

**UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO**

**JOSIANE DA SILVA TAIETTI**

**PROPRIEDADE BACTERICIDA DO ÁCIDO  
RICINOLEICO, DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA  
(*Ricinus communis*)**

BAURU  
2015

**JOSIANE DA SILVA TAIETTI**

**PROPRIEDADE BACTERICIDA DO ÁCIDO  
RICINOLEICO, DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA  
(*Ricinus communis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química, sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo Telascrêa.

BAURU  
2015

Taietti, Josiane da Silva  
T1299p

Propriedade bactericida do ácido ricinoleico, derivado do óleo de mamona (*Ricinus communis*) /Josiane da Silva Taietti. -- 2015.  
44f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Telascrêa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Ácido ricinoleico. 2. Detergente da mamona. 3. Atividade bactericida. I. Telascrêa, Marcelo. II. Título.

**JOSIANE DA SILVA TAIETTI**

**PROPRIEDADE BACTERICIDA DO ÁCIDO RICINOLEICO,  
DERIVADO DO ÓLEO DE MAMONA (*Ricinus communis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química, sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo Telascrêa.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Marcelo Telascrêa  
Universidade Sagrado Coração

---

Prof. Me. Carlos Henrique Conte  
Universidade Sagrado Coração

---

Profa. Ma. Bárbara Tessarolli  
Universidade Sagrado Coração

Bauru, 16 de junho de 2015.

Dedico esse trabalho ao meu marido, pela paciência, compreensão e incentivo e aos meus pais pelo apoio em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus o autor da vida, que me fortalece e me capacita a cada dia, por sustentar-me e dar-me sabedoria para chegar até aqui.

Ao meu marido Junior, por estar ao meu lado nos momentos em que mais precisei, obrigada pela paciência, pelas palavras de ânimo e por dividir comigo os meus temores, saiba que essa conquista é nossa.

A minha mãe Rita pelo exemplo de garra, dedicação, obrigada pelas suas orações, pois sei que elas me ajudaram a permanecer de pé e nunca desistir.

Ao meu pai Jesus, pelo exemplo de trabalho e empenho naquilo que faz, obrigada por me ensinar a ser todos os dias uma pessoa melhor.

As minhas irmãs, Tatiane e Liliane, pelo apoio e ombro amigo quando precisei.

Ao meu professor orientador, Dr. Marcelo Telascrêa, por dedicar seu tempo a me orientar e acreditar em mim.

A coordenadoria da Universidade Sagrado Coração.

A empresa Biomecanica por disponibilizar os dados referentes ao produto Higimed®.

## RESUMO

A mamona espécie da planta *Ricinus communis*, conhecido popularmente como carrapateira é uma planta arbustiva que pertence a família *Euphorbiaceae* típica de climas tropicais. O óleo extraído das sementes do fruto da mamona, também conhecido como óleo de ricinus, apresenta diversas aplicabilidades, destacando-se nele o ácido ricinoleico, que constitui em aproximadamente 90% do óleo de mamona na forma de triglicérideo do ácido ricinoleico, que se diferencia dos outros ácidos graxos por conter uma estrutura de 18 átomos de carbono, apresentar um grupo hidroxila no C12 de sua cadeia, bem como uma dupla ligação *cis* entre os C9 e C10, além de ser considerado como um poliol natural por conter três radicais hidroxilas passíveis de serem utilizados na síntese de poliuretanas. Desenvolveu-se um detergente derivado do óleo da mamona, obtido da reação de saponificação do monoglicérideo do ácido ricinoleico, que apresenta atividade antibacteriana agindo como solvente da quitina presente na parede celular bacteriana. Na área da saúde, mais especificamente na área de endodontia, o detergente derivado da mamona demonstrou atividade antimicrobiana similar ao do hipoclorito de sódio a 0,5%. No presente trabalho de revisão da literatura serão apresentados resultados de estudos científicos relacionados ao uso do detergente do óleo de mamona (*Ricinus communis*) avaliados *in vivo* e *in vitro* sobre sua eficiência bactericida a presença e o aumento de culturas bacterianas presentes em ambiente hospitalar e na área de endodontia. Diante dos estudos apresentados, o detergente derivado do óleo de mamona, o éster do ácido ricinoleico, apresentou eficiência bactericida, antimicrobiana e fungicida diante as linhagens de cepas analisadas comprovadas em laudos microbiológicos, mostrando-se com maior eficácia a inibição das bactérias Gram-positivas, porém as bactérias Gram-negativas apresentaram maior resistência ao detergente da mamona. Concluiu-se que o resultado apresentado sobre a ação bacteriana do éster do ácido ricinoleico tem grande eficiência bactericida além de ser biodegradável podendo se usado como antisséptico e desinfetante no controle e eliminação de culturas de bacterianas.

**Palavras-chave:** Ácido ricinoleico. Detergente da mamona. Atividade bactericida.

## ABSTRACT

Castor bean *Ricinus communis* plant species, popularly known as carrapateira is a bushy plant that belongs to *Euphorbiaceae* family typical of tropical climates. The oil extracted from the seeds of the fruit of castor bean, also known as ricinus oil, has various applicability, highlighting it ricinoleic acid, which constitutes approximately 90% of castor oil in the form of triglycerides of ricinoleic acid, which differs of other fatty acids by containing a structure 18 carbon atoms, one hydroxyl group present in its chain C12 and a *cis* double bond between C9 and C10, besides being considered as a natural polyol containing three hydroxyl radicals capable They are used in the synthesis of polyurethanes. Developed a detergent derived from castor oil, monoglyceride obtained by the saponification reaction of ricinoleic acid which has antibacterial activity acting as a solvent of the chitin present in the bacterial cell wall. In the health area, specifically in endodontic area, detergent derived from the castor demonstrated antimicrobial activity similar to the 0.5% sodium hypochlorite. In this literature review work will be presented results of scientific studies related to the use of castor oil detergent (*Ricinus communis*) evaluated in vivo and in vitro on its bactericidal efficiency and increasing the presence of bacterial cultures present in the hospital and endodontic area .Before studies presented, the detergent derived from castor oil, ricinoleic acid ester, showed bactericidal efficiency, antimicrobial and fungicide on the analyzed strains proven microbiological reports, being more effective inhibition of Gram-positive bacteria, but the Gram-negative bacteria present greater resistance to detergent from castor beans. It was concluded that the results of the bacterial action of ricinoleic acid ester, bactericidal efficiency has great besides being biodegradable and can be used as an antiseptic and disinfectant in the control and elimination of bacterial cultures.

**Keywords:** Ricinoleic acid. Castor detergent. Bactericidal activity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Planta da mamona ( <i>Ricinus communis</i> ).....	13
Figura 2- Compostos tóxicos presentes na torta da mamona .....	14
Figura 3 - Fluxograma do processo de extração do óleo da mamona .....	16
Figura 4 - Triglicerídeo do ácido ricinoleico .....	17
Figura 5 - Composição de ácidos graxos no óleo de mamona.....	17
Figura 6 - Aplicação dos Derivados de Mamona por Tipo de Indústria. ....	19
Figura 7 - Formula estrutural da triricinoleína.....	20
Figura 9 - Síntese de Uretano a partir do isocianato e grupo hidroxila.....	21
Figura 8 - Estrutura do ácido ricinoleico (12-hidroxi-cis-octadec-9-enóico) .....	21
Figura 10 - Três pontos de funcionalidades do triglicerídeo do ácido ricinoleico.....	22
Figura 11 - Reações químicas genéricas no óleo de mamona para obtenção de derivados.....	23
Figura 12 - Possíveis produtos da reação de hidrogenação dos ésteres de metila do ácido ricinoleico.....	24
Figura 13 - Mecanismos das reações de hidrólise .....	25
Figura 14 - Lipase: <i>Candida antarctica</i> .....	26
Figura 15 - Hidrólise sequencial dos grupos acila no glicerídeo, catalisada por lípases.....	27
Figura 16 - Reação de saponificação do ácido graxo. ....	28
Figura 17 - Estrutura primária da quitina. ....	28
Figura 18 - Estrutura do Digluconato de Clorexidina.....	29
Figura 19 - Paredes celulares bacterianas .....	33
Figura 20 - Segmento curto da quitina .....	34
Figura 21 - Segmento do peptidoglicano da parede celular da bactéria gram-positiva <i>Staphylococcus aureus</i> . ....	34
Figura 22 - Transporte de íons por ionóforos. ....	35
Figura 23 - Percentual de sobrevivência para <i>Escherichia coli</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	11
2.1	OBJETIVO GERAL .....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	12
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	13
4.1	MAMONA.....	13
4.2	ÓLEO DA MAMONA ( <i>RICINUS COMMUNIS</i> ).....	15
4.3	ÁCIDO RICINOLEICO .....	20
<b>4.3.1</b>	<b>Composição do ácido ricinoleico</b> .....	20
<b>4.3.2</b>	<b>Extração do ácido ricinoleico</b> .....	24
4.4	DETERGENTE DA MAMONA .....	27
<b>4.4.1</b>	<b>Ação antimicrobiana do detergente da mamona</b> .....	29
4.5	AÇÃO BACTERICIDA DO ÁCIDO RICINOLEICO.....	31
<b>4.5.1</b>	<b>Estrutura das bactérias</b> .....	32
<b>4.5.2</b>	<b>Atuação do ácido ricinoleico</b> .....	35
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	39
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

