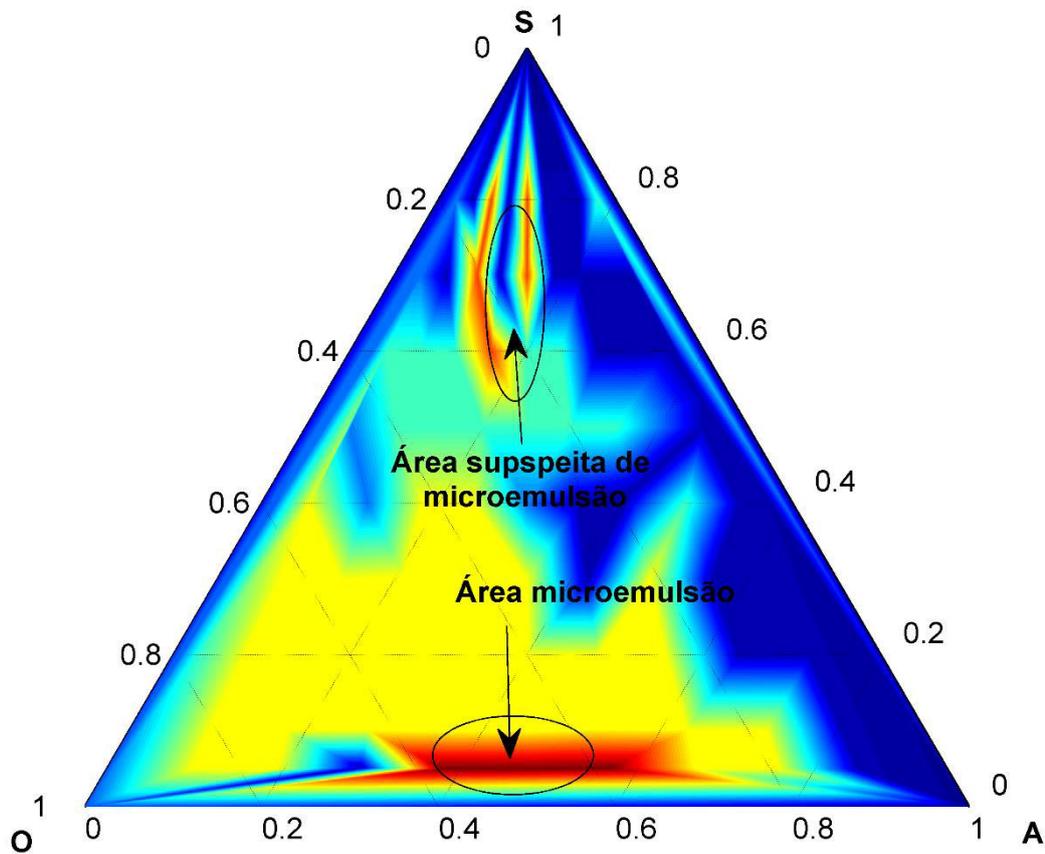
Para cada sistema que apresentou formação de ME foi medida a condutividade elétrica em temperatura ambiente empregando um condutivímetro acoplado a uma célula de condutividade

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Construção do diagrama pseudoternário

A partir das amostras obtidas da mistura de surfactantes de grau alimentício (Span 80/Tween 80), água destilada e óleo de coco babaçu foi possível obter as características dos diferentes sistemas obtidos e construir o diagrama pseudoternário da Figura 9.

**Figura 9** – Diagrama pseudoternário de fases para o óleo de coco babaçu (O) água (A) e surfactante SPAN80/TWEEN80 1:1 (S).



A partir desse diagrama é possível avaliar os tipos de classificações de Winsor seguindo a coloração. Nas áreas com o tom azul escuro as amostras são do tipo W-I, com a fase clara na parte superior dos tubos e a fase leitosa na parte inferior. As proporções 1:9:1 a 1:9:6 estão nessa área, bem como as 4:6:4, 4:6:5, 6:4:8, 6:4:9, 7:3:1, 7:3:2, 8:2:8 e 8:2:9 (óleo/surfactante/água). O tipo W-II é representado pelo tom azul esverdeado e contempla as amostras que possuem a presença da fase clara na parte inferior e a fase leitosa superior, como nas proporções óleo/surfactante/água 5:5:5, 8:2:5, 9:1:6, 9:1:8 e 9:1:9. O tom amarelo indica os

sistemas W-III, ou seja, sistemas com três fases, presentes nas proporções óleo/surfactante/água 1:9:9, 2:8:5, 4:6:6, 4:6:7, 5:5:6, 5:5:7, 6:4:6, 7:3:6, 7:3:7, 8:2:6, 8:2:7 e 9:1:7. Enquanto que os tubos 5:5:8, 5:5:9, 6:4:7, 7:3:8 3 7:3:9 (óleo/surfactante/água) mostraram um comportamento de emulsão homogênea leitosa as quais estão em áreas de transição não delimitadas no diagrama. Os tubos que tiveram características quase translúcidas e estáveis, 2:8:1, 2:8:2, 3:7:1 a 3:7:6, 4:6:2, 4:6:3, 5:5:2 a 5:5:7, 6:4:2 a 6:4:5, 7:3:2 a 7:3:5, 8:2:1 a 8:2:4 e, 9:1:1 a 9:1:5 (óleo/surfactante/água), tem possibilidade de ser formar microemulsão com a adição de um cosurfactante através de outro estudo e são representados nas proximidades da região W-IV. Os sistemas microemulsionados encontrados em W-IV, região vermelha, foram os tubos 4:6:1, 5:5:1 e 6:4:1 (óleo/surfactante/água), eles possuem translucidez e estabilidade termodinâmica e foram selecionados para aplicação do teste por difusão química e condutividade elétrica. A Tabela 1 traz as informações das composições dessas amostras em p/p.

**Tabela 2** – Relação dos pesos (g) dos componentes dos sistemas microemulsionados.

Proporção	Span80	Tween80	Óleo	Água
04:06:01	1,404	0,619	3,002	0,268
05:05:01	1,749	0,748	2,501	0,263
06:04:01	2,103	0,910	2,010	0,265

A busca de microemulsões de grau alimentício é limitada ao uso de surfactantes e tensoativos que possam ser aplicados na área e um dos critérios relevantes a escolha dos tensoativos é o EHL, que determina qual tipo de emulsão (O/A ou A/O) será formada (PATEL *et al.*, 2013). No entanto, quando se tem mistura de outros surfactantes com EHL diferentes, como no presente estudo, entre Span 80 e Tween 80 na proporção 1:1, tentou-se obter com esta mistura um EHL próximo a 8, onde há uma tendência a formar micelas do tipo O/A (PANT *et al.*, 2019).

## 5.2 Caracterização visual dos tubos de ensaio

As amostras obtidas durante o processo de construção do diagrama foram analisadas por suas características visuais, mas devido ao grande número de tubos de ensaios, apenas as proporções 5:5:1 a 5:5:9 e 6:4:1 a 6:9:9 surfactante/óleo/água foram selecionadas para exemplificar as classificações de Winsor conforme o Quadro 1 e 2 e a Figura 10 e 11, as demais análises se encontram no Apêndice A. É possível encontrar a presença de uma ou mais fases em uma amostra, dessa forma uma única fase é tida como FU, mais de uma fase pode possuir

