

# Fundação Educacional do Município de Assis Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis Campus "José Santilli Sobrinho"

#### **ROBSON RODRIGUES**

# EXTRAÇÃO, REFINO E HIDROGENAÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS

**ASSIS** 2014

EXTRAÇÃO, REFINO E HIDROGENAÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS

Assis 2014

Orientador: Prof.ª Dr.ª Mary Leiva de Faria

Área de Concentração: Química Industrial

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação em

Química Industrial.

# FICHA CATÁLOGRAFICA

### RODRIGUES, Robson

Extração, refino e hidrogenação de óleos e gorduras / Robson Rodrigues. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2014. 60 p.

Orientador: Prof.ª Dr.ª Mary Leiva de Faria. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Óleos e gorduras 2. Refinação 3. Hidrogenação

CDD:660 Biblioteca da FEMA

### **ROBSON RODRIGUES**

# EXTRAÇÃO, REFINO E HIDROGENAÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mary Leiva de Faria

Analisador: Prof.<sup>a</sup> Ms. Gilcelene Bruzon

### **DEDICÁTORIA**

A Deus, que nos criou e foi criativo nesta tarefa. Seu fôlego de vida em mim me foi sustento e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

### **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais, Miguel e Vanilda, e familiares pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

À Fema, e a todos os professores do curso de química, pelo apoio em todos esses anos.

À minha orientadora Dra. Mary Leiva de Faria, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos, com quem tive a imensa satisfação de desenvolver o presente trabalho e que sempre esteve pronta a me ajudar.

À minha banca analisadora professora Ms. Gilcelene Bruzon, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à minha namorada Juliana, por estar sempre presente nos momentos necessários e por todo apoio e incentivo.

Agradeço a todos os amigos, que estiveram comigo durante esses anos.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, e nunca deixaram de acreditar. O meu muito obrigado.

"A única relação entre a Química e a Música é que ambas dependem da criatividade de quem as estuda. Podemos dizer, então, que a teoria Química também é uma forma de arte".

### **RESUMO**

Os lipídeos são substâncias orgânicas, insolúveis em água, que desempenham um importante papel de estruturação e função celular. Entre os lipídeos destaca-se o grupo dos óleos e gorduras (OGs), os quais são constituídos predominantemente de moléculas de triacilglicerídeos. Na indústria alimentícia são empregados como ingredientes ou no cozimento de alimentos pelo processo de fritura. Com diversificadas aplicações os OGs também são utilizados como insumos na produção de tintas, sabões, biocombustíveis, cosméticos, saneantes e solventes. O grande emprego dos óleos e gorduras como matérias primas para a indústria alimentícia ou para a produção de combustíveis, tintas, entre outros produtos, faz com que o conhecimento de seus processos de extração e purificação seja de importância estratégica. Além do mais, é possível modular as propriedades físicas e químicas dos óleos e gorduras através da hidrogenação das ligações duplas presentes em suas cadeias, levando à produção de alimentos ou produtos não alimentícios com características diferenciadas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é descrever os principais métodos de extração de óleos e gorduras de fontes vegetais e animais, bem como o processo industrial de hidrogenação dos mesmos. As operações unitárias básicas que estão envolvidas na extração de óleos e gorduras são: prensagem mecânica, extração à solvente ou autoclavagem, sendo que os óleos e gorduras obtidos, normalmente passam por processos posteriores de purificação, para que suas propriedades físico-químicas sejam ajustadas. Para transformar os óleos brutos em óleos comestíveis, estes passam pela refinação, a qual tem como finalidade melhorar a aparência, o sabor e o odor por meio da remoção de impurezas. As principais etapas de refinação do óleo bruto são: degomagem, neutralização, desodorização e clarificação. Para a obtenção de gorduras hidrogenadas a partir de óleos e gorduras, estes são submetidos à reação de hidrogenação, a qual consiste na adição de hidrogênio nas duplas ligações dos grupos acil insaturados. Estas gorduras hidrogenadas, por sua vez, têm sido empregadas na obtenção de diversos alimentos como margarinas, coberturas de chocolate, produtos de panificação, sorvetes, batata "ships", entre outros. Contudo, como esta hidrogenação de óleos e gorduras é parcial, pode ocorrer à reação paralela de isomerização das cadeias insaturadas, levando a gordura trans, as quais comprovadamente são prejudiciais a saúde humana. Este fato levou a indústria alimentícia a substituir a hidrogenação por tecnologias alternativas como, por exemplo, a interesterificação e a cristalização fracionada, pois levam a obtenção de gorduras com maior grau de saturação, sem afetar a saúde.

Palavras - chave: Óleos e gorduras, Refinação e Hidrogenação.

### **ABSTRACT**

Lipids are organic, water-insoluble substances, which play an important role in cell structure and function. Among the lipids highlights the group of oils and fats (OGs), which consist predominantly of molecules of triglycerides. In the food industry are used as ingredients or the cooking of food by the frying process. With diverse applications the OGs are also used as inputs in the production of paints, soaps, biofuels, cosmetics, disinfectants and solventes. The large use of oils and fats as raw materials for the food industry or for the production of fuels, paints, and other products, makes the knowledge of the processes of extraction and purification is of strategic importance. In addition, it is possible to modulate the physical and chemical properties of oils and fats by hydrogenation of double bonds present in their chains, leading to the production of food or non-food products with differentiated features. In this context, the aim of this paper is to describe the main methods of extracting oils and fats from vegetable and animal sources, as well as the industrial process of hydrogenation of these. The basic unit operations that are involved in the extraction of oils and fats are: mechanical pressing, solvent to extraction or autoclaving, and oils and fats obtained, usually undergo subsequent purification processes, so that their physicochemical properties are adjusted. To trans form crude oils in edible oils, they pass through the refining, which is intended to improve the appearance, odor and flavor by removing impurities. The main stages of refining crude oil are: degumming, neutralization, deodorization and clarification. To obtain hydrogenated fats from oils and fats, these are subjected to hydrogenation reaction, which comprises adding hydrogen in the double bonds of unsaturated acyl groups. These hydrogenated fats, in turn, have been used to obtain various foods such as margarine, chocolate coatings, bakery products, ice cream, potato "ships", etc. However, since this hydrogenation of oils and fats is biased, parallel isomerization reaction of the unsaturated chains may occur, leading to trans fats, which are proven harmful to human health. This fact led the food industry to replace the hydrogenation alternative technologies such as, for example, interesterification and fractional crystallization, therefore lead to obtaining fats with a higher degree of saturation. without affecting health.

**Keywords**: Oils and fats, Refining and Hydrogenation.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Principais ácidos graxos presentes em óleos e gorduras: (i) saturados (a, palmítico com 16 carbonos; b, esteárico com 18 carbonos); (ii) insaturados com 18 carbonos (c, oleico com uma ligação dupla; d, linoleico com duas ligações duplas; e, linolênico com 3 ligações duplas)	17
Figura 2	<ul> <li>Ácidos graxos não usuais: (a) α- eleosteárico; (b) malválico; (c) vernólico; (d) ricinoleico; e (e) licânico</li> </ul>	18
Figura 3	<ul> <li>Alguns ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras: (a) Triacilglicerídeo; (b) diacilglicerídeo; (c) monoacilglicerídeo; (d) lecitina</li> </ul>	19
Figura 4	- Compostos não lipídicos presentes em óleos e gorduras: (a)	
	formação de um glicosídeo (isoquecertina) pela condensação	
	da glicose com daidzeína; (b) α-clorofila	20
Figura 5	- Pontos de fusão dos ácidos graxos: (a) esteárico; (b) elaídico;	
	(c) oléico; e (d) linoleico	22
Figura 6	- Extração de óleo de sementes ou frutos por prensagem em prensa contínua (a) e filtragem do óleo obtido em filtro-prensa (b)	24
Figura 7	- Exemplo de hidrólise do triacilglicerídeo, formando uma	
	molécula de diacilglicerídeo e uma molécula de ácido carboxílico	25
Figura 8	- Esquema de um sistema de extração a solvente de óleo: (1) extrator; (2) torrefador de farelo; (3) evaporador contínuo; e (4) condensador de solvente	27
Figura 9	- Degomagem do óleo bruto com água	29
Figura 10	- Fluxograma da degomagem com água	30
Figura 11	- Neutralização do óleo degomado	31
	•	
Figura 12	- Branqueamento do óleo neutro seco	33

Figura 13	- Processo de extração de gordura animal	34
Figura 14	- Processo de purificação de gordura animal	35
Figura 15	- Hidrogenação de uma ligação C=C assistida por um catalisador, normalmente um composto de metal de transição	36
Figura 16	- Mecanismo de hidrogenação de alcenos. A reação ocorre com estereoquímica sin sobre a superfície das partículas do catalisador	37
Figura 17	- Processo de hidrogenação de óleos refinados utilizando catalisadores de níquel	39
Figura 18	- Fluxograma simplificado da produção de margarina vegetal	41
Figura 19	- Mecanismo de formação do isômero trans	43
Figura 20	- Esquema do processo de cristalização fracionada (winterização): (a) trocador de calor; (b) bomba; (c) centrífuga; e (d) filtro prensa	46
Figura 21	- Processo de interesterificação	47
Figura 22	- Interesterificação de hidróxido de sódio e glicerol em um processo de dois estágios	48
Figura 23	- Mecanismo de reação do processo de interesterificação	49
Figura 24	- Figura genérica de um óleo ou gordura na qual R1, R2, R3 são longos grupos formados por carbono e hidrogênio	51
Figura 25	- Reação de obtenção de um triacilglicerídeo, ou seja, um triéster de ácidos graxos e glicerol	52
Figura 26	- Reação genérica que descreve o processo de saponificação	52
Figura 27	- Estrutura química de sabões e detergentes catiônicos e não iônicos	53
Figura 28	- Esquema do mecanismo de limpeza usando sabão	54

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	COMPOSTOS QUÍMICOS PRESENTES NOS ÓLEOS E	
	GORDURAS	16
2.1.	ÁCIDOS GRAXOS	16
2.2.	DERIVADOS DOS ÁCIDOS GRAXOS (ACILGLICERÍDEOS)	18
3.	PROCESSOS DE EXTRAÇÃO E REFINO DE ÓLEOS E	
	GORDURAS VEGETAIS	23
3.1.	OBTENÇÃO DE ÓLEOS POR PRENSAGEM MECÂNICA	23
3.2.	OBTENÇÃO DE ÓLEOS POR EXTRAÇÃO À SOLVENTE	25
3.3.	PROCESSO DE REFINAÇÃO DO ÓLEO BRUTO	28
3.3.1	Degomagem	29
3.3.2	Neutralização	30
3.3.3	Desodorização	31
3.3.4	Clarificação ou branqueamento	32
4.	EXTRAÇÃO E REFINO DE ÓLEOS E GORDURAS	
	ANIMAIS	34
5.	REAÇÃO DE HIDROGENAÇÃO	36
6.	PROCESSO DE HIDROGENAÇÃO DE ÓLEOS E	
	GORDURAS	38
6.1.	EMPREGO DE GORDURAS VEGETAIS HIDROGENADAS: FABRICAÇÃO DE MARGARINA	40
6.2.	CODDIDA TRANS	42

6.3.	PROCESSOS ALTERNATIVOS AO PROCESSO DE	
	HIDROGENAÇÃO	44
6.3.1	Cristalização	45
6.3.2	Interesterificação	46
7.	ÓLEOS E GORDURAS: UM TEMA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA	50
8.	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	57

# 1. INTRODUÇÃO

Os lipídeos são substâncias orgânicas, insolúveis em água, que desempenham um importante papel de estruturação e função celular (LEHNINGER, 1989). São biomoléculas oleosas ou gordurosas, que junto com proteínas, ácidos nucléicos e carboidratos são considerados parte essencial da estrutura biológica dos organismos vivos. A maioria dos lipídeos possui como unidade fundamental os ácidos graxos e seus derivados, que confere aos lipídeos a característica hidrofóbica, oleosa e gordurosa (LEHNINGER, 1989; LISBOA, 2010).