A mamona, espécie da planta *Ricinus communis* também conhecida como carrapateira, é uma planta arbustiva, pertencente à família *Euphorbiaceae*. Seu arbusto contém uma parte aérea ramificada podendo variar de tonalidade nas cores verde avermelhada, apresenta folhas de formas variadas e sua inflorescência apresenta flores femininas na parte superior e masculinas na parte inferior. O fruto é envolta de espinhos que possui sementes lisas de diferentes tamanhos e coloração.

Não se sabe ao certo a origem dessa planta, mas há relatos de sua existência desde a antiguidade, pois fora encontrada nos sarcófagos dos antigos egípcios, ao redor das múmias dos faraós. Os egípcios consideravam a mamona uma planta medicinal e atribuíam a ela valores curativos. (MYCZKOWSKI, 2003).

Registros encontrados em Chilandar Medical Codex, um manuscrito medieval Sérvio que descreve sobre a ciência Européia do século 12 a 15, mostram entre outros fitoterápicos a semente da mamona, e seu uso na forma de pomadas, bálsamos e comprimidos, usados como tônica contra dores de cabeça, e hemiplegia. (JARIC et al. 2011 apud GIL 2014).

As sementes foram trazidas ao Brasil pelos portugueses e possivelmente pelos escravos, é utilizada desde a era colonial quando se extraía seu óleo para lubrificar engenhos de cana de açúcar, hoje está disseminada por todo território nacional, e em regiões tropicais e subtropicais do globo, pela sua excelente capacidade de adaptação. (VAINSENER, 2008).

Das sementes da mamona é extraído um óleo, popularmente conhecido como óleo de rícino, que contém uma enorme versatilidade química na área industrial, podendo ser usada na indústria de plástico, de cosméticos, tintas, vernizes, na siderurgia, como laxativo e vermífico. Seu uso era empregado também no tratamento de pele, cabelo e feridas cutâneas. (CANDIDO, 2001; NÓBREGA, 2003).

Nas sementes da mamona são encontrados também substâncias tóxicas à humanos, animais e insetos. Podem causar desde eventuais sintomas como diarreia, fraqueza, anorexia e fatalmente a morte. Essa toxicidade se dá devido a presença de uma proteína tóxica chamada ricina, e ao alcaloide ricinina, um agente convulsivo e inibidor da respiração mitocondrial. Essas toxinas não são encontradas no óleo, pois são insolúveis a ele. (LIMA, 2007; CHIERICE; CLARO NETO, 2001).

O óleo extraído da mamona corresponde entre 40 a 60% em peso destacando como componente principal o ácido ricinoleico,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ . (KOUTROUBAS et al., 1999; FAGUNDES et al., 2004). Um ácido carboxílico hidroxilado (hidroxiácido) pouco presente em óleos vegetais que corresponde a uma faixa entre 84,0% a 91,0% da composição total do óleo. (CANGEMI et al., 2010).

O ácido 12-hidroxi-cis-octadec-9-enóico (ricinoleico) é um ácido graxo incomum, possui uma molécula de 18 carbonos, contém um radical ácido carboxílico, uma insaturação *cis* no 9º carbono e uma hidroxila no 12º carbono. Esses grupos funcionais presentes no óleo de mamona o possibilitam a ser submetido a diversos processos químicos dando origem a uma diversidade de produtos. (CANGEMI, 2006).

Estudos relatam que o ácido ricinoleico, um ácido graxo essencial, tem ação bactericida atuando com ação citolítica por ser solvente da quitina presente na formação da membrana celular de micro-organismos, ressaltando que, possui um mecanismo de ação cicatricial no tratamento de feridas infectadas. (CANDIDO, 2001).

Segundo Ferreira et al. (1999), polímeros de uma solução composta por ésteres do ácido ricinoleico, denominada detergente de óleo de mamona, que será o objeto de estudo, apresentou propriedades antimicrobiana e bactericida no tratamento de dentes com necrose de polpa. Sua eficácia bacteriostática foi semelhante à do hipoclorito de sódio.

Com base no potencial apresentado sobre o óleo extraído da semente da mamona, mais especificamente o ácido ricinoleico, o presente trabalho apresentará através de revisões da literatura suas propriedades bactericidas, aplicação e resultados positivos e negativos do seu uso como coadjuvante no tratamento de feridas.

## 2 OBJETIVOS

Aqui serão mostrados os objetivos que são a base desse trabalho.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar e discutir dados sobre atividade antimicrobiana do detergente derivado da síntese do ácido ricinoleico extraído da semente da mamona *Ricinus communis* e seu uso como bactericida.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar dados sobre as ações bactericidas do ácido ricinoleico;
- b) Comparar e discutir os dados obtidos na literatura com as análises realizadas em laboratório do detergente derivado do óleo de mamona;
- c) Mostrar eficácia do ácido ricinoleico com relação a outros produtos antimicrobianos encontrados no mercado.

### 3 METODOLOGIA

Realizou-se levantamentos bibliográficos criteriosos em livros, publicações em periódicos e artigos científicos, revistas, laudos laboratoriais, monografias, dissertações e teses, por meio de dados eletrônicos como Scielo, Google Acadêmico, portal CAPES, editais da Revista Química Nova e revista Pesquisa FAPESP.

Utilizou-se como palavras chave: “óleo de mamona”, “detergente do óleo de mamona”, “ácido ricinoleico”, “propriedades antimicrobiana do ácido ricinoleico” e “ácido ricinoleico bactericida”, para buscar informações delimitadas sobre o assunto.

Foram selecionados estudos que apresentaram especificamente resultados, positivos ou negativos, sobre a atividade antimicrobiana do ácido ricinoleico através de análises microbiológicas *in vitro* e *in vivo*, sobre diferentes tipos de fungos e bactérias.

A empresa Biomecanica Ind. e Com. de Produtos Ortopédicos, gentilmente forneceram os estudos realizados sobre eficácia microbiológica do produto Higimed®, derivado do *Ricinus Communis* tendo como seu principal componente o ácido ricinoleico. Esses estudos foram realizados pela Universidade Estadual Paulista – UNESP e em laboratório de microbiologia.

## 4 DESENVOLVIMENTO

A seguir serão apresentados os dados levantados referentes aos desenvolvimentos, apresentando os produtos relacionados à mamona (*Ricinus communis*) e sua ação.

### 4.1 MAMONA

A mamona (*Ricinus communis*) por ter como característica a facilidade de adaptação em diferentes regiões, se desenvolve de forma nativa. Apresenta-se na forma de arbusto, suas raízes sendo bem desenvolvidas garantem a planta uma melhor adaptação às condições de secas prolongadas, suas ramificações podem ser encontradas na coloração verde avermelhada, variando de acordo com sua variedade. Suas folhas são lombadas e de formas e cores variadas, mas predomina o verde normal, sua inflorescência contém flores femininas no ápice e masculinas na base, podendo aparecer flores hermafroditas em seu extremo. Seu fruto é uma cápsula lisa ou com espinhos, contendo sementes. (Figura 1). (SCHNEIDER, 2002).