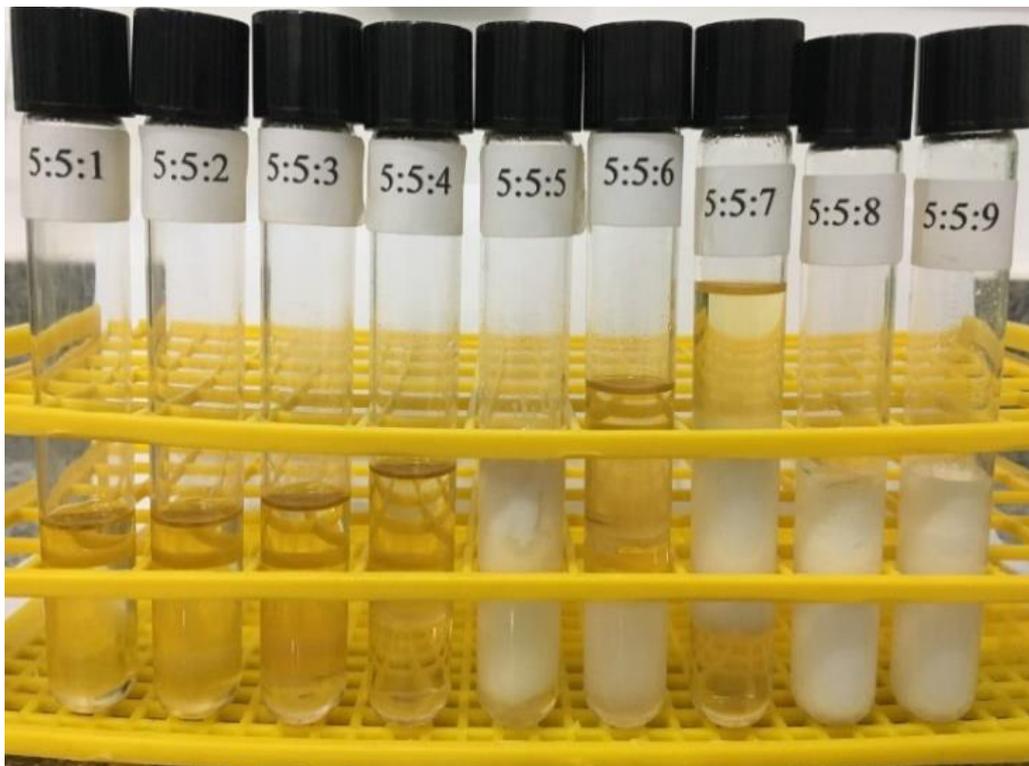
a fase superior (FS), fase inferior (FI) ou fase intermediária (FM). Assim, W-I pode ser encontrada em 6:4:8 e 6:4:9, W-II no tubo 5:5:5, W-III em 5:5:6, 5:5:7 e 6:4:6.

**Quadro 1** – Caracterização visual dos tubos de proporção 05:05:01 a 05:05:09.

Proporção	Caracterização
05:05:01	FU: homogêneo transparente límpido
05:05:02	FI: viscoso FS: fluido transparente límpido
05:05:03	FI: viscoso bem pouco esbranquiçada FM: viscosa pouco amarelada FS: fluido amarelado límpido
05:05:04	FI: viscoso FS: fluido transparente límpido gotas oleosas na interseção de fase
05:05:05	FI: fluido transparente com parte da fase superior FS: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo
05:05:06	FI: fluido turvo amarelado com bolhas oleosas na parede do tubo FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido turvo com estrias da fase intermediária
05:05:07	FI: fluido turvo esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido límpido amarelado com estrias da fase intermediária
05:05:08	FI: fluido esbranquiçado com bolhas oleosas na parede FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente límpido
05:05:09	FI: fluido esbranquiçado FS: pastoso esbranquiçado

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Figura 10** – Amostras na proporção 05:05:01 a 05:05:09.

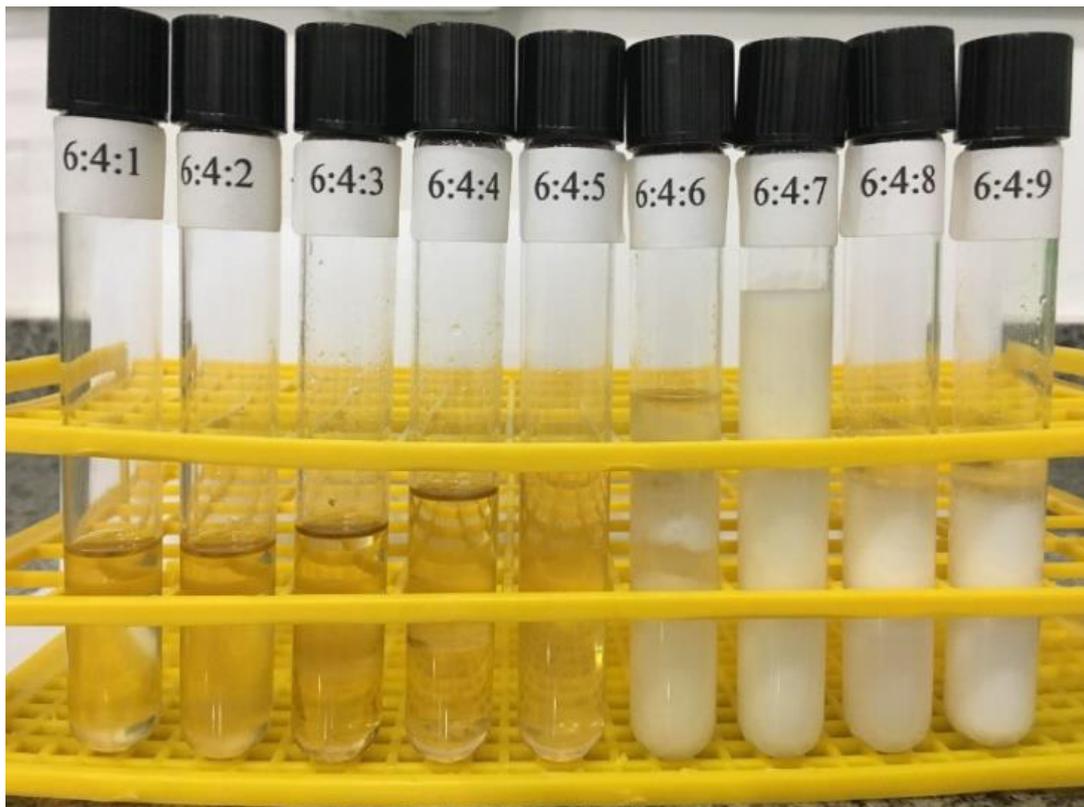


Fonte: Próprio Autor (2018)

**Quadro 2** – Caracterização visual dos tubos de proporção 06:04:01 a 06:04:09.

<b>Proporção</b>	<b>Caracterização</b>
06:04:01	FU: límpido transparente homogêneo
06:04:02	FI: turvo viscoso FS: límpido transparente
06:04:03	FI: turvo viscoso FS: fluido com bolhas de óleo
06:04:04	FI: límpido transparente FS: fluido com bolhas de óleo turva na transição de fase
06:04:05	FI: leitoso esbranquiçado FM: fluido límpido transparente FS: fluido turvo com bolhas oleosas
06:04:06	FU: pastoso esbranquiçado
06:04:07	FI: fluido esbranquiçado FS: leitoso esbranquiçado
06:04:08	FI: fluido esbranquiçado FS: fluido quase transparente
06:04:09	FI: leitoso esbranquiçado FS: límpido transparente com bolhas de óleo na transição de fase

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Figura 11** – Amostras na proporção 06:04:01 a 06:04:09.

Fonte: Próprio Autor (2018)

Mediante essa caracterização, foi possível identificar os tubos que realmente possuíam microemulsão: 04:06:01, 05:05:01 e 06:04:01, exibidos na Figura 12. Estes foram duplicados e passaram pelo teste qualitativo de difusão por corante.

**Figura 12** – Amostras de sistemas microemulsionados proporções 04:06:01, 05:05:01 e 06:04:01.



Fonte: Próprio Autor (2018)

### 5.3 Caracterização física

Dos sistemas encontrados, a formulação 05:05:01 óleo (47,5%)/surfactante (47,4%)/água (0,05%) em peso/peso foi a escolhida para a realização das análises físicas do item 4.3.3 e os resultados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 3** – Propriedades do sistema microemulsionado 05:05:01.