Entre os lipídeos destaca-se o grupo dos óleos e gorduras (OGs) que são substâncias orgânicas de grande importância para a humanidade. Macronutriente essencial para dieta humana os OGs são amplamente utilizados em nosso cotidiano, seja colocando azeite na salada ou comendo um pedaço picanha. Na indústria alimentícia são empregados como ingredientes ou no cozimento de alimentos pelo processo de fritura. Com diversificadas aplicações os OGs também são utilizados como insumos na produção de tintas, sabões, biocombustíveis, cosméticos, saneantes e solventes (MARTINS; MELLO; SUAREZ, 2013; RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Os OGs são constituídos predominantemente de moléculas de triacilglicerídeos (usualmente chamados de triglicerídeos), as quais são formadas pela condensação de três ácidos graxos de cadeia longa ligados na forma de ésteres e uma molécula de glicerol. Esses ácidos graxos variam no tamanho da cadeia, no número e posição das ligações duplas (GERIS et al., 2007; RINALDI et al., 2007). Outras substâncias também estão presentes em menores proporções nos OGs, como os ácidos graxos livres, que normalmente decorrem da hidrólise dos triglicerídeos, glicolipídeos, esteróis, tocoferóis, fosfolipídeos, carotenóides e vitaminas (MARTINS; MELLO; SUAREZ, 2013).

Os ácidos graxos representam grande parte da composição química dos OGs, seja na forma livre ou esterificada com glicerol. Devido a este fato, os ácidos graxos são os principais responsáveis pelas propriedades físicas como viscosidade, densidade e temperatura de fusão bem específicas, bem como a reatividade dessa classe de substâncias (LEHNINGER, 1989; MARTINS; MELLO; SUAREZ, 2013).

É antigo o emprego de OGs para fins não alimentares. Estas substâncias são utilizadas desde a civilização egípcia até o século XIX, como combustível em lamparinas ou como lubrificantes para engrenagens mecânicas e pelos primeiros grupamentos humanos na produção de sabão e tintas. Os primeiros relatos da utilização de tintas indicam que estas estavam associadas a pinturas denominadas rupestres, as quais eram realizadas em paredes rochosas por sociedades nômades primitivas, cujos registros datam mais de 30.000 anos (MELLO; SUAREZ 2012; RAMALHO; SUAREZ, 2013).

O emprego não comestível de OGs sofreu forte concorrência dos derivados do petróleo durante o século XX, mostrando-se competitivo um grupo restrito de produtos industriais como as tintas alquídicas e os sabões. Entretanto, a preocupação ambiental em decorrência dos impactos ocasionados pelo uso dos derivados de petróleo, associado ao declínio das reservas desta fonte de energia não renovável, induziu a um aumento no seu preço, o que ocasionou o retorno dos OGs novamente como matérias primas para a indústria no final do século XX. (RAMALHO; SUAREZ, 2013). O biodiesel, obtido através da transesterificação de OGs, surgiu a partir de então, em substituição ao óleo diesel, diminuindo a dependência das importações do petróleo e reduzindo a poluição ambiental (GERIS, et al. 2007).

O grande emprego dos óleos e gorduras como matérias primas para a indústria alimentícia ou para a produção de combustíveis, tintas, entre outros produtos, faz com que o conhecimento de seus processos de extração e purificação seja de importância estratégica. Além do mais, é possível modular as propriedades físicas e químicas dos óleos e gorduras através da hidrogenação das ligações duplas presentes em suas cadeias, levando à produção de alimentos ou produtos não alimentícios com características diferenciadas (PINHO; SUAREZ, 2013). Neste contexto, o objetivo deste trabalho é descrever os principais métodos de extração de óleos e gorduras de fontes vegetais e animais, bem como o processo industrial de hidrogenação dos mesmos.

# 2. COMPOSTOS QUÍMICOS PRESENTES NOS ÓLEOS E GORDURAS

### 2.1 ÁCIDOS GRAXOS

Segundo Ramalho e Suarez (2013), "são denominados ácidos graxos os ácidos carboxílicos com cadeia carbônica longa". Os ácidos graxos são os principais componentes dos lipídeos, ou seja, estão presentes na estrutura química de óleos e gorduras, formando um vasto grupo de compostos quimicamente diversificados, solúveis em solventes orgânicos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A maioria dos ácidos graxos naturais apresenta cadeia longa não-ramificada, sintetizados a partir de unidades de dois carbonos, dispondo assim de um número par de átomos de carbono, que pode perfazer o total de 12 ou mais átomos de carbono (SOLOMONS; FRYHLE, 2002; RAMALHO; SUAREZ, 2013). Ácidos graxos que possuem número ímpar de carbono e cadeias ramificadas podem ser encontrados em microrganismos e na gordura do leite, sendo estes ácidos exceções (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A cadeia longa formada apenas por átomos de carbono e hidrogênio (cadeia hidrofóbica) confere aos ácidos graxos sua baixa solubilidade em água (LISBOA, 2010). O número de carbonos da cadeia e o número de insaturações fazem com que os ácidos graxos se diferenciem entre si. Os ácidos graxos podem ser classificados em saturados, insaturados (uma instauração na cadeia carbônica) e poli-insaturados (duas ou mais insaturações na cadeia carbônica). As ligações duplas se apresentam usualmente na geometria *cis* e quando os mesmos são poli-insaturados, apresentam hibridação *sp*<sup>3</sup> entre as ligações duplas (RAMALHO; SUAREZ, 2013; LISBOA, 2010).

Os principais ácidos graxos saturados e insaturados que estão presentes na natureza estão representados na figura 1. Estas moléculas podem ser encontradas na maior parte dos óleos e gorduras existentes.

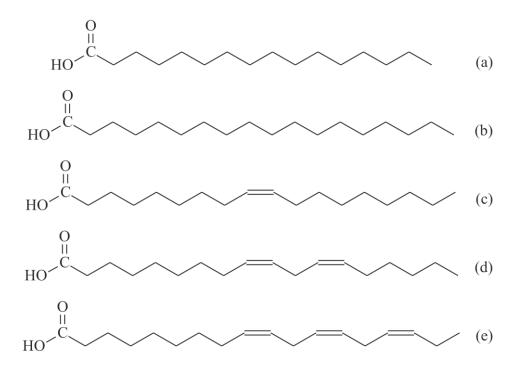


Figura 1 – Principais ácidos graxos presentes em óleos e gorduras: (i) saturados (a, palmítico com 16 carbonos; b, esteárico com 18 carbonos); (ii) insaturados com 18 carbonos (c, oleico com uma ligação dupla; d, linoleico com duas ligações duplas; e, linolênico com 3 ligações duplas) (In: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 5)

Existem alguns ácidos graxos que são menos comuns (figura 2), e que diferem dos ácidos graxos encontrados na natureza, por apresentarem diferenças estruturais significativas. Como exemplo pode ser citado o ácido graxo - ácido α- eleosteárico, principal constituinte do óleo de tungue (*Aleurites fordii*), substância muito procurada pela indústria de tintas e vernizes. A peculiaridade deste ácido está na sua formação estrutural que apresenta uma ligação dupla conjugada com isomeria *cis* e outras duas ligações duplas conjugadas com isomeria *trans* perfazendo um total de três ligações duplas conjugadas (RAMALHO; SUAREZ, 2013). Outro exemplo é o ácido malválico, encontrado em óleos produzidos por árvores como o chichá (*Sterculia striata*), que possui um anel ciclopropeno em sua cadeia.

Existem muitos ácidos graxos que não são usuais por possuem em sua cadeia carbônica heteroátomos, como o ricinoléico, principal constituinte do óleo de mamona (*Ricinus communis*), que possui uma hidroxila, o licânico (presente na oiticica) que tem uma carbonila em sua estrutura, e o vernólico que é encontrado em

árvores da família Caesalpinioideae e possui como heteroátomo um anel oxirano. Estes ácidos graxos menos comuns apresentam rotas bioquímicas que em muitas vezes diferem das rotas bioquímicas dos ácidos graxos comuns (figura 2) (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Figura 2 – Ácidos graxos não usuais: (a) α- eleosteárico; (b) malválico; (c) vernólico; (d) ricinoleico; e (e) licânico (ln: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 5)

# 2.2 DERIVADOS DOS ÁCIDOS GRAXOS (ACILGLICERÍDEOS)

Quase 100% dos ácidos graxos encontrados em plantas e animais são esterificados com o glicerol, isto ocorre devido à citotoxicidade dos ácidos graxos livres e a sua capacidade de romper a organização da membrana celular. A esterificação dos ácidos graxos com o glicerol diminui a atividade e a toxicidade destes ácidos. Os ácidos graxos podem ser encontrados livres em tecidos vivos, mas isso não é comum, sendo preferencialmente encontrados na forma combinada (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Na forma combinada, os derivados dos ácidos graxos, ou seja, os acilglicerídeos existem como mono-, di- e triésteres e são conhecidos como monoacilglicerídeos, diacilglicerídeos e triacilglicerídeos, sendo estes os principais compostos dos óleos e gorduras. Os OGs apresentam também outra forma importante de ácidos graxos combinados, que são os fosfatídeos. Nestes derivados dos triacilglicerídeos, pelo menos um ácido graxo é substituído pelo ácido fosfórico ou um derivado. Na figura 3 estão ilustrados alguns exemplos de ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras (RAMALHO; SUAREZ, 2013). Das três formas de acilglicerídeos, as formas mais comuns encontradas em alimentos, são os triacilglicerídeos, ainda que o monoésteres e os diésteres sejam utilizados como aditivos alimentares, em alguns casos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Figura 3 – Alguns ésteres derivados da glicerina presentes em óleos e gorduras: (a) Triacilglicerídeo; (b) diacilglicerídeo; (c) monoacilglicerídeo; (d) lecitina (ln: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 6)