Figura 1- Planta da mamona (*Ricinus communis*)



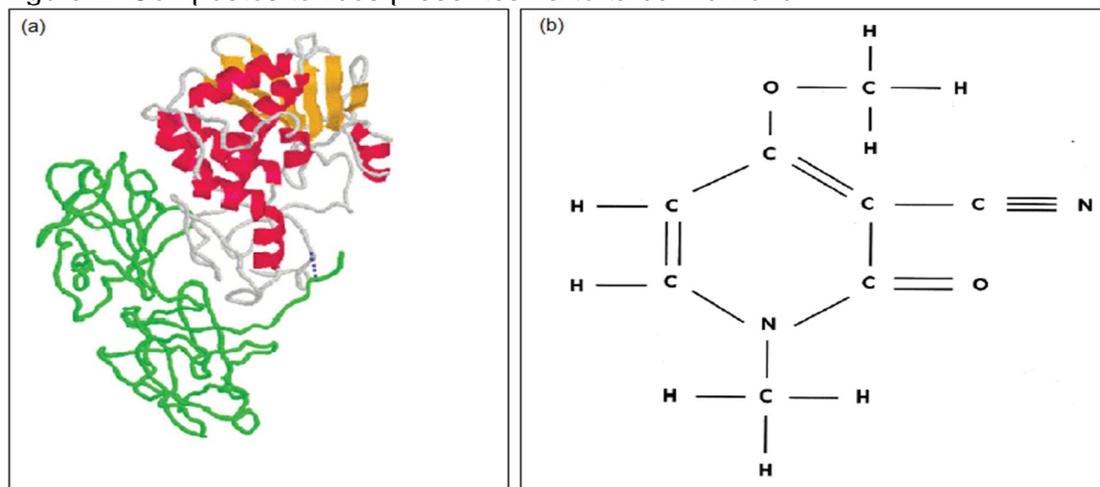
Fonte: Portal Medquimica (2015).

Suas sementes também possuem diferentes tipos de forma, cor, peso e tamanho. Possuem alto teor de óleo, podendo variar de 45% a 50%, sendo seu

componente principal o ácido ricinoleico, e o óleo o principal produto presente na mamona. (FREIRE et al., 2007).

Da extração do óleo de suas sementes, realizada por prensagem, a torta retida da mamona bruta possui compostos tóxicos, a ricina proteína de alta toxicidade, conhecida como Proteínas Inibidores de Ribossomos (RIP), que leva à morte celular por impossibilitar a síntese proteica, e a ricinina, um alcalóide tóxico; sua estrutura é formada por um monocíclico derivado da piridina e o grupo cianeto (Figura 2). Devido a esses compostos, tóxicos, encontrados na torta da mamona ser insolúveis no óleo e de baixa estabilidade térmica e solubilidade em água, eles são extraídos durante o processo de lavagem e cozimento com vapor de água saturado, não sendo encontrados no óleo da mamona. (LIMA, 2007; CHIERICE; CLARO NETO, 2001).

Figura 2- Compostos tóxicos presentes na torta da mamona



Fonte: Cangemi (2010).

Notas: (a) Estrutura tridimensional da ricina (b) Fórmula estrutural da ricinina

Adaptado pela autora

A estatura da planta também é muito variável, pode atingir de 5 a 6 metros de altura para uma variedade alta em condições propícias de plantio e cultivo, e em variedade baixas sua altura é de aproximadamente 1 metro. (SCHNEIDER, 2002).

Sua origem não é bem definida, mas há relatos sobre esta planta desde a antiguidade, no antigo Egito onde a utilizavam como planta milagrosa e também na Índia para os mais diversos fins. (SCHNEIDER, 2002).

A planta da mamona é considerada uma planta invasora, podendo ser encontrada em locais perturbados, como terrenos, estradas, bordas de campos de agricultura. (SILVA, 2010 apud LUZ, 2012).

No Brasil a mamona, dentre as oleaginosas cultivadas no país, tem sido considerada uma espécie de grande importância socioeconômica se destacando pelas características peculiares encontradas no óleo extraído de suas sementes, podendo ser utilizado para diversas aplicações, na indústria e na fabricação do biodiesel, com propriedades semelhantes a do diesel. Com isso vem conquistando espaço na área dos oleoquímicos, gerando indústrias que caracterizam a ricinoquímica. (LUZ, 2012).

#### 4.2 ÓLEO DA MAMONA (*RICINUS COMMUNIS*)

Óleo viscoso, não volátil e secativo, solúvel em etanol, insolúvel em água e pouco miscível em solventes alifáticos do petróleo, e quando comparado a outros óleos possui mais tempo de estabilidade, pois não sofre rancificação, se não submetido a temperaturas muito elevadas. (OGUNNIYI, 2006).

O óleo bruto é de coloração palha-claro e após ser refinado, apresenta coloração quase incolor, com odor característico. As especificações físico-químicas do óleo de mamona estão descritas na Tabela 1. (ARAUJO, 2015).

Tabela 1 - Especificações internacionais do óleo de mamona

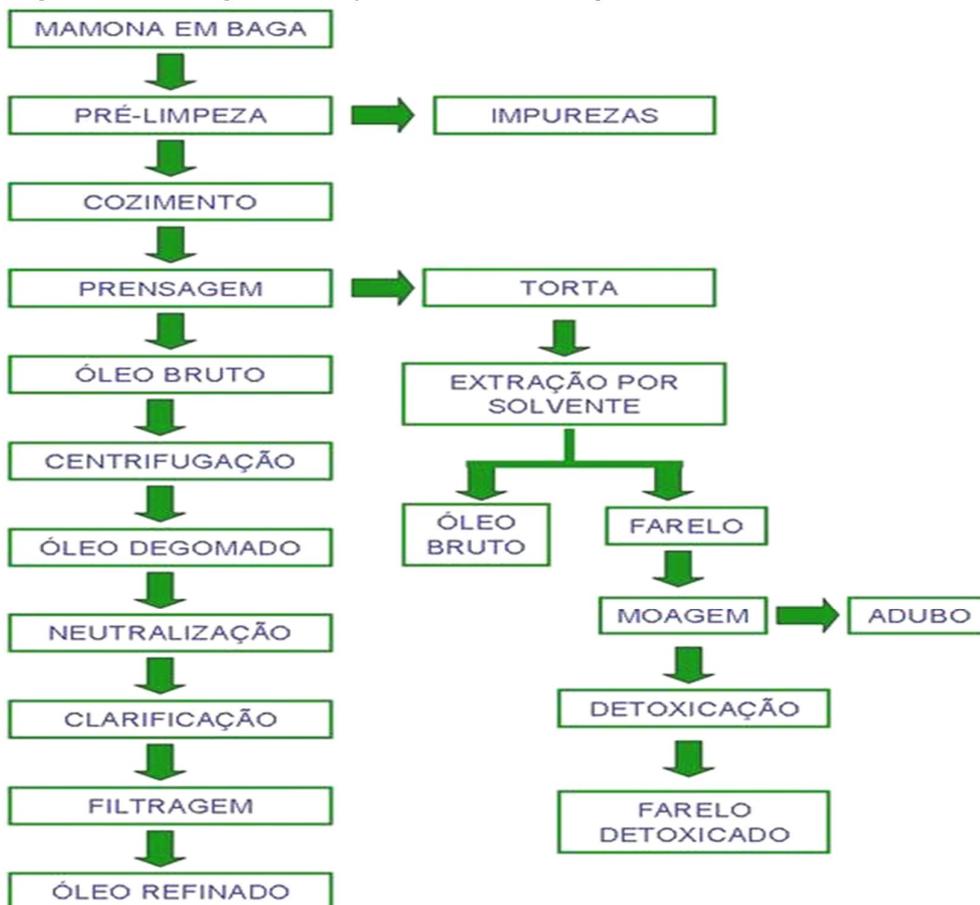
Especificações	British Standard First Quality*	U.S. Nº 1	A.O.C.S.
Índice de acidez	4 máx.	3 máx	4 máx.
Índice de saponificação	177-187	179-185	176-187
Índice de iodo-Wijs	82-90	82-88	81-91
Índice de R-M	-	-	abaixo de 0,5
Índice de Polenske	-	-	abaixo de 0,5
Índice de acetila	140 mín.	-	144-150
Índice de hidroxila #	156	-	161-169
Insaponificáveis (%)	1,0 máx.	0,5 máx.	abaixo de 1
Índice de refração, 20°C	1,477-1,481	-	1,473-1,477
Índice de refração, 40°C	-	-	1,466-1,473
Gravidade específica a 15,5/15,5°C	0,958-0,969	0,961-0,963	0,958-0,968
Viscosidade a 25°C **	-	U ± <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-
Temperatura crítica da solução em etanol	abaixo de 0°C	-	-

Fonte: Araujo (2015).