Propriedades	Valor
Tamanho da partícula	619,71 ± 280,58 nm
Índice de refração	1,1

De acordo com Chamieh *et al.* (2015), o diâmetro das gotículas é um dos fatores que contribui para processos de instabilidade, fundamentada na lei de Stokes. A medição ocorre aplicando um feixe de luz na emulsão e avaliando a sua transmitância, quanto maior o valor menor o tamanho da gotícula, ao passo que quanto menor o valor maior o diâmetro da gotícula pois estas tendem a absorver mais luz (ORAFIDIYA; OLADIMEJI, 2002). Para o valor encontrado de diâmetro da amostra 619,71 ± 280,58 é avaliado que há um aumento do tamanho aparente da micela devido o aumento de concentração de surfactante e isso pode estar associado a alteração da conformação da micela em estruturas mais alongadas. Segundo Pant *et al.*, (2019) quando há maior proporção de surfactante comparada à quantidade de óleo e água na microemulsão, são formados pequenos grupos de cabeças polares com uma cadeia alquil de

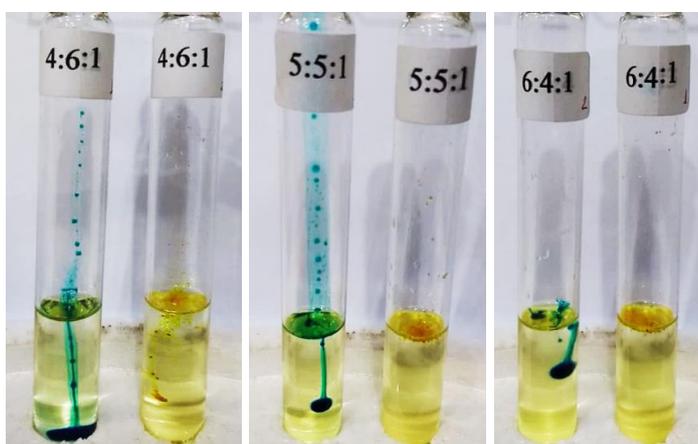
comprimento apropriado, ajudando assim o surfactante a formar uma interface robusta entre o óleo e a fase aquosa em forma de pequenos filmes e assim por diante.

O índice de refração é uma característica que permite avaliar a isotropia do sistema. O valor de 1,1 encontrado para a microemulsão não apresentou variação e com isso pode ser considerada isotrópica, pois segundo Rossi *et al.*, (2007), os agregados isotrópicos esféricos não apresentam fenômenos com dupla refração, ou seja, não são capazes de desviar o plano de luz

#### 5.4 Caracterização por difusão de corantes

Nos tubos com as proporções óleo/surfactante/água 04:06:01, 05:05:01, 06:04:01 foram adicionados o corante azul de metileno e a cúrcuma com intuito de identificar o tipo de formação, O/A ou A/O, apresentada pelo sistema. Nos 3 casos o azul de metileno se difundiu mais rápido do que a cúrcuma, como pode ser observado pela Figura 20. Dessa forma, como o azul de metileno é um composto aromático heterocíclico solúvel em água (MENDONÇA; BICA; PIATNICKI, 2003; MENDONÇA *et al.*, 2009) as amostras poderiam ser classificadas como O/A. Contudo, a Figura 13 também mostra que pode não ter acontecido uma dispersão de fato, e sim apenas uma diferença de densidade entre os componentes. Uma vez que pelas poucas quantidades de água nas amostras se acredita que as MEs são do tipo A/O. Logo, se faz necessária a caracterização quantitativa para identificar de fato qual a classificação da microemulsão.

**Figura 13** – Duplicatas na proporção 04:06:01, 05:05:01 e 06:04:01 com azul de metileno na esquerda e cúrcuma na direita.



Fonte: Próprio Autor (2018).

### 5.5 Caracterização por condutividade elétrica

A medição da condutividade elétrica permite diferenciar as microemulsões entre tipo gotícula bicontínua ou solução, ou seja, se a fase externa é formada por água ou óleo de forma a indicar o tipo de formação do sistema (O/A ou A/O), uma vez que A/O tem efeito condutor enquanto O/A tem efeito isolante. Assim, o intervalo de 0,05 até 0,29  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabela 4) é considerado com valores baixos caracterizando a microemulsão tipo A/O (NAOUI *et al.*, 2011)

**Tabela 4** – Condutividade elétrica dos sistemas microemulsionados.

<b>Proporção</b>	<b>Condutividade (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>
04:06:01	0,29
05:05:01	0,05
06:04:01	0,20

## 6 CONCLUSÃO

Com as misturas de Span 80/Tween 80, óleo de coco babaçu e água em diversas proporções, foi possível construir o diagrama pseudoternário para identificação das regiões de classificação de Winsor. As amostras de proporção óleo/surfactante/água 4:6:1, 5:5:1 e 6:4:1 mostraram características W-IV, sistemas translúcidos e estáveis termodinamicamente, ambas detectadas através da avaliação visual dos tubos de ensaio.

Essas três amostras foram submetidas a testes com azul de metileno e cúrcuma, o que ocasionou dúvidas devido a difusão mais rápida do corante hidrofílico, o que se avalia que houve apenas passagem do azul de metileno devido a uma diferença de densidade. Outra caracterização foi a determinação dos valores da condutividade elétrica que apresentaram valores baixos, um intervalo entre 0,05 a 0,29, indicando que as MEs encontradas são do tipo A/O. A proporção óleo/surfactante/água 5:5:1 foi avaliada como microemulsão de micelas alongadas e isotrópica. Se avalia a necessidade de análises mais conclusivas para confirmar a estrutura e forma dos sistemas microemulsionados obtidos, como SAXS. As regiões de W-IV podem ser ampliadas com a utilização de cosurfactante, uma vez que algumas amostras apresentaram leve turbidez.

## REFERÊNCIAS

ANTON, N.; VANDAMME, T. F. Nano-emulsions and Micro-emulsions: Clarifications of the Critical Differences. **Pharmaceutical Research**, v. 28, n. 5, p. 978-985, 2010.

AOCS-CS7-25. **Refractive index measurement**. Champaign: AOCS 1993.

Babaçu ( *Orbignya sp* ): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. Adriana Idalina Torcato de Oliveira<sup>1</sup>, Gerso Pereira Alexandre<sup>2</sup>, Talal Suleiman MahmoudBBR – Biochemistry and Biotechnology Reports - ISSN 2316-5200 Número Especial v. 2, n. 3, p. 126-129, 2013

BECHER, P. **Emulsions Theory and Practice**. New York: 1965.

Carrazza L.R.; Ávila, J.C.e Silva, M.L., “Aproveitamento integral do fruto e da folha do babaçu”. ISPN, 2012. Web. Consultado online em 03 de Setembro de 2018. <[http://www.ispn.org.br/arquivos/Mont\\_babacu006.pdf](http://www.ispn.org.br/arquivos/Mont_babacu006.pdf)>

CHAMIEH, J.; DAVANIER, F.; JANNIN, V.; DEMARNE, F.; COTTET, H. Size characterization of commercial micelles and microemulsions by Taylor dispersion analysis. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 492, n. 1, p. 46-54, 2015.

Daltin, Decio Tensoativos: química, propriedades e aplicações / Decio Daltin. – São Paulo: Blucher, 2011 ISBN 978-85-212-0585-2

DAMASCENO, B. P. G. L. et al. Microemulsão um promissor carreador para moléculas insolúveis. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 32, n. 1, p. 9-18, 2011 2011.

DANIELSSON, I.; LINDMAN, B.; **Colloids Surf.** 1981, 3, 391.

DAVIS, H. T. Factors determining emulsion type: Hydrophile—lipophile balance and beyond. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 91, p. 924, 11/3/1994.

FASOLIN, L. H.; SANTANA, R. C.; CUNHA, R. L. Microemulsions and liquid crystalline formulated with triacylglycerols: Effect of ethanol and oil unsaturation. **Colloids and Surfaces A: Physicochem.Eng.Aspects**, v. 415, p. 31-40, 2012.

FENG, J. L. et al. Study on food-grade vitamin E microemulsions based on nonionic emulsifiers. **Colloids and Surfaces A: Physicochem.Eng.Aspects**, v. 339, p. 1-6, 2009.