Uma fonte oleaginosa pode conter mais de 10 ácidos graxos diferentes, sendo que estes se encontram randomicamente ligados à glicerina. Isto significa que uma quantidade muito grande de derivados de ácidos graxos está presente nos óleos e gorduras (OGs), sendo comum expressar a composição química dos mesmos em função dos ácidos graxos presentes e não dos compostos que efetivamente

compõem a mistura. Outras substâncias, além dos compostos derivados de ácidos graxos, podem ser encontradas na mistura de OGs. Estas impurezas podem conter outros lipídeos como esteróis, carotenóides e ceras, bem como substâncias não lipídicas, como glicosídeos e isoflavonas, sendo as últimas produto da condensação de açúcares, conforme ilustrado na figura 4a. Outra substância não lipídica que pode ser encontrada é a clorofila (figura 4b). É importante destacar que os acilglicerídeos não têm cor, odor ou sabor. Estas propriedades são características da fonte oleaginosa, visto que são conferidas pelas impurezas presentes na mistura. (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Figura 4 – Compostos não lipídicos presentes em óleos e gorduras: (a) formação de um glicosídeo (isoquecertina) pela condensação da glicose com daidzeína; (b) α-clorofila (In: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 7)

Conforme mencionado anteriormente os ácidos graxos são os principais responsáveis pelas propriedades físicas como viscosidade, densidade e temperatura de fusão bem específicas, bem como a reatividade dessa classe de substâncias

(MARTINS; MELLO; SUAREZ, 2013). A influência da cadeia carbônica do ácido graxo no ponto de fusão dos óleos e gorduras é um bom exemplo. Os triacilglicerídeos poli-insaturados são normalmente líquidos a temperatura de 25°C. Essa característica físico-química é explicada pela dificuldade de "empacotamento" entre as cadeias carbônicas, reduzindo a interação intermolecular entre elas, diminuindo assim o ponto de fusão dos ácidos graxos com instauração e de seus derivados. Isto porque os ácidos graxos insaturados apresentam-se como isômero cis. Nesta configuração, os carbonos da cadeia alifática estão do mesmo lado da ligação dupla, impondo curva rígida à cadeia carbônica o que interfere em sua organização cristalina, causando redução na atração de van der Waals existente entre as moléculas e deixando o ponto de fusão destes ácidos mais baixos (SOLOMONS; FRYHLE, 2002; RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Já os ácidos graxos saturados são normalmente sólidos ou pastosos a 25°C. Isto porque os ácidos graxos saturados adotam conformações variadas que podem ser totalmente estendidas, fazendo com que as repulsões estéricas entre os grupos metilenos vizinhos sejam minimizadas. Estes ácidos se organizam em cristais e possuem pontos de fusão relativamente elevados, que aumentam com o aumento do peso molecular da cadeia carbônica. O ponto de fusão elevado é consequência das atrações de van der Waals que são fortes (SOLOMONS; FRYHLE, 2002). Entretanto, nos ácidos graxos insaturado com isomeria trans, verifica-se que as interações nessa cadeia são tão fortes quanto às interações das cadeias saturadas, uma vez que as interações entre as cadeias não são comprometidas. Na figura 5 é apresentada uma comparação entre as estruturas de alguns ácidos graxos e seus respectivos pontos de fusão. Essas interações também são responsáveis pelas outras propriedades físico-químicas dos óleos e gorduras. Por exemplo, óleos e gorduras mais saturados, possuem grande atração entre as cadeias, sendo assim a resistência destes aos escoarem (viscosidade), será alta. Quanto mais saturado os óleos e gorduras mais viscosos e quanto mais insaturados menos viscosos (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Figura 5 – Pontos de fusão dos ácidos graxos: (a) esteárico; (b) elaídico; (c) oléico; e (d) linoleico (In: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 8)

Os triacilglicerídeos exibem grande variabilidade reacional, podendo ser aproveitado no preparo de vários materiais com aplicação comercial, sua transformação na maioria dos processos químicos ocorre na presença de catalisadores (SUAREZ et al., 2007).

De acordo com Ramalho e Suarez (2013):

Existe uma ideia errônea disseminada na sociedade de que óleos são provenientes de vegetais, e gorduras são oriundas de fontes animais. De acordo com a resolução ANVISA-RDC 270 de 2005, a classificação de lipídeos graxos em óleos e gorduras não depende da natureza da fonte oleaginosa, mas apenas do ponto de fusão da mistura na temperatura de 25 °C. Segundo essa resolução, em 25 °C os óleos são líquidos e as gorduras são sólidos ou pastosos. Por exemplo, grande parte dos peixes produzem óleos, como óleo de fígado de bacalhau, e muitos vegetais produzem gorduras, como as gorduras dendê e de pequi.

# 3. PROCESSOS DE EXTRAÇÃO E REFINO DE ÓLEOS E GORDURAS VEGETAIS

De acordo com Shreve e Brink (1977), a remoção e transformação de óleos e gorduras de forma a torná-los apropriados ao consumo humano, ocorrem desde eras remotas. Os OGs de origem animal eram consumidos inicialmente como alimento; logo após descobriu-se que a combustão dos óleos produzia luz e calor. Os OGs de origem vegetal eram removidos de diversas sementes depois de secas ao sol, sendo que sua utilização era restrita as regiões tropicais do globo terrestre. A partir do século XV iniciou-se a utilização dos óleos do mar com a indústria baleeira, que foi originada pelos bascos, no golfo de Biscaia.

Nem todos os seres vivos acumulam óleos e gorduras, entretanto existem diversas espécies vegetais e animais que possuem a capacidade de armazenar óleos e gorduras em seus tecidos, tais como polpas de frutos, sementes, peles e ossos. As algas e fungos, espécies microbianas, possuem organelas especializadas na armazenagem de óleos e gorduras. Como consequência desta diversidade de tecidos que podem armazenar as substâncias graxas, existem diversos processos de extração de óleos e gorduras, os quais dependem das características da fonte oleaginosa. As operações unitárias básicas que estão envolvidas na extração de óleos e gorduras são: prensagem mecânica, extração à solvente ou autoclavagem, sendo que os óleos e gorduras obtidos, normalmente passam por processos posteriores de purificação, para que suas propriedades físico-químicas sejam ajustadas (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

# 3.1 OBTENÇÃO DE ÓLEOS POR PRENSAGEM MECÂNICA

De acordo com Carvalho (2011), a extração mecânica é o processo de separação de líquidos e sólidos através da aplicação de forças de compressão, sendo este processo normalmente utilizado nas indústrias de alimentos e bebidas. Comumente

é necessária a aplicação de pré-tratamentos de despolpamento, redução de tamanho e aquecimento dos vegetais a fim de aumentar o rendimento da operação. O intento principal deste processo é a máxima separação de óleo, com geração mínima de matéria graxa no resíduo e perdas mínimas na etapa de purificação.

A extração mecânica é realizada em prensas denominadas contínuas, sendo que os grão ou frutos entram por parafusos tipo roscas sem fim que os comprimem e os movimentam para frente. Na saída do equipamento, existe um cone que pode ser regulado de forma a aumentar ou diminuir sua abertura para expulsão do óleo, sendo este procedimento o que determina a pressão no interior da prensa (MANDARINO; ROESSING 2001; PEREIRA, 2009; RAMALHO; SUAREZ, 2013). No final deste processo são obtidos dois subprodutos a torta, que constitui a parte sólida resultante do processo de prensagem, e o óleo ou gordura bruto, que podem conter partículas sólidas decorrentes da prensagem. Posteriormente, o óleo ou gordura bruto, passa pelo processo de filtragem em um equipamento denominado filtroprensa. Logo após, a torta é enviada para o processo de extração com solvente, enquanto o óleo ou gordura extraído e filtrado segue para as etapas de purificação (RAMALHO; SUAREZ, 2013). A torta é enviada para o processo de extração por solvente porque a extração mecânica deixa residual de óleo na torta, sendo necessária então, a execução do chamado "processo misto" (PEREIRA 2009; MANDARINO; ROESSING, 2001). A figura 6 mostra uma prensa contínua e um filtro prensa.



Figura 6 – Extração de óleo de sementes ou frutos por prensagem em prensa contínua (a) e filtragem do óleo obtido em filtro-prensa (b) (In: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 10)

A designação de óleos virgens ou extravirgens é dada a óleos, como os de oliva, que, após o processo de prensagem mecânica, passam apenas pelo processo de filtragem para a remoção de partículas sólidas. Estes óleos estão prontos para consumo logo após a prensagem, sem a necessidade de etapas posteriores de purificação. A diferença entre o óleo virgem e extravirgem está na temperatura na qual é realizada a prensagem. A classificação extravirgem é dada ao óleo resultante de uma primeira prensagem a frio, em temperatura ambiente. Já o óleo virgem é oriundo da mesma torta, porém em uma prensagem posterior realizada a quente, em temperatura próxima a 70°C. O aumento da temperatura na obtenção do óleo virgem influencia na qualidade do produto, considerando que quando o óleo é submetido a temperaturas mais altas ocorrem reações de hidrólise e degradação térmica dos triacilglicerídeos (figura 7), aumentando a acidez do produto final (CARVALHO, 2011; RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Figura 7 – Exemplo de hidrólise do triacilglicerídeo, formando uma molécula de diacilglicerídeo e uma molécula de ácido carboxílico (In: MARTINS; MELLO; SUAREZ, 2013, p. 19)

### 3.2 OBTENÇÃO DE ÓLEOS POR EXTRAÇÃO À SOLVENTE

Após a prensagem mecânica, anteriormente descrita, a torta resultante sofrerá o processo de extração por solvente, em que o óleo é extraído com solvente químico orgânico, o qual dissolve o óleo residual da torta deixando-o praticamente sem óleo (MANDARINO; ROESSING, 2001).

No caso da soja e do algodão, que apresentam pouco conteúdo de óleo, têm menos de 20% do peso dos grãos de material graxo, não é empregada a prensagem mecânica e os grãos após serem torrados e moídos sofrem diretamente a extração por solvente (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Neste processo, o material a ser submetido à extração é previamente triturado ou laminado para facilitar a penetração do solvente e a retirada do óleo, uma vez que, o óleo contido ao redor das partículas laminadas ou trituradas é recuperado através do processo de dissolução e a camada de óleo que está no interior das células intactas é removida por difusão (MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013; CARVALHO, 2011).

Atualmente o solvente mais utilizado é o hexano, por satisfazer uma série de exigências apropriadas para a operação, sendo elas: dissolver com facilidade o óleo, não agindo sobre outros componentes dos grãos; possuir composição homogênea e estreita faixa de temperatura de ebulição, em torno de 70°C, que diminui a decomposição do óleo; ser imiscível em água, não formando azeótropos; e ter baixo calor latente de ebulição. Entretanto, este solvente apresenta algumas desvantagens, como a alta inflamabilidade e o alto custo (MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013; PEREIRA, 2009).