Sua alta viscosidade e solubilidade em álcoois a temperatura ambiente se deve a ligação de hidrogênio dos seus grupos hidroxilas, favorecendo a diversas reações químicas. (SEVERINO et al., 2012 apud FARIA, 2014).

A extração do óleo da semente pode ser realizada por prensagem, a frio ou a quente, ou por solvente. A semente passa pelo processo de pré-limpeza para eliminação de impurezas e depois segue para um cozinhador. É prensado e degomado por vapores de água, onde se obtém a borra que é misturada a torta para se extraída por solvente, no caso o hexano, originando o óleo e o farelo. O farelo serve para adubo após a desintoxicação e o óleo passa por um processo de clarificação com adsorvente e seco com demonstrado na Figura 3. O óleo quando usado para fins medicinais é feita por extração a frio, passando pelo processo de refino e neutralização, para se obter um óleo límpido, incolor e absolutamente isento de acidez e impurezas. (SCHNEIDER, 2002).

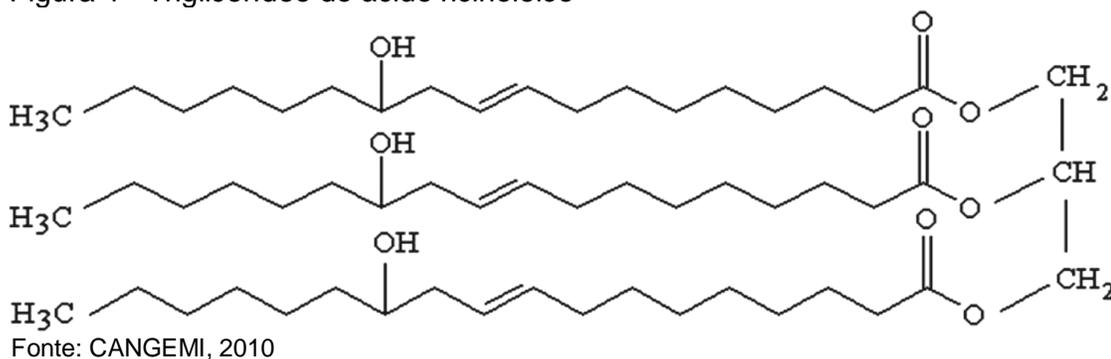
Figura 3 - Fluxograma do processo de extração do óleo da mamona



Fonte: Araujo (2015).

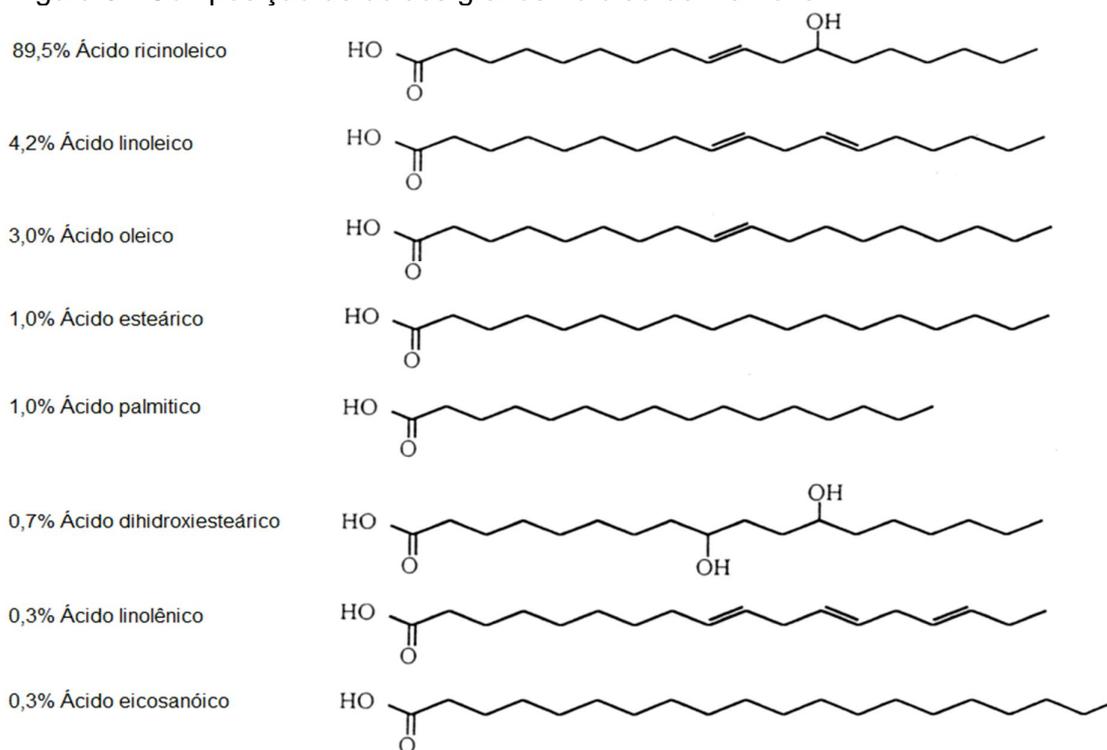
O óleo extraído das sementes da planta *Ricinus communis*, contém em sua composição 89,5 % do triglicerídeo do ácido ricinoleico, seu principal componente (Figura 4), pouco frequente em outros tipos de óleos vegetais. (CANGEMI, 2010).

Figura 4 - Triglicerídeo do ácido ricinoleico



Essas características presentes no triglicerídeo de ácido ricinoleico fazem com que o óleo de ricinus se diferencie dos demais, além de possuir também uma variação no teor de ácidos graxos em sua composição, como mostrado na Figura 5. (CANGEMI, 2010).

Figura 5 - Composição de ácidos graxos no óleo de mamona.



Fonte: Faria (2014)

Os processos de oxidação, hidrogenação e tratamento térmico são aplicados para obtenção do óleo refinado, modificado para se transformar em diferentes tipos de óleo para comercialização e derivados. (FARIA, 2014).

Sua aplicação se estende desde o setor de cosméticos, plásticos de engenharia, lubrificantes de motores a jato até recentemente na medicina com os polímeros poliuretano totalmente biocompatível. A Figura 6 mostra as diversas áreas industriais e os principais usos do óleo da mamona em produtos de maior destaque.

Devido aos seus diversos usos e a uma série de processos industriais bem-sucedidas para geração de uma variedade de diferentes plataformas químicas, o óleo de mamona é considerado uma das matérias primas mais promissoras para indústria química e de polímeros. (MUTLU; MEIER, 2010 apud FARIA, 2014).

Pesquisas comprovaram que o óleo de mamona possui propriedades inseticidas contra insetos e pragas, sendo utilizados no controle de pragas em diversas culturas. Arruda (2007) observou que o óleo não apresenta toxicidade sobre a parte aérea e da raiz da espécie *Araucaria angustifolia* Bertol.

Ramos Lopez (2010 apud LUZ, 2012, p. 24) identificou que a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), um inseto-praga de diversas culturas, mas em especial o milho, pode ser controlado pelo uso do óleo da mamona, que possui atividade inseticida contra insetos.

Figura 6 - Aplicação dos Derivados de Mamona por Tipo de Indústria.