FERREIRA, A. J. A. O Babaçu enquanto alternativa energética no Maranhão: possibilidades. *Ciências Humanas em Revista - São Luís*, V. 3, n.2, dez. 2005.

FLANAGAN, J.; SINGH, H. Microemulsions: A potential delivery system for bioactives in food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 3, p. 221-237, 2006.

FLEMMING VANG, S.; NIELS, J. K. Food Emulsifiers. In: (Ed.). *Food Emulsions*: CRC Press. **Food Science and Technology**. 2003. ISBN 978-0-8247-4696-4.

FORMARIZ, T. P.; URBAN, M. C. C.; SILVA JÚNIOR, A. A. D.; GREMIÃO, M. P. D.; OLIVEIRA, A. G. D. Microemulsões e fases líquidas cristalinas como sistemas de liberação de fármacos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, p. 301- 313, 2005.

GULLÓN, J. S.; MONTIEL, V. R.; CLAVILIER, A.; **J. Electroanal. Chem.** 2003, 554-555, 273

GUTIERREZ, J. M; GONZÁLEZ, C; MAESTRO, A.; SOLÈ, I.; PEY, C. M; NOLLA, J. Nano-emulsion: New applications and optimization of their preparation. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 13, p. 245-251, 2008

ICI AMERICAS INC. **The HLB system: a time-saving guide to emulsifier selection**. Wilmington: ICI Americas Inc., 1980. 22 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

LEE, K. L.; Applications and Use of Microemulsions, **Imperial College London**, 2010. 6p.

LIN, C.-C. et al. Stability and characterisation of phospholipid based curcumin encapsulated microemulsions. **Food Chemistry**, v. 116, p. 923-928, 2009.

LINDMAN, B.; HOLMBERG, K.; JÖNSSON, B.; KRONBERG, B. **Surfactants am Polymers in Aqueous Solution**. 2nd Edition, England, John Wiley and Sons LTD, 2000.

LÓPEZ-QUINTELA, M. A. Synthesis of nanomaterials in microemulsions: formation mechanisms and growth control. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 8, n. 2, p. 137-144, 2003.

MASON, T. G.; WILKING, J. N.; MELESON, K.; CHANG, C. B.; GRAVES, S. M. Nanoemulsions: formation, structure, and physical properties. **Journal of Physics: Condensed Matter**, v. 18, n. 41, p. R635, 2006.

MCCLEMENTS, D. J. Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities. **Soft Matter**, v. 8, n. 6, p. 1719-1729, 2012.

MENDONÇA, C. R. B.; BICA, C. I. D.; SIMÓ-ALFONSO, E. F.; RAMIS-RAMOS, G.; PIATNICKI, C. M. S. Physical chemical properties and kinetics of redox processes in water/soybean oil microemulsions. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 19, p. 775-781, 2008.

MENDONÇA, C. R. B.; SILVA, Y. P.; BÖCKEL, W. J.; SIMÓ-ALFONSO, E. F.; RAMISRAMOS, G.; PIATNICKI, C. M. S.; BICA, C. I. D. Role of the co-surfactant nature in soybean w/o microemulsions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 337, n. 2, p. 579-585, 2009.

MYERS, D. **Surfaces, Interfaces, and Colloids: Principles and Applications**. 2 nd Edition, USA, John Wiley and Sons Inc., 1999

NAOUI, W.; BOLZINGER, M.-A.; FENET, B.; PELLETIER, J.; VALOUR, J.-P.; KALFAT, R.; CHEVALIER, Y. Microemulsion Microstructure Influences the Skin Delivery of an Hydrophilic Drug. **Pharmaceutical Research**, v. 28, n. 7, p. 1683-1695, 2011.

OLIVEIRA, Adriana Idalina Torcato de; ALEXANDRE, Gerso Pereira; MAHMOUD, Talal Suleiman. Babaçu (Orbignya sp): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. **Biochemistry And Biotechnology Reports**, Londrina, Número Especial v. 2, n. 3, p.126-129, 2013

ORAFIDIYA, L.; OLADIMEJI, F. Determination of the required HLB values of some essential oils. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 237, p. 241-9, 2002.

PANT, A.; JHA, K.; SINGH, M. Role of excipient's HLB values in microemulsion system. **IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences**, v. 14, n. 2, p. 1-6, 2019.

PATEL, R. B.; PATEL, M. R.; BHATT, K. K.; PATEL, B. G. Formulation consideration and characterization of microemulsion drug delivery system for transnasal administration of carbamazepine. **Bulletin of Faculty of Pharmacy**, Cairo University, v. 51, n. 2, p. 243-253, 2013.

PAUL, B. K.; MOULIK, S. P. Microemulsions: An overview. **Journal of Dispersion Science and Technology**, v. 18, n. 4, p. 301-367, 1997.

POLIZELLI, M. A. et al. Formation and characterization of soy bean oil/surfactant/water microemulsions. **Colloids and Surfaces A: Physicochem.Eng.Aspects**, v. 281, p. 230-236, 2006.

PRISTA, L. N, ALVES, A.C.; MORGADO, R. Técnica Farmacêutica e Farmácia Galênica. 2 ed, vol.II. **Fundação Calouste Gulbenkian**, Lisboa. p.1650-1663, 1979.

Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia. 2005. Quebradeiras de coco babaçu do Mearim. Série: Movimentos sociais, identidade coletiva e conflitos, Fascículo 2, São Luis Web. Consultado online em 04 de Novembro de 2018 <<http://novacartografiasocial.com.br/download/02-quebradeiras-de-coco-babacu-mearim/>>

QUEIROGA et. al. Composição centesimal de amêndoas de coco babaçu em quatro tempos de armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.17, n.2, p.207-213, 2015.

RAO, J.; MCCLEMENTS, D. J. Food-grade microemulsions, nanoemulsions and emulsions: Fabrication from sucrose monopalmitate and lemon oil. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1413-1423, 2011.

REGO, Josoaldo Lima; ANDRADE, Maristela de Paula. HISTÓRIA DE MULHERES: BREVE COMENTÁRIO SOBRE O TERRITÓRIO E A IDENTIDADE DAS QUEBRadeiras DE COCO BABAÇU NO MARANHÃO. **Agrária**, São Paulo, v. 3, p.47-57, 2005.

ROCHA, Yago Cesar do Nascimento; LOPES JUNIOR, Robert de Medeiros. POTENCIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA CADEIRA PRODUTIVA DO BABAÇU - UMA REVISÃO LITERÁRIA. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2016, João Pessoa. **ABEPRO**, 2016. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?ano=2016>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

ROOHINEJAD, S.; OEY, I.; WEN, J.; LEE, S. J.; EVERETT, D. W.; BURRITT, D. J. Formulation of oil-in-water  $\beta$ -carotene microemulsions: Effect of oil type and fatty acid chain length. **Food Chemistry**, v. 174, p. 270-278, 2015.

SASIVIMOLPHAN, P. et al. Microemulsion-Based Oxyresveratrol for Topical Treatment of Herpes Simplex Virus (HSV) Infection: Physicochemical Properties and Efficacy in Cutaneous HSV-1 Infection in Mice. **AAPS PharmSciTech**, v. 13, n. 4, p. 1266-1275, 2012.

SCHULMAN, J. H.; STOECKENIUS, W.; PRINCE, L. M.; **J. Phys. Chem.** 1959, 63, 1677.

SIGMA ALDRICH, 2018.  
<[https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/s6760?lang=pt&region=BR&gclid=Cj0KCQiAi57gBRDqARIsABhDSMpuWfhKtGnW2T71jsmRA8tc5QhTeal mTJ7knXnBzY6Tjq3J6zWzjH4aAr1uEALw\\_wcB](https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/s6760?lang=pt&region=BR&gclid=Cj0KCQiAi57gBRDqARIsABhDSMpuWfhKtGnW2T71jsmRA8tc5QhTeal mTJ7knXnBzY6Tjq3J6zWzjH4aAr1uEALw_wcB)> Acessado em 05.12.2018 as 17:30

SIGMA ALDRICH, 2018.  
<<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/vetec/v900507?lang=pt&region=BR>>  
Acessado em 05.12.2018 as 17:30

SILVA, José Dilson F. da et al. Microemulsions: components, characteristics, potentialities in food chemistry and other applications. **Química Nova**, p.1196-1206, 14 ago. 2015.