O óleo é solubilizado no solvente através de dois mecanismos: a dissolução por simples contato entre as células vegetais desfeitas durante a prensagem ou moagem, ou por meio de difusão, em que o óleo atravessa lentamente as paredes semipermeáveis das células intactas para o meio líquido. A dissolução é um processo rápido e fácil. Já o processo de difusão é mais demorado e dependente da mistura óleo e solvente através da parede celular semipermeável (CARVALHO, 2011; RAMALHO; SUAREZ, 2013). Observa-se então, que durante a extração dos grãos laminados ou triturados, a velocidade do desengordurramento é, no começo muito rápido, diminuindo com o decorrer do processo (MANDARINO; ROESSING, 2001; CARVALHO 2011).

A figura 8 mostra uma planta industrial moderna de extração por solvente que opera em regime continuo.

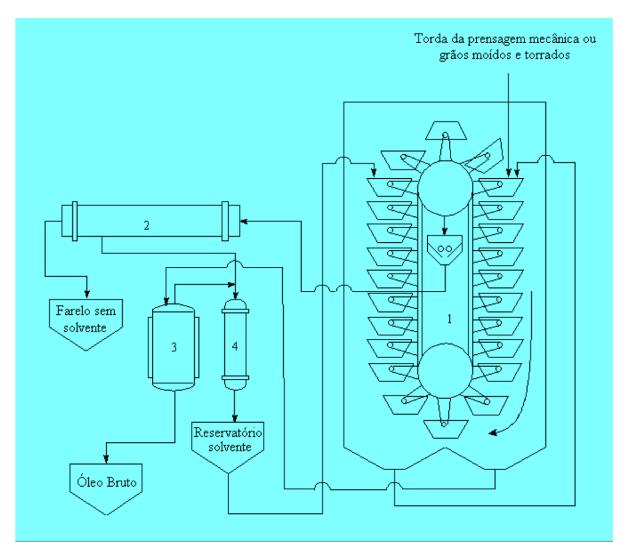


Figura 8 – Esquema de um sistema de extração a solvente de óleo: (1) extrator; (2) torrefador de farelo; (3) evaporador contínuo; e (4) condensador de solvente (In: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 12)

O extrator 1 é o principal equipamento do fluxograma, que é formado por uma correia vertical com cestos que possuem o fundo perfurado girando em sentido horário. O material sólido é adicionado na parte superior da correia do lado direito do extrator em conjunto com uma solução não saturada proveniente do lado esquerdo do equipamento. Essa solução desce por gravidade, passando pelos cestos e sendo recolhida já saturada na parte inferior do extrato. A solução saturada do óleo no solvente é chamada de micela. No entanto, os cestos acompanham o movimento da correia, sentido horário, descendo até a base do extrator e subindo do lado esquerdo do mesmo. Após a chegada dos cestos na parte superior do lado esquerdo do

extrator, eles recebem uma carga de solvente puro, que desce por gravidade em contracorrente e é recolhido parcialmente saturado na base, sendo levado até a parte superior do lado direito do extrator. O farelo é descarregado na parte superior da correia, por um sistema de trava do cesto. A micela que sai do extrator é levada a evaporadores contínuos (equipamento 3 da figura 8), onde se separa o óleo bruto do solvente, que retorna ao processo. Do mesmo modo, o farelo passa pelo evaporador para retirada do solvente (equipamento 2 da figura 8) que retorna ao processo (RAMALHO; SUAREZ, 2013; MANDARINO; ROESSING, 2001).

O óleo resultante do processo de extração por solvente é chamado de óleo bruto. Para ser consumido, o óleo bruto, necessita de etapas posteriores de refino (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

### 3.3 PROCESSO DE REFINAÇÃO DO ÓLEO BRUTO

Segundo Mandarino e Roessing (2001, p. 20), "a refinação pode ser definida como um conjunto de processos que visam transformar os óleos brutos em óleos comestíveis". O processo de refinação tem como finalidade melhorar a aparência, o sabor e o odor por meio da remoção de impurezas como substâncias coloidais, proteínas, fosfolipídeos, ácidos graxos livres, substância coloridas como clorofila, carotenóides, substâncias inorgânicas como sais de cálcio, silicatos, bem como remoção de umidade. O tocoferol, por exemplo, presente no óleo de soja confere odor e gosto extremamente desagradáveis, sendo necessário passar por um refino para torná-lo adequado à alimentação humana (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

As principais etapas de refinação do óleo bruto são: degomagem, neutralização, desodorização e clarificação (RAMALHO; SUAREZ, 2013; MANDARINO; ROESSING, 2001).

#### 3.3.1 Degomagem

A degomagem, primeira etapa do processo de refino, tem como objetivo de remover do óleo bruto, fosfatídeos dentre eles a lecitina, que apresenta valor comercial, proteínas e outras substâncias coloidais. A degomagem reduz a quantidade de álcali necessária na etapa subsequente de neutralização. A adição de água possibilita a remoção de fosfolipídeos e substâncias coloidais, chamadas "gomas", porque estas substâncias na presença de água são facilmente hidratáveis, tornando-as insolúveis no óleo. Entretanto, apenas gomas hidratáveis podem ser removidas com este método. Já os fosfatídeos não hidratáveis são removidos com borra durante o processo de neutralização (MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013; CARVALHO, 2011).

Na degomagem, adiciona-se 1% a 3% de água ao óleo bruto, o qual sofre um leve aquecimento (aproximadamente 70°C), sob agitação constante durante 20 a 30 minutos. O material coloidal hidratado (GOMAS) é removido do óleo por centrifugação, obtendo-se assim o óleo degomado (figura 9).

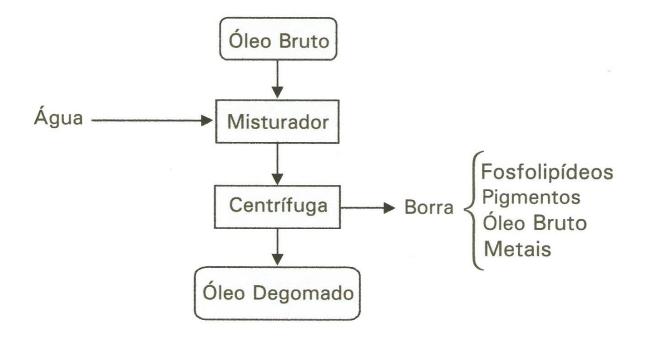


Figura 9 – Degomagem do óleo bruto com água (In: MANDARINO; ROESSING, 2001, p. 22)

A degomagem com água, geralmente remove 7% a 80% dos fosfatídeos presente no óleo bruto (MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013, CARVALHO 2011). A figura 10 mostra o fluxograma da degomagem com água.

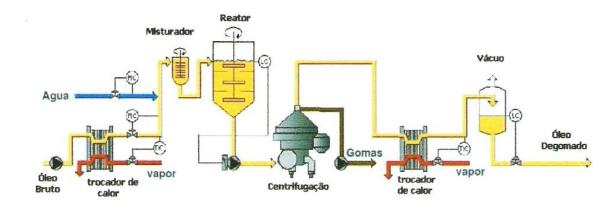
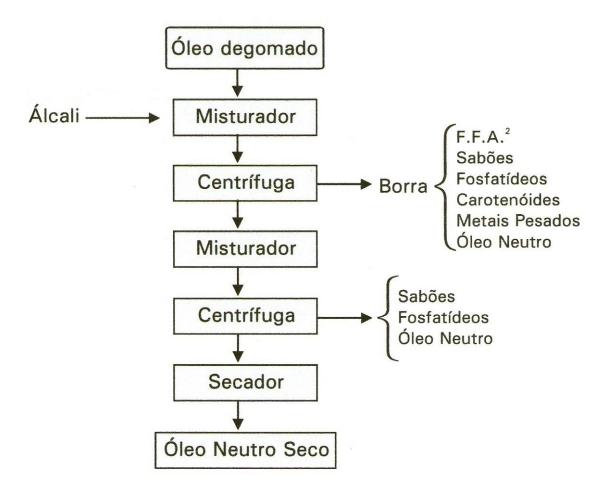


Figura 10 – Fluxograma da degomagem com água (In: BRAGANTE, 2009, p. 5)

### 3.3.2 Neutralização

O óleo degomado é encaminhado para a etapa de neutralização, onde é adicionada ao óleo uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) com concentração de 5% (p/v). A adição desta solução elimina do óleo degomado os ácidos graxos livres, pois a solução alcalina reage com estes ácidos para formar sabões. É eliminada também nesta etapa, "impurezas" como proteínas, ácidos graxos oxidados e produtos resultantes da decomposição de glicerídeos. Como a neutralização ocorre na interface do óleo e da solução alcalina, cujas fases são imiscíveis, é necessário uma dispersão da solução alcalina no óleo. Posteriormente, a mistura passa pela centrifugação, para separar os sabões formados (borra) do óleo. Após a neutralização o óleo sofre uma ou duas lavagens com 10 a 20% de água aquecida à temperatura de 80°C a 90°C, sendo submetido a nova centrifugação para emoção de sabão residual. O óleo obtido após secagem é chamado óleo neutralizado. Na figura 11 é apresentado o esquema resumido do processo de neutralização. (MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013).



<sup>2</sup>F.F.A.: ácidos graxos livres (free fat acids)

Figura 11 – Neutralização do óleo degomado (In: MANDARINO; ROESSING, 2001, p. 26)

### 3.3.3 Desodorização

Na desodorização são removidas substâncias que causam mau cheiro ao óleo bruto, como aldeídos, cetonas, ácidos graxos oxidados e carotenóides, principalmente o tocoferol (vitamina E). Nesta etapa, conhecida como arraste a vapor, o óleo passa em contracorrente com vapor de água, o qual retira as substâncias que conferem odor ao óleo, através do contato deste vapor com o óleo (RAMALHO; SUAREZ, 2013; CARVALHO 2011).

### 3.3.4 Clarificação ou branqueamento

Os processos anteriores de degomagem e neutralização apresentam um efeito branqueador. Isto porque na degomagem boa quantidade de pigmentos presentes no óleo é removida. Já na etapa de neutralização, o efeito branqueador se deve à coagulação e ação química. Entretanto, para satisfazer a exigência dos consumidores por óleos praticamente incolores, é necessária a adsorção de pigmentos na superfície de uma de uma mistura de carvão ativado e de terra clarificante (argilas naturais), em proporções que variam de 1:10 a 1:20 (MANDARINO; ROESSING, 2001; CARVALHO 2011).