Indústria	Aplicações	Derivados Utilizados
Agricultura	Fertilizantes	Torta de Mamona
Alimentos	Surfactantes, Aditivos para redução de viscosidade, Embalagens	Óleo de Mamona Polietoxilado
Têxtil (Químicos)	Acabamento, Tingimento, Nylon, Fibras sintéticas e resinas, Detergentes sintéticos, Surfactantes, Agentes de pigmentação	Óleo de Mamona Etoxilado, Óleo de Mamona Sulfatado ( <i>Turkey Red Oil</i> ), Metil-12-HSA
Papel	Antiespumante, Aditivos a prova d'água, Revestimento de papel	Metil-12-HSA, Glicerol
Plásticos e Borracha	Poliamida 11 (Nylon 11), Poliamida 6, Espuma de poliuretano, Adesivos, Resinas sintéticas, Plastificantes, Polióis	12-HSA, Heptaldeído, Ácido Ricinoleico, Ácido Sebácico, Ácido Undecilênico, Glicerol
Cosméticos e Perfumaria	Produtos de perfumaria, Batons, Tônico capilar, Xampu, Emulsificantes, Desodorantes	Óleo de Mamona, Ésteres do Óleo de Mamona, Ácido Undecilênico, Ricinoleato de Zinco, Heptaldeído, Ácido Heptanóico, Álcool Heptílico
Eletrônica e Telecomunicações	Polímeros para eletrônica e telecomunicações, Poliuretanos, Materiais isolantes	Ésteres do Óleo de Mamona, Polióis
Farmacêutica	Anti-helmíntico, Anticaspa, Emoliente, Emulsificante, Encapsulante, Expectorante, Laxativo e purgativo	Glicerol, Ácido Undecilênico, Undecilenato de Zinco, Undecilenato de Cálcio, Óleo de Mamona Hidrogenado
Tintas e Aditivos	Tintas, Plastificantes para revestimentos, Vernizes, Lacas, Removedor de adesivos, Aditivos dispersantes	Polióis, Glicerol, Ácido Ricinoleico, Óleo de Mamona, Óleo de Mamona Desidratado (DCO)
Lubrificantes	Graxa lubrificante, Lubrificantes para aviões, motores a jato, carros de corrida, Fluidos hidráulicos, Aditivos para combustíveis, Inibidores de corrosão	Ácido Ricinoleico, Ésteres de Óleo de Mamona, Óleo de Mamona Soprado, Ácido Heptanóico, Óleo de Mamona Hidrogenado, 12-HSA, Ácido Sebácico, Óleo de Mamona Etoxilado
Biocombustíveis	Biodiesel	Ricinoleato de Metila, Ricinoleato de Etila

Fonte: Faria (2014)

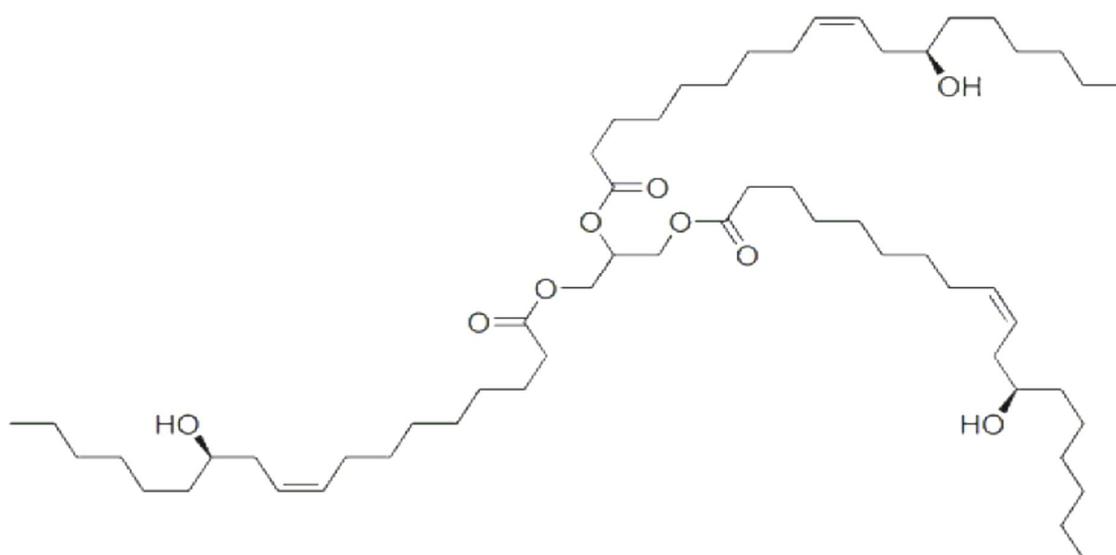
### 4.3 ÁCIDO RICINOLEICO

Compõe em 90% do óleo de mamona, considerado um importante intermediário na indústria química e apresenta ter propriedades que o diferem de outros óleos vegetais (FARIA, 2014).

#### 4.3.1 Composição do ácido ricinoleico

Um ácido graxo insaturado que constitui em 90% da composição total do óleo de mamona, sendo o componente principal, presente como triglicerídeo do ácido ricinoleico a triricinoleína como mostra na Figura 7.

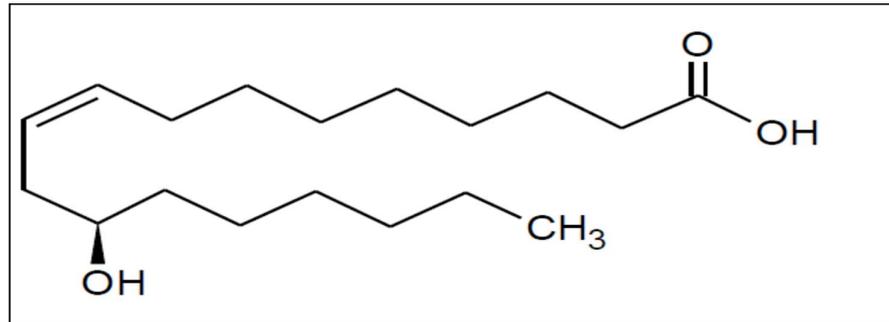
Figura 7 - Formula estrutural da triricinoleína



Fonte: Chemical Book (2015).

O ácido ricinoleico apresentado na Figura 8 se difere dos outros ácidos pelas propriedades físicas e químicas atribuídas pelos três grupos funcionais presentes em sua estrutura de 18 carbonos, um ácido carboxílico, uma hidroxila do seu C12 e uma dupla ligação *cis* entre C9 e C10. (CONCEIÇÃO et al., 2005). Possui peso molecular de 298 e ponto de fusão de - 5°C e o grupo hidroxila do ácido ricinoleico fornece ao óleo de mamona a propriedade exclusiva de solubilidade em álcool. (BELTRÃO, 2008).

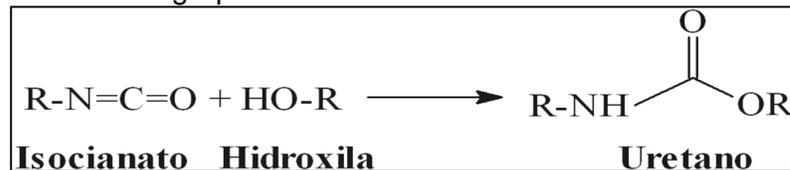
Figura 8 - Estrutura do ácido ricinoleico (12-hidroxi-cis-octadec-9-enóico)



Fonte: Gramacho (2012).

A síntese de uretano envolve a reação dos grupos funcionais hidroxilas presente no ácido ricinoleico com grupos funcionais  $N=C=O$  (nitrogênio, carbono e oxigênio) dos isocianatos, segundo mostra a Figura 9. (CANGEMI, 2010).

Figura 9 - Síntese de Uretano a partir do isocianato e grupo hidroxila



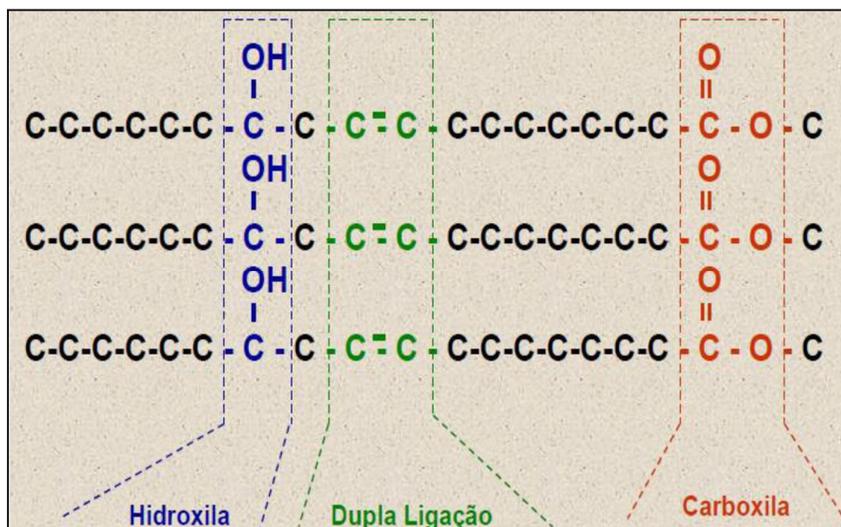
Fonte: Cangemi (2010).