SOLANS, C.; GARCÍA-CELMA, M. J. Surfactants for microemulsions. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 2, n. 5, p. 464-471, 1997

STETEFELD, J.; MCKENNA, S. A.; PATEL, T. R. Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences. **Biophysical reviews**, v. 8, n. 4, p. 409- 427, 2016.

TADROS, T.; IZQUIERDO, P.; ESQUENA, J.; SOLANS, C. Formation and stability of nano-emulsions. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 108–109, p. 303-318, 2004.

USHIKUBO, F. Y.; CUNHA, R. L. Stability mechanisms of liquid water-in-oil emulsions. **Food Hydrocolloids**, p. 1-9, 2012.

WALSTRA, P. Sistemas dispersos: consideraciones basicas. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Química de los Alimentos**. Acibia, 2005. cap. 3, p.112-181.

WEST, C. C.; HARWELL, J. H. Surfactants and subsurface remediation. **Environmental Science & Technology**, v. 26, n. 12, p. 2324-2330, 1992.

WINSOR, P. A. Hydrotropy, solubilisation and related emulsification processes. **Transactions of the Faraday Society**, v. 44, p. 376-398, 1948.

YANG, Y.; MCCLEMENTS, D. J. Vitamin E bioaccessibility: Influence of carrier oil type on digestion and release of emulsified  $\alpha$ -tocopherol acetate. **Food Chemistry**, v. 141, n. 1, p. 473-481, 2013.

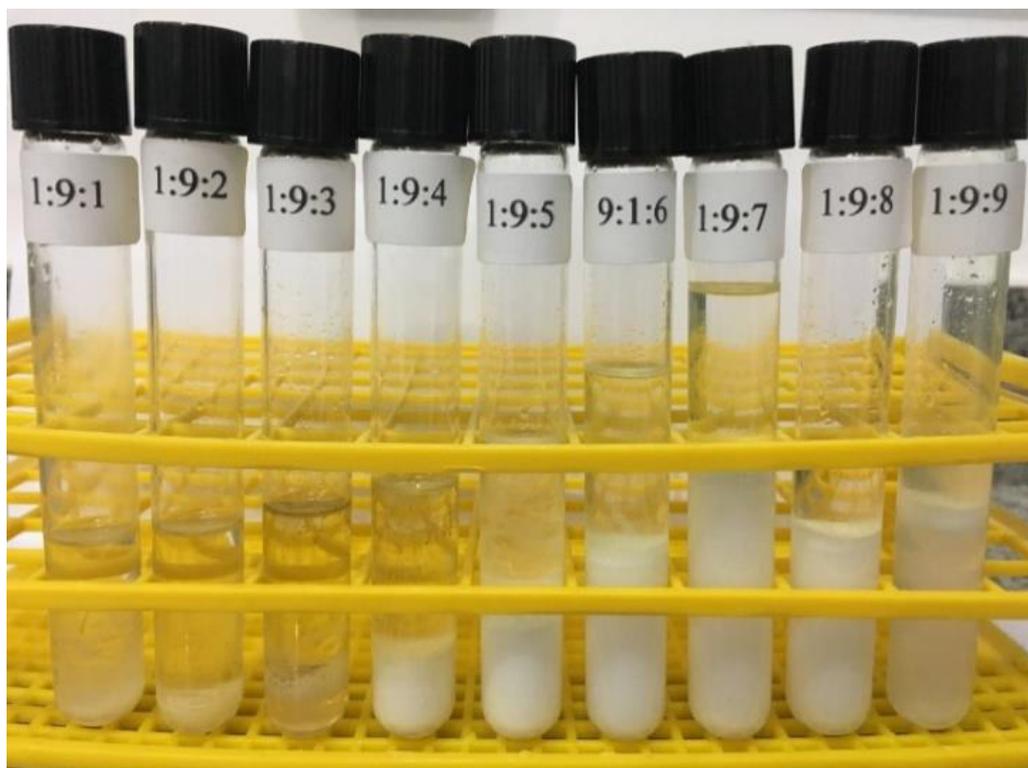
APÊNDICE A – Caracterização visual dos tubos de ensaio

**Quadro 1** – Caracterização visual dos tubos de proporção 01:09:01 a 01:09:09.

Proporção	Caracterização
01:09:01	FI: viscoso transparente turvo FS: fluido pouco esbranquiçado turvo
01:09:02	FI: pastoso esbranquiçado FS: fluido transparente com gotas oleosas na parede do tubo
01:09:03	FI: fluido pouco esbranquiçado turvo com traços da fase intermediária FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido transparente límpido com traços da fase intermediária
01:09:04	FI: pastoso esbranquiçado FS: fluido transparente límpido com gotas da fase intermediária na parede do tubo
01:09:05	FI: leitoso esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido transparente com traços da fase intermediária
01:09:06	FI: leitoso esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido transparente com traços da fase intermediária
01:09:07	FI: leitoso esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido transparente com traços da fase intermediária
01:09:08	FI: leitoso esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido transparente com traços da fase intermediária
01:09:09	FI: fluido levemente esbranquiçado límpido FM: leitoso esbranquiçado FS: fluido esbranquiçado límpido

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Figura 1** – Amostras na proporção 01:09:01 a 01:09:09.

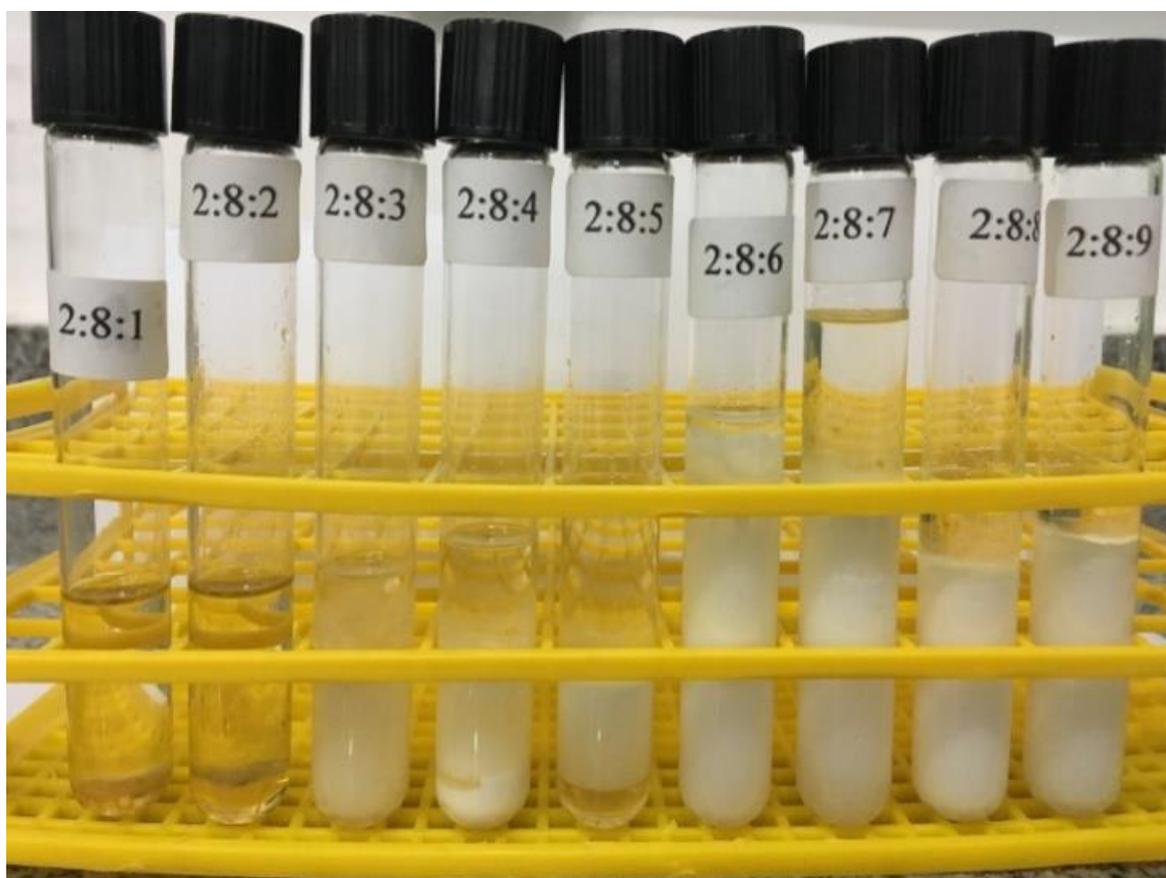


Fonte: Próprio Autor (2018)