As terras clarificantes apresentam ação mais eficiente em meio anidro, pois pequenas quantidades de água podem "bloquear" a superfície da terra clarificante. Porém, o óleo neutralizado e lavado apresenta umidade mesmo após a centrifugação, sendo, portanto, necessária uma etapa de secagem antes de ser submetido ao processo de clarificação (RAMALHO; SUAREZ, 2013). Esta secagem é, às vezes, realizada de maneira contínua, no processo de neutralização contínua. De forma alternativa, o óleo pode ser seco no branqueador a temperaturas entre 80°C e 90°C, sob vácuo durante 30 minutos. Em seguida, a terra clarificante é adicionada a este óleo seco, deixando-se a mistura durante 20 a 30 min à temperatura de 80°C a 95°C. Após resfriamento a 60°C a 70°C, o óleo é filtrado em filtro-prensa. O bolo de filtragem, obtido após a filtração, contém aproximadamente 50% de óleo, conteúdo que pode ser reduzido a 30% ou 35% com a aplicação de ar comprimido (MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013). A figura 12 apresenta um esquema simplificado do processo de branqueamento.

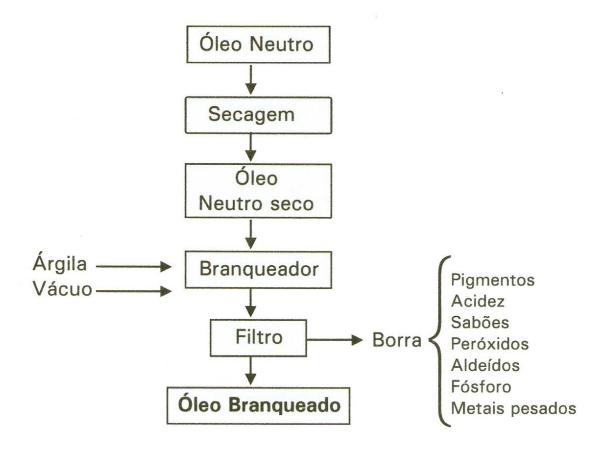


Figura 12 - Branqueamento do óleo neutro seco (In: MANDARINO; ROESSING, 2001, p. 27)

# 4. EXTRAÇÃO E REFINO DE ÓLEOS E GORDURAS ANIMAIS

Obtidos através dos tecidos adiposos dos animais, que estão geralmente associados a carnes, peles e ossos, os óleos e gorduras crus possuem vários tipos de impurezas que devem ser eliminadas através de tratamentos, afim de que os óleos e gorduras possam ser utilizados devidamente ao que se destinam (BRAGANTE, 2009; RAMALHO; SUAREZ, 2013).

A primeira etapa do processo de obtenção de gorduras inicia-se no triturador, onde o material que contém a gordura é misturado com água em uma autoclave e permanece sob alta temperatura e pressão em médio de uma a duas horas (figura 13). As células do tecido adiposo animal, que contém o material graxo são destruídas, e a gordura fica na forma líquida por influencia da alta temperatura do meio. Posteriormente, a gordura na forma líquida é coletada em um decantador, onde a gordura, por possuir menor densidade, fica na superfície da água, podendo ser facilmente recolhida. Em seguida, a gordura passa por um filtro prensa, onde partículas sólidas em suspensão são removidas (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

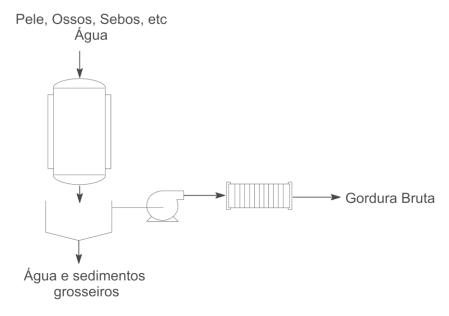


Figura 13 – Processo de extração de gordura animal (In: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 14)

O refino das gorduras é semelhante ao refino do óleo de soja, porém estas seguem uma ordem diferente das etapas (Figura 14).

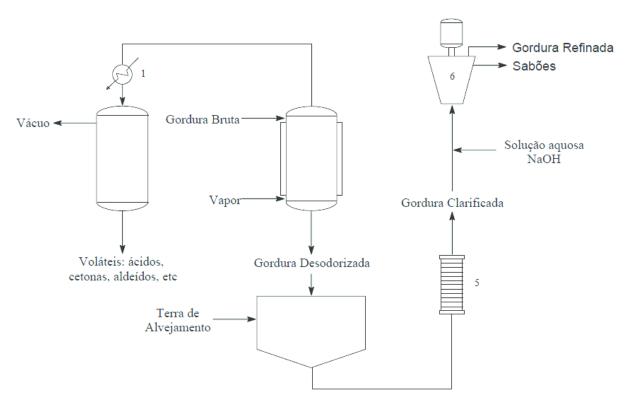


Figura 14 – Processo de purificação de gordura animal (In: RAMALHO; SUAREZ, 2013, p. 14)

A primeira etapa do processo de refino da gordura é a desodorização, que tem como finalidade remover as substâncias que dão odor desagradável ao produto. Esta etapa se processa de forma similar à dos óleos vegetais. No caso das gorduras animais, no entanto, o processo por arraste a vapor elimina também grande parte dos ácidos graxos presentes, sendo conhecido na indústria como "neutralização física" (MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013). Posteriormente, a gordura desodorizada é submetida ao processo clarificação e de neutralização com hidróxido de sódio, de forma similar ao descrito para o óleo de soja. Para óleos ou gorduras de origem vegetal que possuem alta acidez, como de palmeiras, o procedimento de refino, é análogo ao descrito para gorduras animais (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

# 5. REAÇÃO DE HIDROGENAÇÃO

Segundo Pinho e Suarez (2013, p.48), "hidrogenação é o processo químico de eliminação de grupos funcionais insaturados pela adição de átomos de hidrogênio". A figura 15 mostra a reação de hidrogenação de uma olefina.

Figura 15 – Hidrogenação de uma ligação C=C assistida por um catalisador, normalmente um composto de metal de transição (In: Adaptado de MCMURRY, 1997, p. 225)

Os dois catalisadores mais utilizados na hidrogenação de alcenos são a platina e o paládio, mas o níquel também é utilizado. Esta reação é um processo heterogêneo, ou seja, não ocorre em solução, mas sim sobre a superfície das partículas do catalisador sólido. Estudos realizados indicam que a hidrogenação ocorre com estereoquímica sin, ou seja, os hidrogênios são adicionados à ligação dupla pela mesma face (MCMURRY, 1997; SOLOMONS; FRYHLE, 2002).

As reações de hidrogenação exigem sempre o emprego de catalisadores, uma vez que, sem a presença dos mesmos, a reação ocorre somente em condições muito drásticas de temperatura e pressão, embora do ponto de vista termodinâmico a reação de hidrogenação é extremamente favorável. Isto é o resultado de as simetrias dos orbitais do hidrogênio molecular e do orbital  $\pi$  do grupo insaturado, não serem compatíveis, sendo necessária uma alta energia de ativação para que a hidrogenação ocorra (PINHO; SUAREZ, 2013). O mecanismo da hidrogenação é apresentado na figura abaixo.

Figura 16 – Mecanismo de hidrogenação de alcenos. A reação ocorre com estereoquímica sin sobre a superfície das partículas do catalisador (In: MCMURRY, 1997, p. 226)

Na primeira etapa o hidrogênio é adsorvido na superfície do catalisador. Semelhantemente à interação de um orbital vazio de um metal, com um orbital  $\pi$  de um alceno, ocorre a complexação entre o alceno e o catalisador. Posteriormente o hidrogênio se insere na ligação dupla e o produto saturado se dessorve da superfície do catalisador (MCMURRY, 1997; SOLOMONS; FRYHLE, 2002, BRAGANTE, 2009).

O emprego da reação de hidrogenação é amplamente difundido nas indústrias farmacêuticas, combustíveis, alimentícias, entre outras. A hidrogenação nas indústrias é utilizada para os mais diversos fins, como por exemplo, o aumento do ponto de fusão de materiais e produção de margarinas (PINHO; SUAREZ, 2013).

# 6. PROCESSO DE HIDROGENAÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS

A hidrogenação de óleos e gorduras consiste na adição de hidrogênio nas duplas ligações dos grupos acil insaturados (BRAGANTE, 2009; ADITIVOS E INGREDIENTES, 2014).

Esta reação é muito empregada pela indústria alimentícia com o objetivo de aumentar o prazo de validade dos óleos, pois resulta na diminuição da suscetibilidade à deterioração oxidativa, ou para produzira as gorduras vegetais hidrogenadas (PINHO; SUAREZ, 2013; ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014). O grau de hidrogenação é o que diferencia os dois processos, sendo que para estabilizar os óleos, a hidrogenação é parcial, ou seja, é mantido um determinado grau de insaturação no produto final. Este grau de insaturação é mantido de forma que não seja comprometida sua fluidez, permanecendo o óleo líquido à temperatura ambiente. Por outro lado, para produção de gorduras vegetais hidrogenadas, bastante usadas na fabricação de tortas e bolos, a hidrogenação é efetuada de forma quase completa (PINHO; SUAREZ, 2013).

Segundo Ribeiro et al. (2007, p. 1296), "um óleo totalmente hidrogenado é obtido quando todas as ligações duplas são saturadas no processo. Do contrário, tem-se a hidrogenação parcial, usualmente empregada".

A hidrogenação incompleta, visando a produção de gorduras parcialmente hidrogenadas pode ser seletiva ou não seletiva. O processo é seletivo quando prevalece a adição de hidrogênio aos ácidos graxos mais insaturados. O aumento da temperatura de hidrogenação pode ampliar a seletividade. Já o aumento da pressão e agitação, pode diminuir a seletividade (BRAGANTE, 2009; ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014). Assim, as características de óleos e gorduras parcialmente hidrogenadas dependem das condições reacionais, ou seja, dos fatores temperatura, pressão, agitação, tipo e concentração do catalisador (RIBEIRO et al., 2007; ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014).

A maioria dos processos industriais empregam catalisadores de níquel por este ser de menor custo (BRAGENTE, 2009). O processo de hidrogenação industrial de óleos e gorduras é realizado em tanques herméticos, empregando um catalisador de níquel finamente dividido, o qual é obtido pela redução de complexos do metal com hidrogênio molecular, geralmente suportado em sílica. A hidrogenação ocorre à temperaturas entre 150 a 220°C e pressão de 15atm de hidrogênio, de acordo com o fluxograma da figura 17 (PINHO; SUAREZ, 2013).

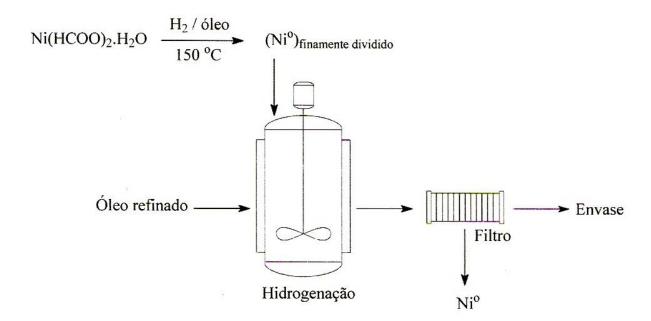


Figura 17 – Processo de hidrogenação de óleos refinados utilizando catalisadores de níquel (In: PINHO; SUAREZ, 2013, p. 52)

O processo emprega óleo refinado e branqueado, visto que os catalisadores de níquel são contaminados por enxofre e compostos fosforosos, ácidos graxos livres e sabões residuais (ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014; PINHO; SUAREZ, 2013).