A reação resulta em uma espuma de poliuretano, com baixa densidade, consistência rígida, macia ou esponjosa.

Pesquisa realizada com o polímero de poliuretanos derivados do óleo de ricinus tem mostrado total compatibilidade com organismos vivos, não apresentando rejeição. Devido sua estrutura molecular o organismo humano não o recebe como corpo estranho, sendo biocompatível, além de ser um produto biodegradável, capaz de ser convertidos em substâncias mais simples pelos micro-organismos presentes no meio ambiente. (IGNÁCIO; COLS, 1997; POLÍMERO...c2003; SNYDER, 1995).

As principais reações químicas de transformação do óleo de ricinus para diversas aplicações se baseiam na sua alta composição do ácido ricinoleico e nos seus três pontos de funcionalidade na molécula exemplificado na Figura 10. (SEVERINO et al., 2012).

Figura 10 - Três pontos de funcionalidades do triglicerídeo do ácido ricinoleico



Fonte: Claro Neto (2015).

Essas três funcionalidades da molécula do ácido ricinoleico permitem que o óleo de mamona seja capaz de sofrer diversas reações originando diversos derivados como apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Reações químicas genéricas no óleo de mamona para obtenção de derivados.

Tipo de Reação	Natureza da Reação	Reagentes Adicionados	Tipo de Produtos
<b>Carboxila (ligação éster)</b>	Hidrólise	Ácido, enzima ou reagente Twitchell	Ácidos graxos, glicerol
	Esterificação	Álcoois mono-hídricos	Ésteres
	Alcoólise	Glicerol, glicóis, etc.	Mono e diglicerídeos, monoglicóis, etc.
	Saponificação	Alcalis, sais metálicos	Sabões solúveis e insolúveis
	Redução	Sódio	Alcoois
	Amidação	Alquilaminas, alcanolaminas, etc.	Sais de aminas, amidas
<b>Ligação Dupla</b>	Oxidação, polimerização	Calor, oxigênio, agente de reticulação	Óleos polimerizados
	Hidrogenação	Hidrogênio (pressão moderada)	Hidróxi-estearatos
	Epoxidação	Peróxido de hidrogênio	Óleos epoxidados
	Halogenação	Cl <sub>2</sub> , Br <sub>2</sub> , I <sub>2</sub>	Óleos halogenados
	Reações de adição	S, ácido maléico	Óleos polimerizados
	Sulfonação	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Óleos sulfonados
<b>Grupo Hidroxila</b>	Desidratação, hidrólise, destilação	Catalisador, calor	Óleo de mamona desidratado
	Fusão cáustica	NaOH	Ácido sebáico, álcool caprílico
	Pirólise	Alto calor	Ácido undecilênico, heptaldeído
	Halogenação	PCl <sub>5</sub> , POCl <sub>3</sub>	Óleos de mamona halogenados
	Alcooxilação	Óxido de etileno e/ou propileno	Óleos de mamona alcooxilado
	Esterificação	Anidridos ftálico, maléico, fosfórico e acético	Ésteres de alquila, ésteres fosfatados
	Reações com uretano	Isocianatos	Polímeros de uretano
	Sulfatação	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Óleo de mamona sulfatado

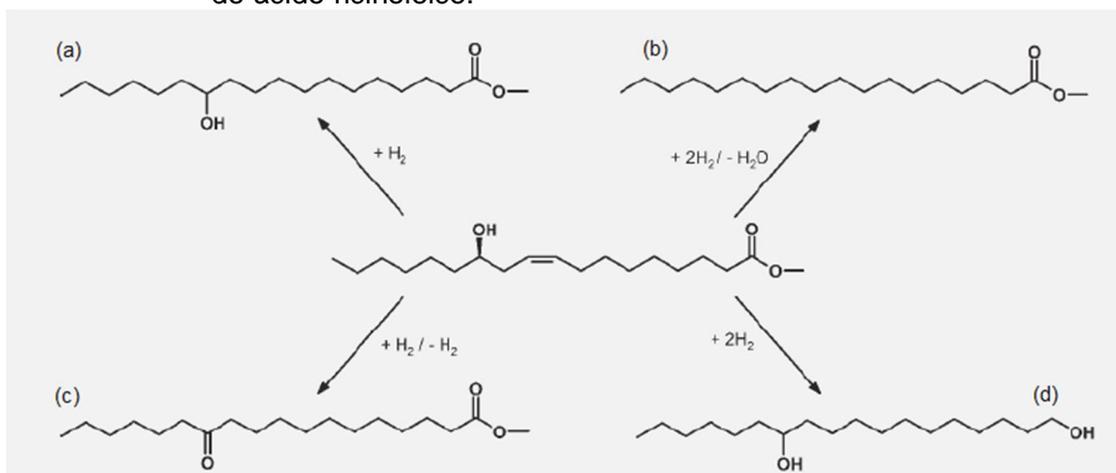
Fonte: Ogunniyi (2006).

Nota: Adaptado pela autora.

Nos três sítios ativos do triglicerídeo presente no óleo de mamona, a hidroxila, a insaturação e a carboxila podem sofrer várias modificações. Dentre as grandes transformações desejáveis para o óleo de rícino, o de maior importância industrial é a hidrogenação. (SCHNEIDER, 2002).

- a) Hidrogenação: ocorre a redução da insaturação, e acontece pela adição de hidrogênio juntamente com um catalisador, é centrifugada para a separação do catalisador e os produtos sólidos são secos a vácuo. O objetivo da hidrogenação não é apenas o de aumentar o ponto de fusão, mas também o de melhorar as qualidades de manutenção e odor. A Figura 12 mostra os possíveis produtos da hidrogenação de ésteres de metila do ácido ricinoleico pela sua dupla ligação gera 12-hidróxi-estearato; a combinação de desidratação com hidrogenação do óleo de mamona pode formar estearato de metila; e, ainda, pode-se fabricar 12-ceto-estearato em um processo envolvendo hidrogenação e posterior desidrogenação e álcool ricinoleato. (MUTLU; MEIER, 2010 apud FARIA, 2014).

Figura 12 - Possíveis produtos da reação de hidrogenação dos ésteres de metila do ácido ricinoleico.



Fonte: Faria (2014).

Notas: (a) 12-hidroxi-estearato (b) estearato de metila (c) 1-ceto-estearato (d) álcool ricinoleato.  
Adaptado pela autora.

#### 4.3.2 Extração do ácido ricinoleico

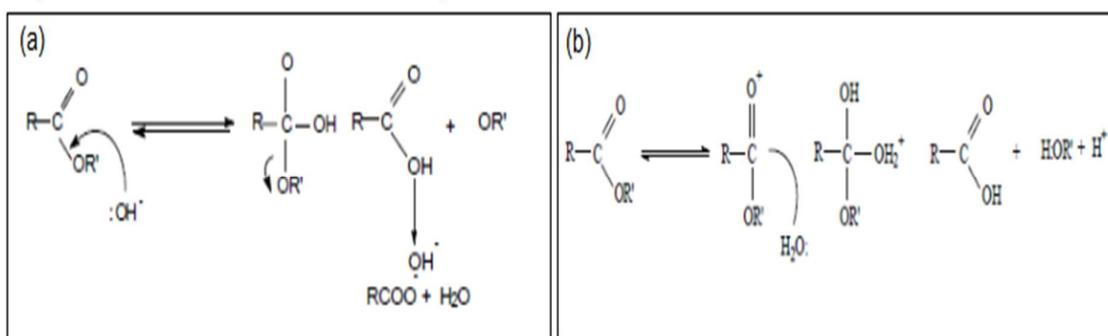
O ácido ricinoleico é um importante intermediário químico da indústria do óleo de mamona, obtido através da hidrólise do óleo de ricinus por métodos

convencionais que utilizam compostos químicos como catalisadores e físicos como altas pressões e temperaturas ou com uso de biocatalisadores.