**Quadro 2** – Caracterização visual dos tubos de proporção 02:08:01 a 02:08:09.

Proporção	Caracterização
02:08:01	FI: viscoso amarelado FS: fluido límpido transparente
02:08:02	FI: viscoso amarelado com parte fluida transparente FS: fluido límpido transparente
02:08:03	FI: pastoso esbranquiçado FS: fluido límpido transparente
02:08:04	FI: pastoso esbranquiçado FM: leitoso esbranquiçado com gotas oleosas na parede do tubo FS: fluido límpido transparente
02:08:05	FI: fluido pouco esbranquiçado com gotas oleosas na parede FM: leitoso esbranquiçado FS: fluido transparente com estrias da fase intermediária
02:08:06	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente límpido
02:08:07	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente com estrias da fase intermediária
02:08:08	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente com estrias da fase intermediária
02:08:09	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente límpido

Fonte: Próprio Autor (2018)

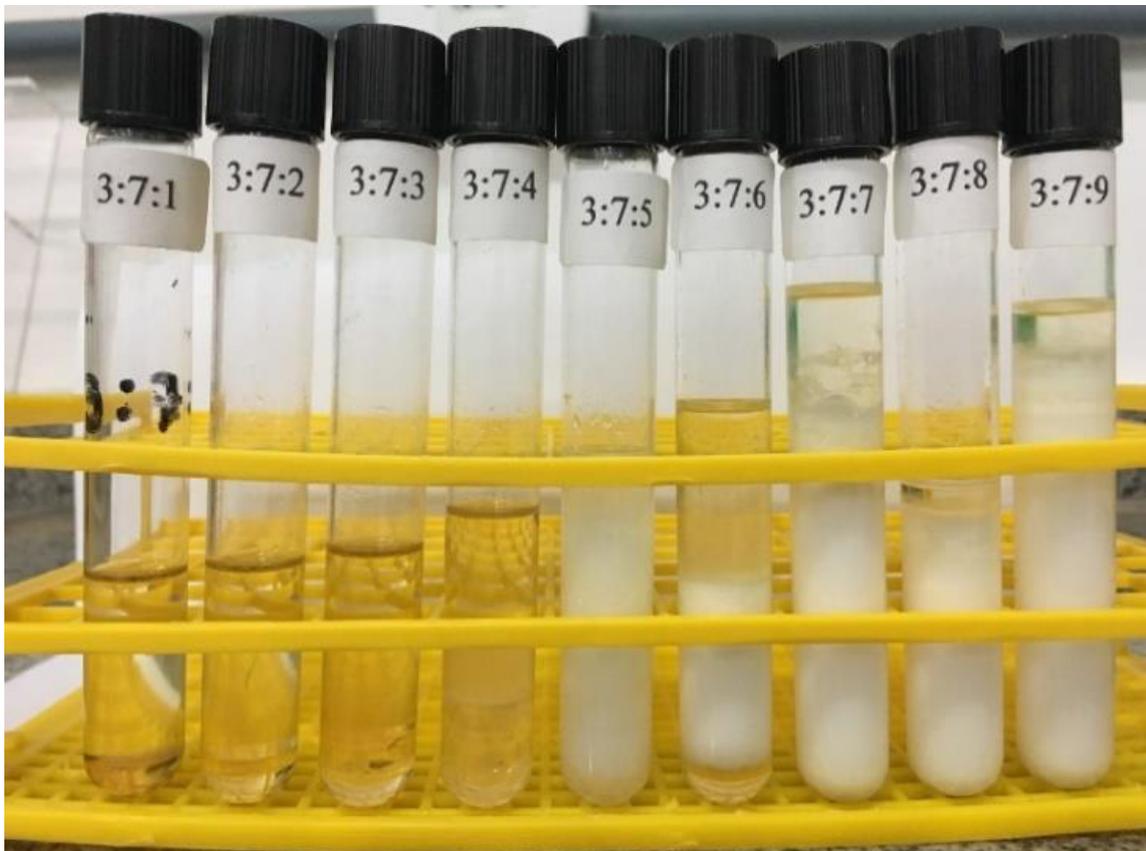
**Figura 2** – Amostras na proporção 02:08:01 a 02:08:09.

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Quadro 3** – Caracterização visual dos tubos de proporção 03:07:01 a 03:07:09.

<b>Proporção</b>	<b>Caracterização</b>
03:07:01	FI: viscoso amarelado FS: fluido transparente límpido
03:07:02	FI: viscoso amarelado FS: fluido transparente límpido com poucas bolhas oleosas na parede do tubo
03:07:03	FI: viscoso amarelado FS: fluido transparente límpido com poucas bolhas oleosas na parede do tubo
03:07:04	FI: viscoso transparente com estrias esbranquiçadas FS: fluido turvo com traços esbranquiçados
03:07:05	FI: fluido esbranquiçado turvo FS: leitoso esbranquiçado
03:07:06	FI: fluido transparente límpido FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido turvo com estrias esbranquiçadas
03:07:07	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente límpido com estrias esbranquiçadas
03:07:08	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente límpido
03:07:09	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas na parede do tubo FS: fluido transparente límpido

Fonte: Próprio Autor (2018)

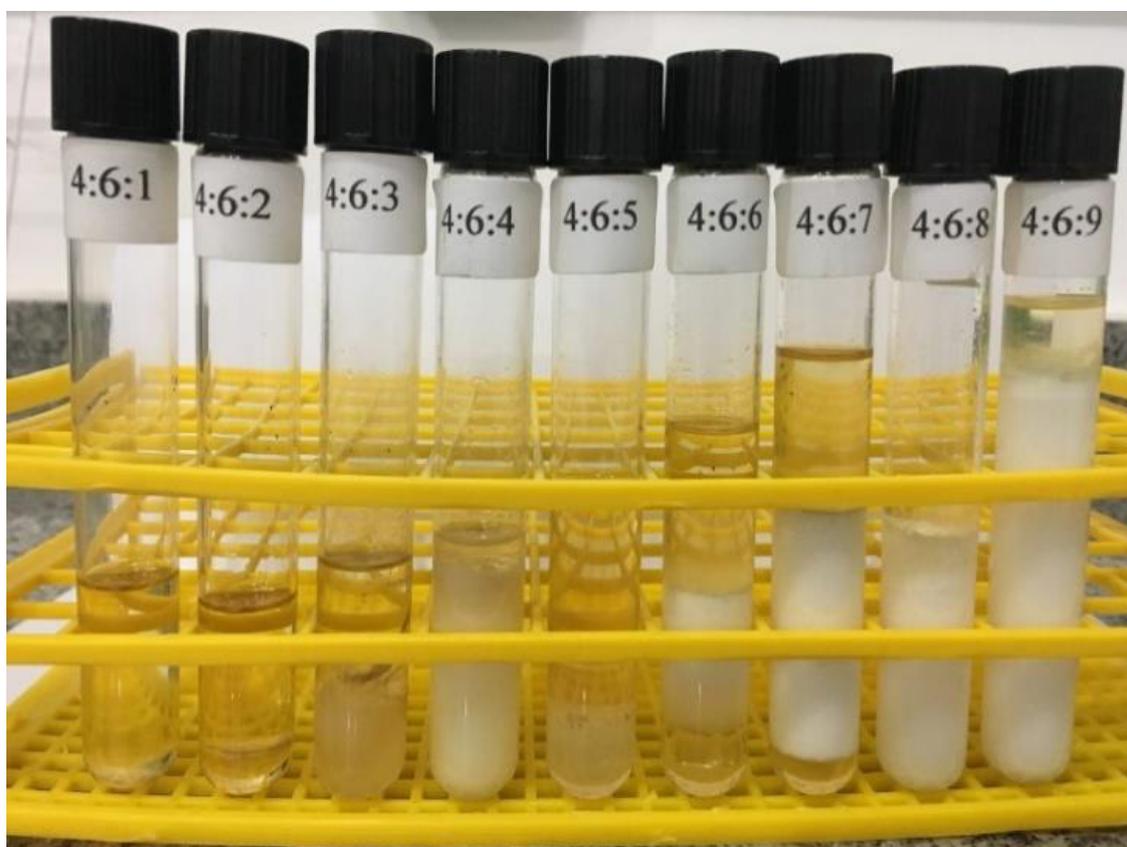
**Figura 3** – Amostras na proporção 03:07:01 a 03:07:09.