# 6.1 EMPREGO DE GORDURAS VEGETAIS HIDROGENADAS: FABRICAÇÃO DE MARGARINA

Uma das principais aplicações das gorduras hidrogenadas constitui a fabricação de margarina vegetal (BRAGANTE, 2009). "Descoberta" no século XIX através de um concurso criado por Napoleão III e desenvolvida em 1869, pelo químico francês Hippolyte Mège-Mouriès, a margarina surgiu com o intuito de substituir a manteiga de origem animal, destinando-se à classe mais pobre e aos militares do exército. (RODRIGUES et al., 2004; PINHO; SUAREZ, 2013).

Produto de alta tecnologia as margarinas, cremes vegetais e halvarinas são constituídos principalmente de gorduras vegetais hidrogenadas, sendo que as margarinas possuem cerca de 82%, os cremes vegetais 64% e as halvarinas aproximadamente 40% de gordura vegetal hidrogenada (BRAGANTE, 2009).

Segundo Rodrigues et al.(2004, p. 56), de acordo com a legislação brasileira (Portaria 372/97, DIPOA), "entende-se por margarina o produto gorduroso em emulsão estável com leite ou seus constituintes ou derivados, e outros ingredientes, destinados à alimentação humana com cheiro e sabor característico". A gordura láctea, quando, presente não deverá exceder a 3% (m/m) do teor de lipídios totais. O creme vegetal que é comercializado juntamente com a margarina é definido, de acordo a Portaria 193 da ANVISA, "como alimento em forma de emulsão plástica, cremoso ou líquido, do tipo água/óleo, produzido a partir de óleos e/ou gorduras vegetais comestíveis, água e outros ingredientes, contendo, no máximo, 95% (m/m) e, no mínimo, 10% (m/m) de lipídios totais".

O processo de fabricação de margarinas se consolidou a partir da segunda metade do Século XX, como a emulsificação de uma fase aquosa constituída por leite, sal e conservantes e uma fase oleosa constituída por gordura vegetal hidrogenada (PINHO; SUAREZ, 2013). A figura 18 mostra um fluxograma simplificado da produção de margarina vegetal.

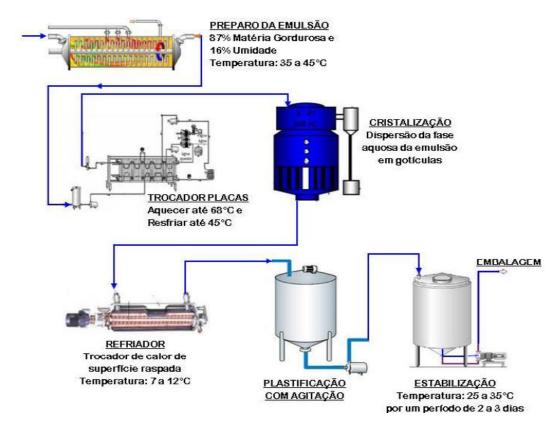


Figura 18 – Fluxograma simplificado da produção de margarina vegetal (In: BRAGANTE, 2009, p.10)

A produção de margarina vegetal inicia-se com a formulação do produto que é enviado ao emulsificador, dotado de camisa e agitação, como o intuito de promover a agregação entre os materiais gordurosos e a água. Posteriormente é feito o resfriamento da margarina vegetal em resfriadores de superfície raspada, com dispersão direta de amônia, alimentados por bomba de alta pressão. É na etapa do resfriamento que ocorre a cristalização, ou seja, as moléculas de triacilglicerídeos se aproximam lentamente até a produção de cristais que se estabilizam. Assim, após a formulação, o produto é enviado ao trocador de calor a placas que aquece o produto até 68°C e o resfria até aproximadamente 45°C. Este procedimento é necessário para se obter uma excelente cristalização, bem como evitar sobrecarga do resfriador final, propiciando ainda uma "pasteurização" do produto, o que aumenta sua qualidade e vida de prateleira. Em seguida o produto segue para a cristalização e ao resfriador de superfície raspada, onde é resfriado em temperatura entre 7°C a 12°C.

Nesta temperatura o produto é plastificado e embalado. A cristalização final das margarinas de mesa, que normalmente é acondicionada em potes plásticos, ocorre dentro do pote e para ser possível a dosagem e o perfeito acondicionamento da mesma é necessário que a margarina passe pelo plastificador final, que tornará a margarina fluida e cremosa (plástica). As embalagens mais utilizadas nas margarinas de mesa são os potes plásticos e o papel parafinado laminado. Para a embalagem nos potes plásticos é essencial a utilização do plastificador para permitir o acondicionamento. Já o papel parafinado aluminizado utiliza um tubo cristalizador a fim de que a margarina adquira consistência dura e permita essa embalagem. Ao contrário, as margarinas industriais são embaladas em sachets plásticos, em caixas de papelão dentro de sacos plásticos, em latões ou até em papel parafinado aluminizado (BRAGANTE, 2009).

Nas últimas décadas o uso da hidrogenação na indústria de alimentos a fim de produzir gorduras vegetais tem sido questionado. Isto porque nas condições em que ocorre a hidrogenação, ocorre a reação paralela de isomerização de ligações duplas, em que parte dos isômeros *cis* é convertida em isômeros *trans*, formando a gordura *trans*. Esta reação ocorre porque termodinamicamente os isômeros *trans* são mais estáveis (PINHO; SUAREZ, 2013).

No passado a formação de isômeros *trans* foi considerada vantagem tecnológica, já que estes isômeros possuem maior ponto de fusão em relação aos correspondentes isômeros *cis*, característica que favorece a criação dos níveis de sólidos desejáveis das gorduras hidrogenadas. Porém, atualmente estudos demonstram que os isômeros *trans* são prejudiciais à saúde humana (RIBEIRO et al., 2007).

#### 6.2 GORDURA TRANS

Os isômeros *trans* também podem ser originados embora em quantidades menores no processo de desodorização de óleo vegetal e como resultado das operações de fritura de alimentos por mecanismo induzido termicamente, o que corresponde a cerca de (0,2 a 6,7%) e (0 a 35%), respectivamente. Porém, 90% dos AGT em

alimentos resultam da hidrogenação catalítica parcial de óleos vegetais ou marinhos (RIBEIRO et al., 2007). Contudo, a principal fonte de ácidos graxos *trans* é a hidrogenação parcial de óleos vegetais que são utilizados na produção de margarina e gordura hidrogenada (MERÇON, 2010). A figura 19 mostra o mecanismo de formação do isômero *trans*.

Figura 19 – Mecanismo de formação do isômero *trans* (In: PINHO; SUAREZ, 2013, p.54)

O mecanismo envolvido na formação do isômero *trans* utiliza um catalisador heterogêneo, como o níquel metálico, por exemplo, utilizado na indústria oleoquímica. Após o hidrogênio reagir na superfície do catalisador são formados dois hidretos que permanecem coordenados juntamente com olefinas (estrutura (a) da figura 19). Em seguida, ocorre uma reação de um hidreto com a olefina, originando um radical alquila, que permanece coordenado na superfície [figura 19(b)]. No complexo alquila formado [figura 19(b)] não existe impedimento rotacional, porque todas as ligações são simples, ocorrendo uma rotação que leva a estrutura mais estável. Posteriormente, ocorre uma competição entre duas possíveis reações: (i) o complexo alquila se decompõe, eliminando um hidreto e formando outra vez a olefina, só que agora na configuração *tran*s mais estável (figura 19(c)); ou (ii) o complexo alquila reage com um segundo hidreto que irá formar o composto saturado [figura 19(d)] (PINHO; SUAREZ, 2013).

O consumo por longo período de tempo de AGT na dieta humana pode ocasionar malefícios a saúde tais como: o aumento do risco de doenças vasculares e da lipoproteína de baixa densidade (LDL) "colesterol ruim" em estágio similar ao causado pelos ácidos graxos saturados, implicando na diminuição da lipoproteína de alta densidade (HDL) "colesterol bom". Segundo Pinho e Suarez (2013, p. 54), "os estudos mostraram que um aumento de 20% na ingestão de gordura *trans* acarreta um aumento de 1 na razão LDL/HDL, o que eleva os riscos de doenças cardiovasculares em 53%". O consumo excessivo de AGT, também está relacionado à etiologia de várias desordens metabólicas e funcionais tais como o aumento da fragilidade dos eritrócitos reduzindo o consumo de oxigênio e a síntese de ATP pelas mitocôndrias. Com relação à saúde da criança, observou-se que os AGT produzem interações competitivas com os ácidos graxos essenciais ao metabolismo, podendo ocasionar o bloqueio e a inibição da biossíntese dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa na fase fetal e após o nascimento (RIBEIRO et al., 2007; MERÇON, 2010).

Desta forma, é notório que os ácidos graxos *trans* deveriam apresentar prioridade nutricional secundária quando comparado aos ácidos graxos saturados, apesar de o consumo destes últimos também levar a efeitos danosos à saúde devendo, portanto, ser também minimizado (RIBEIRO et al., 2007).

Segundo dados de literatura, Aditivos e Ingredientes (2014, p.49):

Organização Mundial da Saúde - OMS - estabelece que a ingestão diária máxima de gordura *trans* não deve ser superior a 1% das calorias diárias ingeridas. Em uma dieta de 2.000 calorias, por exemplo, isso equivale a 2,2g de gordura *trans*. No Brasil, o consumo médio desse tipo de gordura chega a 3% do total calórico diário (6,6g de gordura *trans*), o equivalente a uma porção grande de batata frita de fast food ou quatro biscoitos recheados de chocolate.

# 6.3 PROCESSOS ALTERNATIVOS AO PROCESSO DE HIDROGENAÇÃO

Os problemas de saúde anteriormente descritos decorrentes da ingestão e do aumento no consumo de alimentos ricos em gordura *trans*, fez com que a ANVISA

tornasse obrigatória a divulgação dos teores dessa gordura nos rótulos dos alimentos a partir de 2003 (Resolução ANVISA RDC- 360 de 2003; PINHO; SUAREZ, 2013; RIBEIRO et al., 2007). Entretanto, o mercado respondeu a este fato e hoje é possível encontrar gorduras vegetais ou margarinas com baixos teores de gordura *trans* nas prateleiras dos supermercados. O processo de hidrogenação está sendo substituído por outras tecnologias, principalmente as que envolvem a cristalização fracionada, onde se obtém gorduras com alto grau de saturação, ou ainda a interesterificação, que é amplamente utilizada para se obter gorduras com menor grau de saturações (PINHO; SUAREZ, 2013).