Exemplos importantes do processo convencional são: hidrólise alcalina (saponificação), hidrólise com reagente Twitchell e Splitting a alta temperatura.

Na Figura 13 apresenta o mecanismo dos processos de hidrólise alcalina que ocorre pela saponificação na reação do óleo com solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) entre 70 e 100°C, seguida pela hidrólise ácida que ocorre pela acidificação por ácido clorídrico. (FARIA, 2014).

Figura 13 - Mecanismos das reações de hidrólise



Fonte: Costa (2014).

Nota: (a) mecanismo da hidrólise alcalina (b) mecanismo da hidrólise ácida

O processo com o Reagente Twitchell é composto por uma mistura sulfonada de ácido oleico ou outros ácidos graxos similares, naftaleno e ácido sulfúrico. A mistura reacional é composta pelo óleo, 50% de água, 2% de ácido sulfúrico e 0,75 à 1,25% de Reagente Twitchell. Esse processo não é mais utilizado, pois leva a formação de subprodutos reduzindo o rendimento. (MAJID; HOSSAIN, 1980).

O uso do processo Splitting, que significa divisão, separação, utiliza altas temperaturas para decomposição do óleo em ácidos graxos livres, consiste em adicionar água e óleo de mamona ao reator e aquecer a mistura até chegar a pressão desejada. (LAKSHMINARAYANA et al., 1984 apud FARIA, 2014).

A formação de estolides, um subproduto de reação paralela entre o grupo funcional dos ácidos carboxílicos e a ligação dupla, é a principal desvantagem desses métodos anteriores. O uso de biocatalisadores tem sido uma alternativa para solucionar esse problema. (GOSWAMI; BASU, 2013).

O principal biocatalizador utilizado na hidrólise de óleos é a enzima Lípase, *Candida antarctica* (Figura 14), uma enzima não específica empregada para

produção de vários tipos de ésteres que realiza reações em temperaturas mais baixas e em pressão atmosférica, comparando com o método convencional, seu uso pode realmente reduzir a geração de subprodutos e melhorar assim o processo resultando em produtos de alta pureza. Lípase pertence a um grupo de enzimas que, quando em presença de água, catalisa as ligações de ésteres dos triglicerídeos. (GOSWAMI; BASU, 2013, GOSWAMI et al., 2009).

Figura14 - Lipase: Candida antarctica

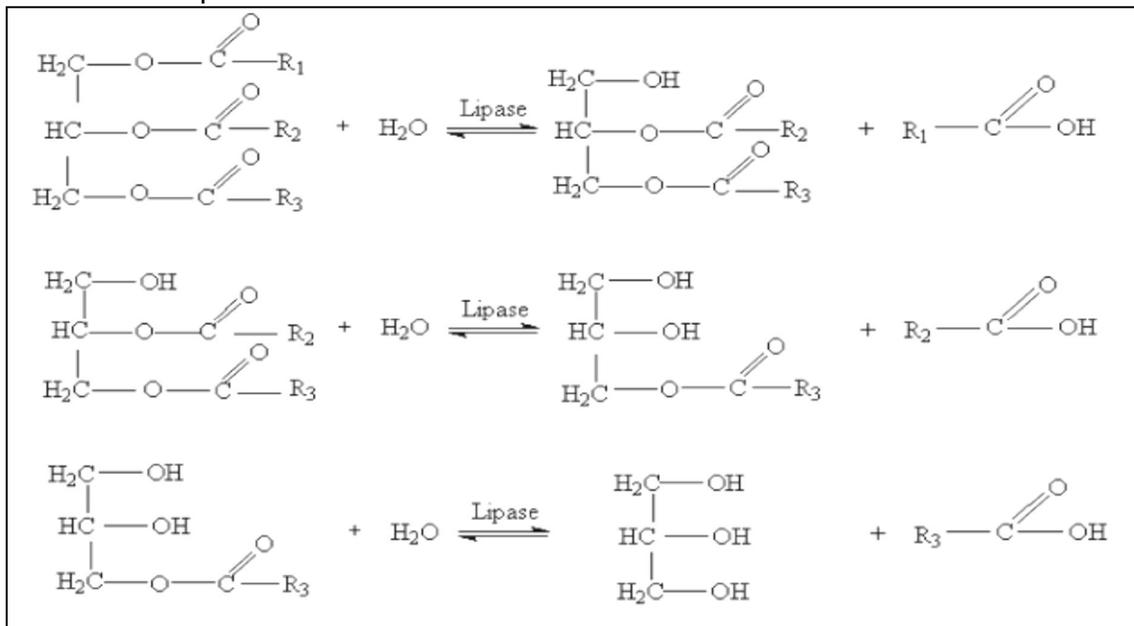


Fonte: Dias (2015).

As enzimas Lípase ácido graxo, tem ação específicas para hidrólise de ésteres de ácidos graxos de cadeia longa insaturada e com duplas ligações em *cis* no C9, como é o caso do triglicerídeo do ácido ricinoleico. (KAZLAUSKAS et al., 1998 apud CASTRO, 2004).

A reação ocorre pela hidrólise de éster dos grupos acila no glicerídeo, que se inicia com o ataque nucleofílico do oxigênio da serina (composto da Lípase) no carbono carbonílico na ligação éster, liberando álcool e ácidos graxos, como demonstrados na Figura 15. (JAEGER, 1998; BALCÃO, 1996 apud CASTRO, 2004).

Figura 15 - Hidrólise sequencial dos grupos acila no glicerídeo, catalisada por lípases.



Fonte: Castro (2004).

O método mencionado anteriormente descreve a hidrólise catalisada pela enzima Lípase no triglicerídeo para obtenção de ácidos graxos livres, os monoglicerídeos de ácido ricinoleico.

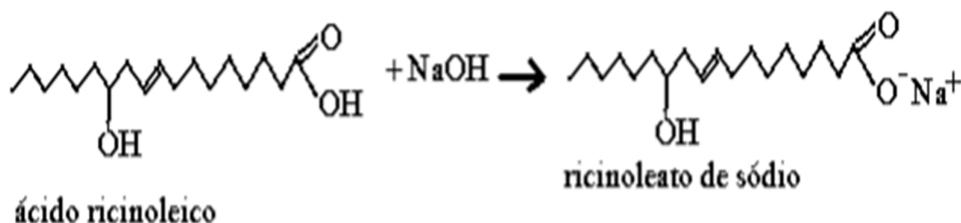
O grupo carboxila do ácido ricinoleico ao reagir com um componente alcalino, reação de saponificação, dá origem ao éster do ácido ricinoleico e aos sais do ácido graxo, o sabão. (CLARO NETO, 2015).

#### 4.4 DETERGENTE DA MAMONA

Ao contrário dos detergentes para uso comum, que são de origem sintética, o detergente da mamona é totalmente biodegradável por se tratar de um produto de origem vegetal, tendo como componente principal o óleo de ácido ricinoleico, derivado da mamona. (CLARO NETO, 2015; CANDIDO, 2001).

Segundo Burdock et al. (2006), o detergente da mamona é gerado através da reação de saponificação dos ácidos graxos do óleo de rícino, gerando como componente principal o ricinoleato de sódio (Figura 16).

Figura 16 - Reação de saponificação do ácido graxo.



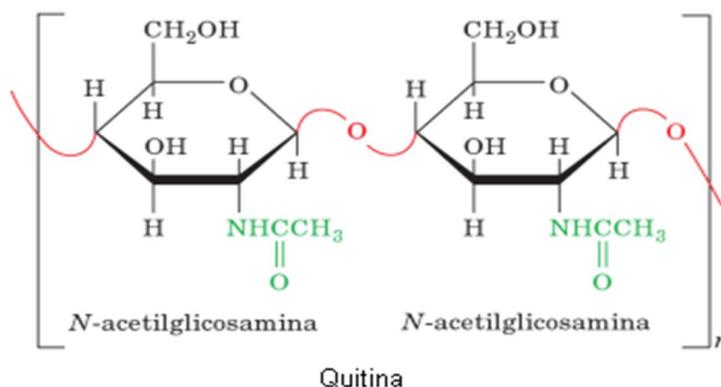
Fonte: Pinheiro (2015).