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Quadro 4** – Caracterização visual dos tubos de proporção 04:06:01 a 04:06:09.

Proporção	Caracterização
04:06:01	FU: homogêneo, transparente límpido (cor característica do óleo)
04:06:02	FI: viscoso transparente amarelado FS: fluido transparente amarelado
04:06:03	FI: pastoso amarelado FS: fluido transparente límpido com estrias da fase inferior
04:06:04	FU: pastoso esbranquiçado
04:06:05	FI: viscoso levemente esbranquiçado FM: viscoso turvo FS: viscoso turvo amarelado característico do óleo
04:06:06	FI: viscoso turvo com bolhas oleosas FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido turvo pouco amarelado
04:06:07	FI: fluido transparente límpido FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas próx.a transição de fase FS: fluido amarelado com estrias da fase intermediária
04:06:08	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas FS: fluido transparente límpido
04:06:09	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado com bolhas oleosas FS: fluido pouco amarelado límpido

Fonte: Próprio Autor (2018)

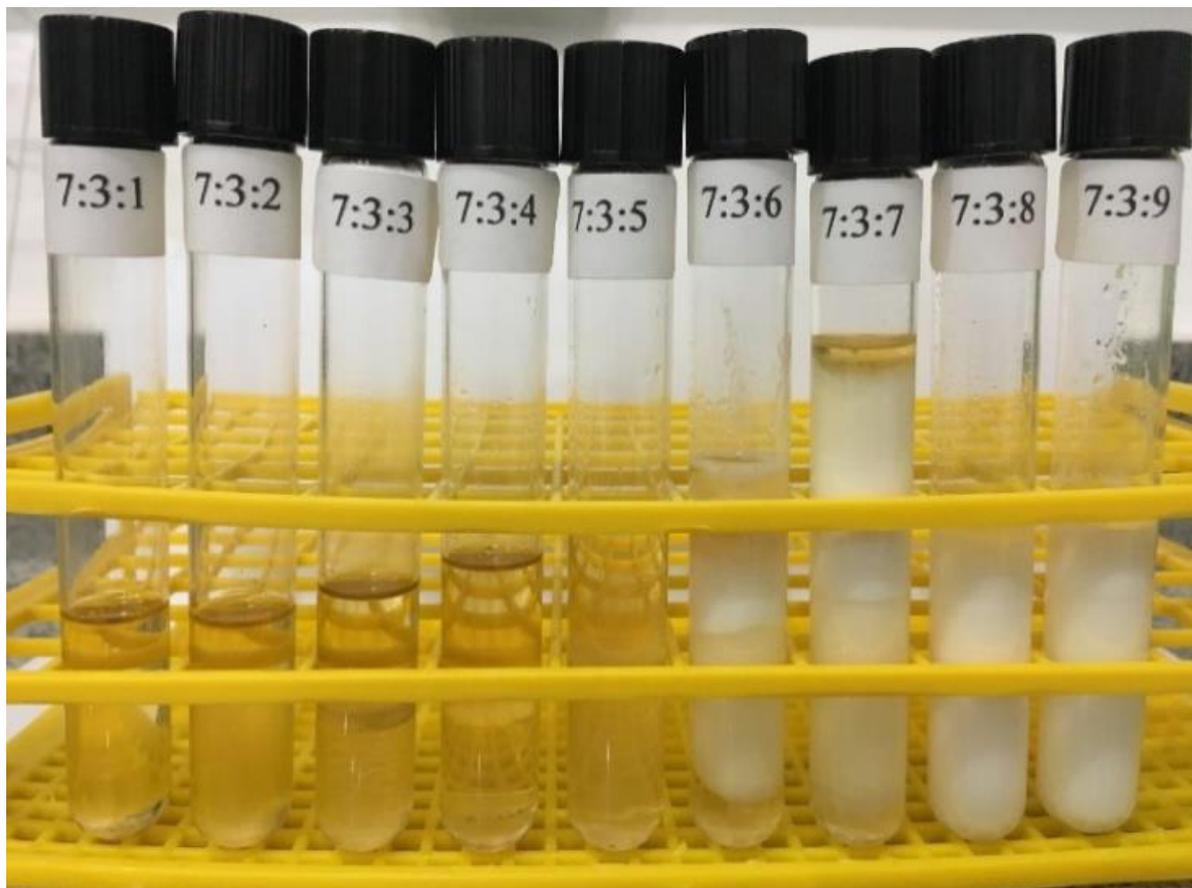
**Figura 4** – Amostras na proporção 04:06:01 a 04:06:09.

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Quadro 5** – Caracterização visual dos tubos de proporção 07:03:01 a 07:03:09.

<b>Proporção</b>	<b>Caracterização</b>
07:03:01	FU: homogêneo transparente límpido
07:03:02	FI: viscoso turvo FS: fluido com poucas bolhas oleosas na parede do tubo
07:03:03	FI: viscoso turvo FS: fluido com bolhas oleosas na parede do tubo próximo a transição de fase
07:03:04	FI: viscosa transparente límpida com turbidez próx a transição de fase FS: fluido levemente amarelado com bolhas oleosas na parede do tubo
07:03:05	FI: viscoso transparente turvo FM: pastoso esbranquiçado com difícil visualização da transição com a fase anterior FS: fluido amarelado límpido com estrias da fase intermediária
07:03:06	FI: fluido transparente com traços da outra fase FS: pastoso esbranquiçado
07:03:07	FI: fluido transparente com traços da outra fase FM: pastoso esbranquiçado FS: fluido amarelado turvo
07:03:08	FI: fluido esbranquiçado turvo FM: leitoso esbranquiçado FS: fluido turvo pouco esbranquiçado
07:03:09	FI: fluido esbranquiçado turvo FM: leitoso esbranquiçado com bolhas oleosas próx a transição de fase FS: fluido turvo pouco esbranquiçado

Fonte: Próprio Autor (2018)