#### 6.3.1 Cristalização

A cristalização é o processo em que os triacilglicerídeos que possuem característica saturada são separados dos triacilglicerídeos insaturados através da diferença na temperatura de fusão. A primeira etapa do processo de cristalização fracionada (winterização) de um óleo consiste em diminuir aos poucos a temperatura do material em um trocador de calor (figura 20a) de modo que ocorra a cristalização parcial dos triacilglecerídeos mais saturados e com pontos de fusão mais elevados (PINHO; SUAREZ, 2013). Em seguida, a mistura graxa heterogênea obtida é separada por centrifugação em fase sólida e fase líquida (figura 20c). Obtém-se duas frações, uma líquida, denominada oleína, e outra pastosa, que é filtrada em um filtro prensa (figura 20d) para isolar mais oleína e uma fração sólida, denominada estearina. O processo pode ser feito utilizando o óleo puro ou com a adição de um solvente, antes da entrada no trocador de calor. O solvente mais utilizado é o hexano, sendo necessária uma etapa posterior que remova este solvente da oleína (BRAGANTE, 2009; PINHO; SUAREZ, 2013).

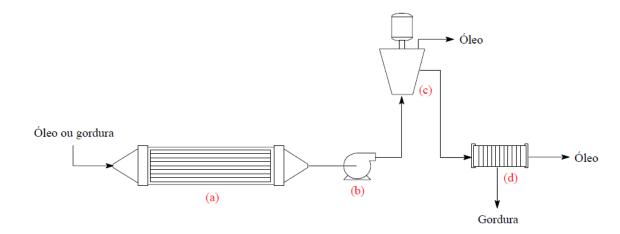


Figura 20 – Esquema do processo de cristalização fracionada (winterização):
(a) trocador de calor; (b) bomba; (c) centrífuga; e (d) filtro prensa
(In: PINHO; SUAREZ, 2013, p.55)

#### 6.3.2 Interesterificação

O processo de interesterificação viabiliza a produção de óleos e gorduras com funções específicas, sendo o principal método de preparação de gorduras plásticas com baixos teores de isômeros *trans* ou mesmo com ausências destes. Diferente da hidrogenação, a interesterificação não promove a isomerização das duplas ligações dos ácidos graxos, não afetando o grau de saturação dos mesmos (RIBEIRO et al., 2007).

A interesterificação (figura 21) consiste na reação entre uma gordura saturada com um óleo insaturado, como por exemplo, o óleo de soja, na presença de metóxido de sódio (NaOCH<sub>3</sub>). A gordura saturada pode ser obtida através de um óleo que foi completamente hidrogenado ou que foi submetido ao processo de cristalização fracionada, ou ainda ser proveniente de uma fonte natural, como o sebo ou a gordura de dendê (PINHO; SUAREZ, 2013).

Figura 21 – Processo de interesterificação (In: PINHO; SUAREZ, 2013, p. 56)

Na reação de interesterificação os ácidos graxos se mantêm inalterados, entretanto ocorre à redistribuição destes ácidos nas moléculas dos triacilglicerídeos, resultando na modificação da composição dos triacilglicerídeos. A característica final de saturação dos triacilglicerídeos nesse processo é determinada pela composição inicial das matérias-primas (RIBEIRO et al., 2007; PINHO; SUAREZ, 2013).

Existem dois tipos de interesterificação: a química e a enzimática. Na interesterificação enzimática, biocatalisadores, como por exemplo, as lipases microbianas, promovem a mudança do grupo acil nas moléculas acilglicerídicas. Na interesterificação química, o processo mais empregado, o catalisador mais utilizado é o metóxido de sódio (MeONa), ainda que outras bases, ácidos e metais também possam ser utilizados (RIBEIRO et al., 2007).

A utilização de hidróxido de sódio ou de potássio e glicerol, como catalisador, também é conveniente (figura 22). Primeiramente forma-se o glicerato de sódio, o qual reage com triacilglicerol, formando o catalisador ativo e como subproduto, um monoacilglicerol (ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014).

Figura 22 – Interesterificação de hidróxido de sódio e glicerol em um processo de dois estágios (In: ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014, p.46)

O mecanismo de reação de interesterificação utilizando metóxido de sódio como catalisador, é um processo a dois estágios e pode ser observado na figura 23. Primeiro, ocorre a adição do catalisador na carbonila do glicerídeo. Posteriormente, ocorre a eliminação de um éster metílico e formação de um novo ânion alcóxido, o qual continua ativo. Este novo ânion formado reage com a carbonila de um outro éster de ácido graxo, levando a troca do ácido graxo esterificado (interesterificação) e restituindo o ânion metóxido. No fechamento da reação, uma quantidade de ésteres metílicos de ácidos graxos permanece proporcional à quantidade de catalisador metóxido de sódio utilizada. Essa reação contínua até atingir o equilíbrio. A reação é finalizada pela adição de água ou ácido orgânico, com o intuito de destruir o catalisador (ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014).

Figura 23 – Mecanismo de reação do processo de interesterificação (In: Adaptado de ADITIVOS e INGREDIENTES, 2014, p.46)

# 7. ÓLEOS E GORDURAS: UM TEMA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Há anos o ensino de química apresenta uma série de problemas associados ao ensino e aprendizagem de conceitos químicos. Este processo vem sendo muito criticado, como por exemplo, o fato dos alunos do ensino médio de forma geral, assimilarem uma quantidade enorme de conteúdos através de uma abordagem centralizada na memorização de regras, fórmulas e definições não relacionando estes com o seu meio social (SILVEIRA et al., 2008).

Outra preocupação constante dos educadores atualmente é a priorização de metodologias que tornem mais eficaz o processo de ensino-aprendizagem. Muitas pesquisas em ensino de química no país mostram a necessidade de novas metodologias, com ênfase na abordagem construtivista a fim de avaliar a fragmentação do conhecimento dos alunos. Erroneamente e contrário à abordagem construtivista, as aulas experimentais de química no ensino secundário continuam problemáticas, ou pela falta de material e/ou infraestrutura adequados, ou por serem vistas muitas vezes como um "recreio intelectual", onde os alunos exibem experimentos que não possuem conexão entre seu dia-a-dia e os tópicos teóricos discutidos em sala de aula (VERANI et al., 2000; SILVA et al., 2001).

Um dos grandes desafios atuais nas escolas de ensino médio é construir uma ponte entre a aprendizagem significativa, que enfatiza o aprendizado a partir do que o aluno já sabe, interagindo os conhecimentos novos com os conhecimentos préexistentes na estrutura cognitiva dos alunos, e a aprendizagem por pesquisa que enfatiza a construção de conceitos e a construção de atitudes e valores (PEIXOTO; OLIVEIRA, 2007).

Através do tema óleos e gorduras é possível a contextualização de conteúdos de caráter social, ambiental e conteúdos referentes à lipídios como, por exemplo, sua constituição química. É possível trabalhar também reações de saponificação e transesterificação dos óleos e gorduras, além de poder ser explorado o tema polaridade dos compostos orgânicos.

Com relação à constituição química dos óleos e gorduras é possível abordar que os mesmos são ésteres (figura 24), sendo, portanto, derivados de um álcool e de um ácido (PERUZZO; CANTO, 2006).

Figura 24 – Figura genérica de um óleo ou gordura na qual R1, R2, R3 são longos grupos formados por carbono e hidrogênio (In: PERUZZO; CANTO, 2006, p.272)

A partir desta definição pode-se então discutir que o álcool em questão é a glicerina, mostrando sua estrutura e apontando que, como apresenta três grupos hidroxila (OH), esta pode formar um triéster. Ainda com a estrutura genérica de um óleo ou gordura pode-se abordar que os ácidos que constituem os ésteres dos óleos e gorduras são ácidos graxos e a partir daí definir que ácido graxo é "o nome dado a um ácido carboxílico que possua uma cadeia carbônica longa, em geral com doze ou mais átomos de carbono" (PERUZZO; CANTO, 2006, p.272). Em seguida, a estrutura de vários ácidos graxos pode ser apresentada.

Uma vez que foi discutido que óleo e gordura é um triéster, é possível apresentar a reação de sua obtenção, ou seja, a reação de esterificação (figura 25). Pode-se discutir também que esta é a reação de formação de triacilglicerídeos pelo organismo e que este é um meio biológico eficiente para o armazenamento de energia. Além disso, pode-se abordar que nosso organismo elabora tecido gorduroso quando é ingerido alimento além das necessidades calóricas de cada individuo, o que permite uma discussão sobre os efeitos da dieta na saúde.

Figura 25 – Reação de obtenção de um triacilglicerídeo, ou seja, um triéster de ácidos graxos e glicerol (In: PERUZZO; CANTO, 2006, p.273)

Um produto muito presente no cotidiano dos alunos é o sabão o qual pode ser obtido a partir de uma reação de saponificação. Assim, é possível abordar um tema presente no dia-a-dia do aluno e a partir daí trabalhar a reação de saponificação, mostrando que na reação de obtenção do sabão os óleos e gorduras reagem com hidróxido de sódio ou potássio, obtendo-se os sais de ácidos graxos que são os sabões (figura 26) (VERANI; GONÇALVES; NASCIMENTO, 2000).

Figura 26 – Reação genérica que descreve o processo de saponificação (In: VERANI; GONÇALVES; NASCIMENTO, 2000, p.16)

A partir da definição de sabão pode-se discutir os problemas relacionados à utilização dos sabões comuns em água dura (rica em íons Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup>) e que estes problemas levaram ao desenvolvimento de detergentes sintéticos, os quais não apresentam problemas de solubilidade na presença destes íons (BARBOSA; SILVA, 1995). Em seguida é possível diferenciar estruturalmente um detergente de um sabão, mostrando que sabões são sais de ácido carboxílico de cadeia longa e que os detergentes sintéticos, em sua grande maioria são sais de ácido sulfônicos de cadeia longa, sendo possível ainda classificá-los quanto à sua estrutura química em detergente catiônico, aniônico e não iônico (figura 27) (PERUZZO; CANTO, 2006; BARBOSA; SILVA, 1995).

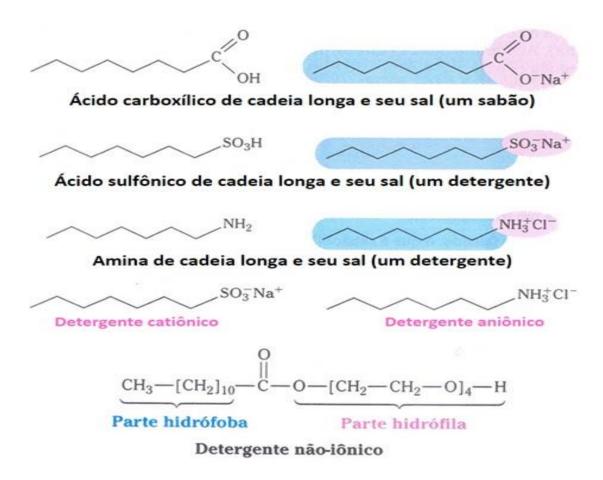


Figura 27 – Estrutura química de sabões e detergentes aniônicos, catiônicos e não iônicos (In: PERUZZO; CANTO, 2006, p.279)

É possível através da estrutura química dos sabões e detergentes mostrar que os mesmos apresentam uma parte apolar, chamada de hidrofóbica, e uma parte polar, chamada de hidrofílica (figura 27). A partir daí pode-se ensinar o mecanismo da limpeza usando sabões (figura 28).

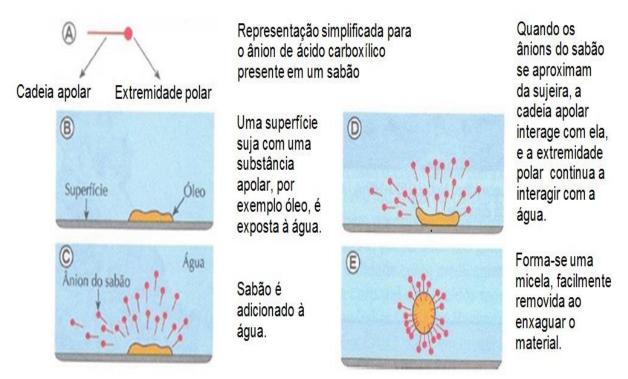


Figura 28 – Esquema do mecanismo de limpeza usando sabão (In: PERUZZO; CANTO, 2006, p.278)

Após todas estas abordagens pode-se apresentar aos alunos produtos de higiene presentes no seu dia-a-dia como os sabonetes e discutir que eles são fabricados por meio da mesma reação química empregada para a produção de sabão (saponificação de triacilglicerídeos). Além disso, é possível abordar todas as diferenças na obtenção do sabonete em relação ao sabão como, por exemplo, a razão de adição de essência e o fato de se deixar, no sabonete, a glicerina produzida junto com o sabão. A explicação de que a glicerina tem ação umectante leva a discussão das interações intermoleculares que este composto faz com a água, aumentando ainda mais o conteúdo que pode ser explorado (PERUZZO; CANTO, 2006).

Pode-se explicar que o xampu consiste basicamente em uma solução aquosa de detergentes, que tem como objetivo a limpeza dos fios de cabelo e que este contém também outros ingredientes capazes de proteger os fios do ressecamento. É possível também abordar que o xampu é constituído de detergente sintético aniônico e que os condicionadores (creme rinse), bem como os amaciantes de roupas são constituídos de detergente sintético catiônico, explicando como os mesmos atuam no cabelo e nas roupas (BARBOSA; SILVA, 1995).

Outro produto de higiene neste contexto que pode ser apresentado é a pasta de dente. A partir desta apresentação pode-se abordar que seus constituintes principais são um detergente e um abrasivo e depois explorar o mecanismo da limpeza dos dentes, destacando-se a função de cada constituinte, bem como a importância da adição de compostos contendo elemento flúor na forma de cloreto neste produto e qual sua ação na proteção aos dentes.

Por fim, pode-se abordar as questões ambientais que envolvem o descarte inadequado do óleo de cozinha e que sua utilização na fabricação de sabão e de biodiesel, seria uma forma adequada de reciclagem do mesmo (NEZI; UHDRE; ROMERO, 2011).

### 8. CONCLUSÃO

O processo industrial moderno de extração de óleos e gorduras consiste de várias operações que incluem o preparo da matéria-prima, extração e purificação, sendo estas etapas específicas para cada oleaginosa, pois depende de seus contaminantes e de suas características.

A hidrogenação, na indústria de alimentos, constitui uma importante reação na obtenção de gorduras hidrogenadas a partir de óleos e gorduras. Estas gorduras hidrogenadas, por sua vez, têm sido empregadas na obtenção de diversos alimentos como margarinas, coberturas de chocolate, produtos de panificação, sorvetes, batata "ships", entre outros. Contudo, como esta hidrogenação de óleos e gorduras é parcial, pode ocorrer à reação paralela de isomerização das cadeias insaturadas, levando a gordura *trans*, as quais comprovadamente são prejudiciais à saúde humana. Este fato levou a indústria alimentícia a substituir a hidrogenação por tecnologias alternativas como, por exemplo, a interesterificação e a cristalização fracionada, pois levam a obtenção de gorduras com maior grau de saturação, sem afetar a saúde.

## REFERÊNCIAS

ADITIVOS e INGREDIENTES. **Lipídios: Hidrogenação, Interesterificação e Fracionamento**. Disponível em: < http://www.insumos.com.br/aditivos\_e\_ingredientes/materias/86.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2014.

BARBOSA, André Borges; SILVA, Roberto Ribeiro. XAMPUS. **Química e Sociedade**, n°. 2, 1995. p. 03-06.

BRAGANTE, AG. **Processo de extração de óleos vegetais**, 2009. Disponível em:

http://abgtecalim.yolasite.com/resources/Tecnologia%20Extra%C3%A7%C3%A3o% 20de%20%C3%93leos.pdf>. Acesso em: 24 de maio de 2014.

CARVALHO, Cecília Oliveira de. Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* L.f. (ARECACEAE – buriti) para uso sustentável na reserva de desenvolvimento Tupé: rendimento e atividade antimicrobiana. 2011. 110p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação – Universidade do Estado do Amazonas, 2011.

CONTI, Flávia de. Margarinas, manteigas, cremes vegetais: cada produto uma finalidade. **NUTROCIÊNCIA**, 2009. Disponível em: <a href="http://www.nutrociencia.com.br/upload\_files/arquivos/diferen%C3%A7as.pdf">http://www.nutrociencia.com.br/upload\_files/arquivos/diferen%C3%A7as.pdf</a>. Acesso em 09 ago. de 2014.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Química de alimentos de Fennema**. 4ª. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010.

GERIS, Regina; dos SANTOS, Nádia Alessandra Carmo; AMARAL, Bruno Andrade; MAIA, Isabelle de Souza; CASTRO, Vinicius Dourado; CARVALHO, José Roque Mota. Biodiesel de soja – Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, nº. 5, 2007. p. 1369-1373.

LEHNINGER, Albert L. **Princípios de Bioquímica**. Tradução de W. R. Lodi; A. A. Simões. São Paulo: Editora Sarvier, 1989.

LISBOA, Julio Cezar Foschini. **Química, 3º ano**, 1ª. ed. São Paulo: Editora SM, 2010. Coleção ser protagonista.

MANDARINO, José Marcos Gontijo; ROESSING, Antônio Carlos. Tecnologia para a produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. Londrina: **Embrapa Soja**, 2001. Disponível em: <a href="http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/462866/1/doc171.pdf">http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/462866/1/doc171.pdf</a>>. Acesso em 06 jul. de 2014.

MARTINS, Guilherme B. C.; MELLO, Vinicius M.; SUAREZ, Paulo A. Z. Processos Térmicos em Óleos e Gorduras. **Revista Virtual de Química**, v. 5, nº.1, jan/fev 2013. p. 16-25.

MCMURRY, John, Química Orgânica, 7<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MELLO, Vinicius M.; SUAREZ, Paulo A. Z. As Formulações de Tintas Expressivas Através da História. **Revista Virtual de Química**, v. 4, nº.1, jan/fev 2012. p. 2-12.

MERÇON, Fábio. O que é uma gordura *Trans*?. **Química Nova na Escola**, v. 52, n°. 2, 2010. p. 78-83.

NEZI, Sara Maria; UHDRE, Débora Figueiredo; ROMERO, Adriano Lopes. Implementação do projeto "Reciclagem de óleos e gordura usados em frituras através da fabricação de sabão" na UTFPR. **VI Encontro de Produção Científica e Tecnológica**, 2011. p. 01-13.

PEIXOTO, Hebe R. C.; OLIVEIRA, Andréia Regina. Ácidos carboxílicos e sobrevivência: uma experiência de sala de aula. **Química Nova na Escola**, nº.26, nov. 2007. p. 21-3.

PEREIRA, Cristiane de Souza Siqueira. **Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo do pinhão-manso** (*Jatropha curcas* L.). 2009. 88p. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite. **Química na abordagem do cotidiano**. 4ª. ed., São Paulo: Moderna, 2006.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. A hidrogenação de Óleos e Gorduras e suas Aplicações Industriais. **Revista Virtual de Química**, v. 5, nº.1, jan/fev 2013. p. 47-62.

RAMALHO, Hugo F.; SUAREZ, Paulo A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, nº.1, jan/fev 2013. p. 2-15.

RESOLUÇÃO RDC N° 360. **ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: < <a href="http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/R">http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/R</a> Resoluca RDC n 360de 23 de dezembro de 2003.pdf?MOD=AJPERES >. Acesso em: 22 de agosto de 2014.

RIBEIRO, Ana Paula Badan; MOURA, Juliana Maria Leite Nóbrega de; GRIMALDI, Renato; GONÇALVES, Lireny Aparecida Guaraldo. Interesterificação Química: Alternativa para Obtenção de Gorduras Zero *Trans.* **Química Nova**, v. 30, n°.5, maio 2007. p. 1295-1300.

RINALDI, Roberto; GARCIA, Camila; MARCINIUK, Letícia Ledo; ROSSI, Adriana Vitorino; SCHUCHAEDT, Ulf. Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, v. 30, n°.5, abril 2007. p. 1374-80.

RODRIGUES, Juliana Neves; FILHO, Jorge Mancini; TORRES, Rosângela Pavan; GIOIELLI, Luiz Antonio. Caracterização físico-química de creme vegetal enriquecido com ésteres de fitosteróis. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas,** v. 40, n°.4, out/dez 2004. p. 505-20.

SHREVE, R.N. e BRINK Jr., J.A. **Indústrias de Processos Químicos**, 4ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1977.

SILVA, Adalberto Manoel da; DE FÁTIMA, Ângelo de; JÚNIOR, Sérgio Souza Moreira; BRAATHEN, Per Christian. Plásticos: molde você mesmo!. **Química Nova na Escola**, nº 13, maio, 2001, p. 47-48.

SILVEIRA, Marcelo Pimentel; FIORINDO, Ludiany; SILVA, Expedito Leite. Concepções dos alunos das 1ª e 3ª séries do ensino médio sobre óleo, gordura e gordura trans. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), jul. 2008. Disponível em:<

http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0456-1.pdf>. Acesso em 27 de set. de 2014.

SOLOMONS, T.W. Graham; FRYHLE, Craig B. **Química Orgânica**. 7<sup>a</sup>. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2002.

SUAREZ, Paulo A. Z.; MENEGHETTI, Simoni M. Plentz; MENEGHETTI, Mario R.; WOLF, Carlos R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. **Química Nova**, v. 30, nº. 3, 2007. p. 667-676.

VERANI, Cláudio Nazari; GONÇALVES, Débora Regina; NASCIMENTO, Maria da Graça. Sabões e detergentes como tema organizador de aprendizagem no ensino médio. **Química Nova na Escola**, n°.12, nov. 2000. p. 15-9.