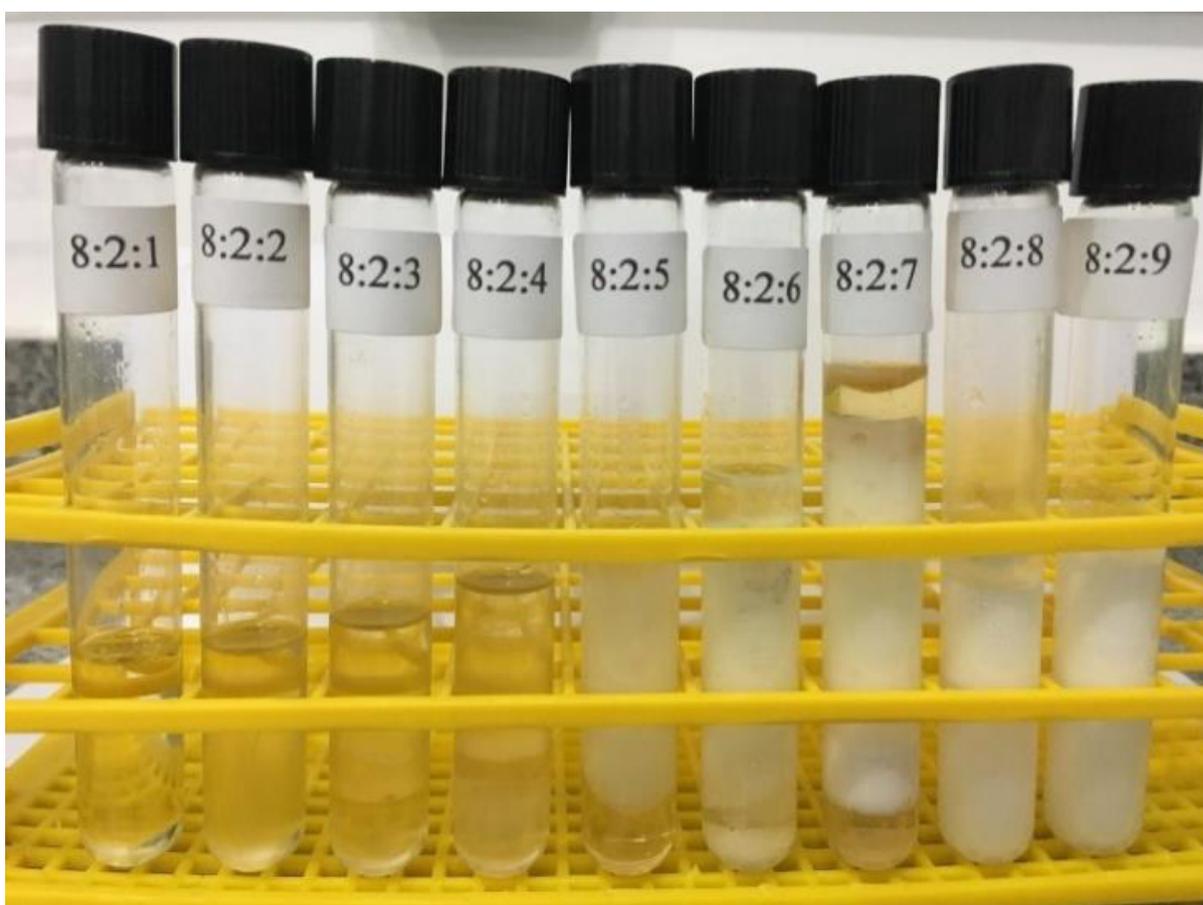
**Figura 5** – Amostras na proporção 07:03:01 a 07:03:09.

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Quadro 6** – Caracterização visual dos tubos de proporção 08:02:01 a 08:02:09.

<b>Proporção</b>	<b>Caracterização</b>
08:02:01	FU: homogênea turva
08:02:02	FU: homogênea turva
08:02:03	FI: turvo viscoso FS: turvo fluido
08:02:04	FI: turvo com muitas bolhas de óleo FS: viscoso fluido com poucas bolhas de óleo
08:02:05	FI: fluido transparente FS: pastoso esbranquiçado
08:02:06	FI: turvo transparente FS: pastoso esbranquiçado com bolhas de óleo
08:02:07	FI: fluido transparente FS: pastoso esbranquiçado com bolhas de óleo
08:02:08	FI: fluido esbranquiçado FM: pastoso esbranquiçado FS: viscoso turvo pouco esbranquiçado
08:02:09	FI: fluido esbranquiçado FS: leitoso esbranquiçado

Fonte: Próprio Autor (2018)

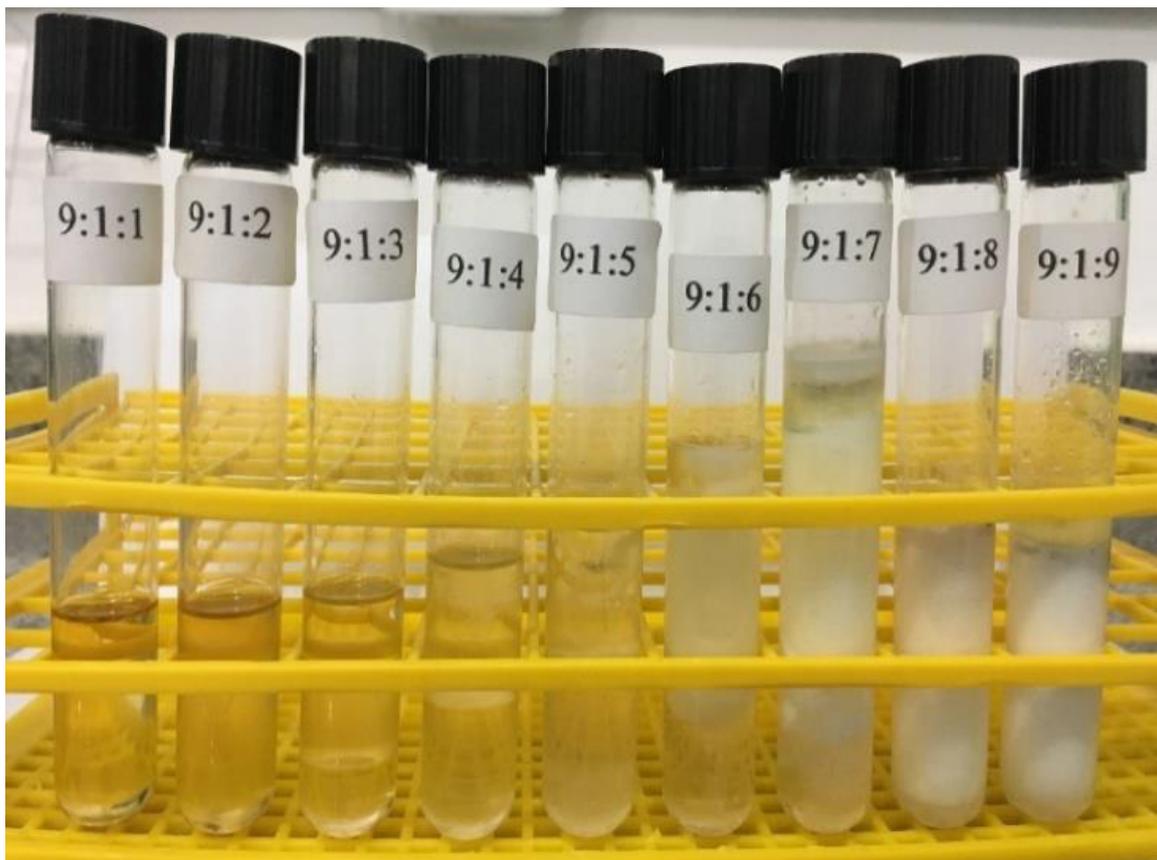
**Figura 6** – Amostras na proporção 08:02:01 a 08:02:09.

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Quadro 7** – Caracterização visual dos tubos de proporção 09:01:01 a 09:01:09.

<b>Proporção</b>	<b>Caracterização</b>
09:01:01	FU: turvo minúsculas bolhas de óleo amarelado forte
09:01:02	FU: turvo amarelado forte
09:01:03	FI: fluido transparente com algumas bolhas FM: turvo pouco esbranquiçado FS: fluido com algumas bolhas
09:01:04	FI: leitoso com turbidez de óleo FS: fluido com turbidez de óleo
09:01:05	FU: turvo com rastros pastosos esbranquiçados, sem identificação de transição de fase
09:01:06	FI: fluido transparente com bolhas de óleo FS: pastoso esbranquiçado com bolhas
09:01:07	FI: fluido transparente com bolhas de óleo FM: pastoso esbranquiçado com bolhas FS: fluido transparente com bolhas de óleo
09:01:08	FI: fluido transparente FS: pastoso esbranquiçado
09:01:09	FI: fluido esbranquiçado FM: leitoso esbranquiçado FS: fluido amarelado

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Figura 7** – Amostras na proporção 09:01:01 a 09:01:09.

Fonte: Próprio Autor (2018)