O Higimed®, produzido pela empresa Biomecanica, é um detergente derivado da mamona, composto por dietanolamina do ácido 12-hidroxi-*cis*-octadec-9-enóico. Possui pH no valor de 8,40 à 8,80 e propriedades não corrosiva aos metais. Seu uso é indicado para lavagem de material hospitalar cirúrgico devido sua grande capacidade de desincrustação e de se fixar a matéria orgânica dissolvendo-os na água<sup>1</sup>.

Detergentes e sabões são formados através da saponificação de ácidos graxos em geral os monocarboxílicos. Bactérias produzem óleos e gorduras a partir de ácidos monocarboxílicos de cadeia lineares com pares de átomos de carbono, características que favorecem a degradação dos mesmos. (ZAGO NETO, 2015).

Candido (2001) afirmou que o ácido ricinoleico atua por ação citolítica dissolvendo a quitina (Figura 17) presente na parede celular bacteriana.

Figura 17 - Estrutura primária da quitina.



Fonte: Voet (2013, p.369).

<sup>1</sup> FISPQ do produto Higimed® detergente desincrustante para limpeza de materiais hospitalares da empresa Biomecanica Industria e Comércio de Produtos Ortopédicos.2013.

#### 4.4.1 Ação antimicrobiana do detergente da mamona

Diversos estudos realizados, grande maioria feitos na área de endodontia, apresentaram a eficácia da utilização do detergente da mamona, o éster derivado do óleo da mamona, frente à inibição de crescimento de micro-organismos.

Em sua tese Gabriel (2009) apresentou estudos que comprovaram a capacidade antimicrobiana de ésteres derivado do óleo de mamona usado na endodontia. Ferreira (2002) realizou testes comparativos entre quatro agentes antimicrobianos, o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), o digluconato de clorexidina, o paramonoclorofenol e os ésteres derivados da mamona. Realizou-se os testes em colônias de *Prevotella migrescens*, *Fusobacterium nucleatum*, *Clostridium perfringens* e *Bacteroides fragilis*. O éster derivado da mamona obteve o segundo melhor resultado como agente microbiano utilizado em menor concentração, sendo que o primeiro foi a do digluconato de clorexidina (Figura 18).

Figura 18 - Estrutura do Digluconato de Clorexidina.

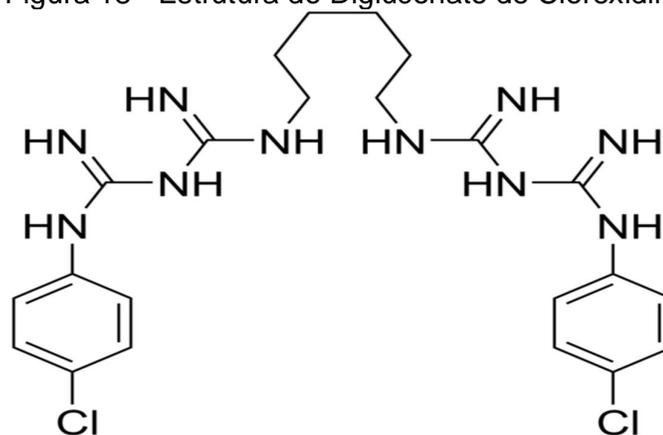


Figura: Barbin (2008).

Os ésteres também mostraram atividades antimicrobianas frente à organismos anaeróbios *Streptococcus* e *S. mutans*. Segundo Ferreira et al (1999) que comparam, *in vivo*, a ação antimicrobiana de três endodônticos (papaína gel a 0,4%, detergente de mamona a 3,3% e hipoclorito de sódio a 0,5%) sobre esses organismos anaeróbios presentes em dentes com necrose, os resultados obtidos foram de que o detergente da mamona e o hipoclorito de sódio apresentaram atividades antimicrobianas similares frente a todos os micro-organismos testado, já a papaína gel apresentou baixa atividade antimicrobiana.

Com relação à bactéria *Escherichia coli*, Messet (2005) verificou que o éster derivado do óleo de mamona, inibiu severamente o crescimento das culturas sem diluição da concentração, porém quanto altamente diluído (1:1000,00) a bactéria apresentou crescimento significativo com relação ao controle.

Em culturas de bactérias *Candida albicans*, Bertoletti et al. (2004) observaram que houve diminuição do número de células, que o detergente da mamona inibiu 90% de células e brotos vivos.

Watanabe et al. (2013) avaliaram mediante estudo *in vitro*, a atividade antibacteriana do detergente de óleo de mamona contra cepas de bactérias hospitalares e determinou a diluição inibitória máxima como mostrada na Tabela 2. Foram avaliadas 60 cepas bacterianas isoladas de infecções de pacientes hospitalizados, sendo 30 cepas de bactérias *Staphylococcus aureus* e 30 cepas de *Pseudomonas aeruginosa*. O detergente da mamona mostrou-se eficaz frente às cepas de *S. aureus* enquanto as cepas de *P. aeruginosa* não foram inibidas.

Tabela 2 - Diluição inibitória máxima do detergente de óleo de mamona contra *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* pela técnica de diluição de Agar.

Diluição	<i>S.aureus</i>		<i>P. aeruginosa</i>	
	Cepas inibidas		Cepas inibidas	
	No	%	No	%
1/163.840	....	....	....	....
1/81.920	....	....	....	....
1/40.960	....	....	....	....
1/20.480	....	....	....	....
1/10.240	....	....	....	....
1/2.560	....	....	....	....
1/1.280	....	....	....	....
1/640	....	....	....	....
1/320	....	....	....	....
1/160	20	66.7	....	....
1/80	30	100.0	....	....
1/40	30	100.0	....	....
1/20	30	100.0	....	....
1/10	30	100.0	....	....

Fonte: Watanabe (2013).

Nos seus estudos Watanabe et al. (2013) puderam constatar que a atividade antibacteriana do detergente da mamona somente foi eficaz para as bactérias Gram – positivas (*S. aureus*). O detergente de óleo de mamona demonstrou um mecanismo de ação, com base nos resultados obtidos, ineficaz para agir na parede celular da bactéria Gram- negativa, constituída por uma camada delgada de peptideoglicanos, lipoproteína, fosfolipídeos e lipopolissacarídeo (LPS). Por outro lado, a bactéria Gram-positiva é composta por uma espessa camada de peptideoglicanos, onde o detergente da mamona pode hidrolisá-las e rompe-las.

Oliveira (2005) afirma que os ésteres derivados do óleo de mamona tem a capacidade de romper as ligações dos peptideoglicanos na parede das bactérias Gram- positivas.

Em 1999, Ito et al., avaliaram a diluição inibitória máxima (MID) de detergentes derivado do óleo de mamona (B-RL20 e B-RL50) contra oito cepas de cocos Gram- positivo, quatro bacilos Gram-negativo e uma levedura. Considerou como sendo a máxima diluição inibitória a diluição que promoveu a completa inibição do desenvolvimento microbiológico (1:5 a 1: 5120). Mediante os resultados obtidos concluiu-se que o detergente da mamona apresenta ação antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas e leveduras, podendo assim ser usada como antisséptico e desinfetante, porém contra as Gram-negativas não houve ação.

Takano et al. (2007) avaliaram o efeito do detergente derivado do óleo de mamona sobre o desenvolvimento dos fitopatógenos: *Pyriculari grisea*, *Fusarium graminearum*, e *Colletotrichum lindemuthianum*. Os resultados indicaram que o detergente da mamona tem potencial fungicida direto sobre os fitopatógenos testados, e seu efeito antifúngico se deve aos danos causados na parede celular dos micro-organismos, ocasionando a morte celular.

Mandelbaum et al. (2003) comprovou a ação cicatrizante do éster do óleo de mamona, sendo que o mesmo atua em diversas fases do processo, como exemplo a permeabilidade da membrana celular, e no processo de mitose.

#### 4.5 AÇÃO BACTERICIDA DO ÁCIDO RICINOLEICO

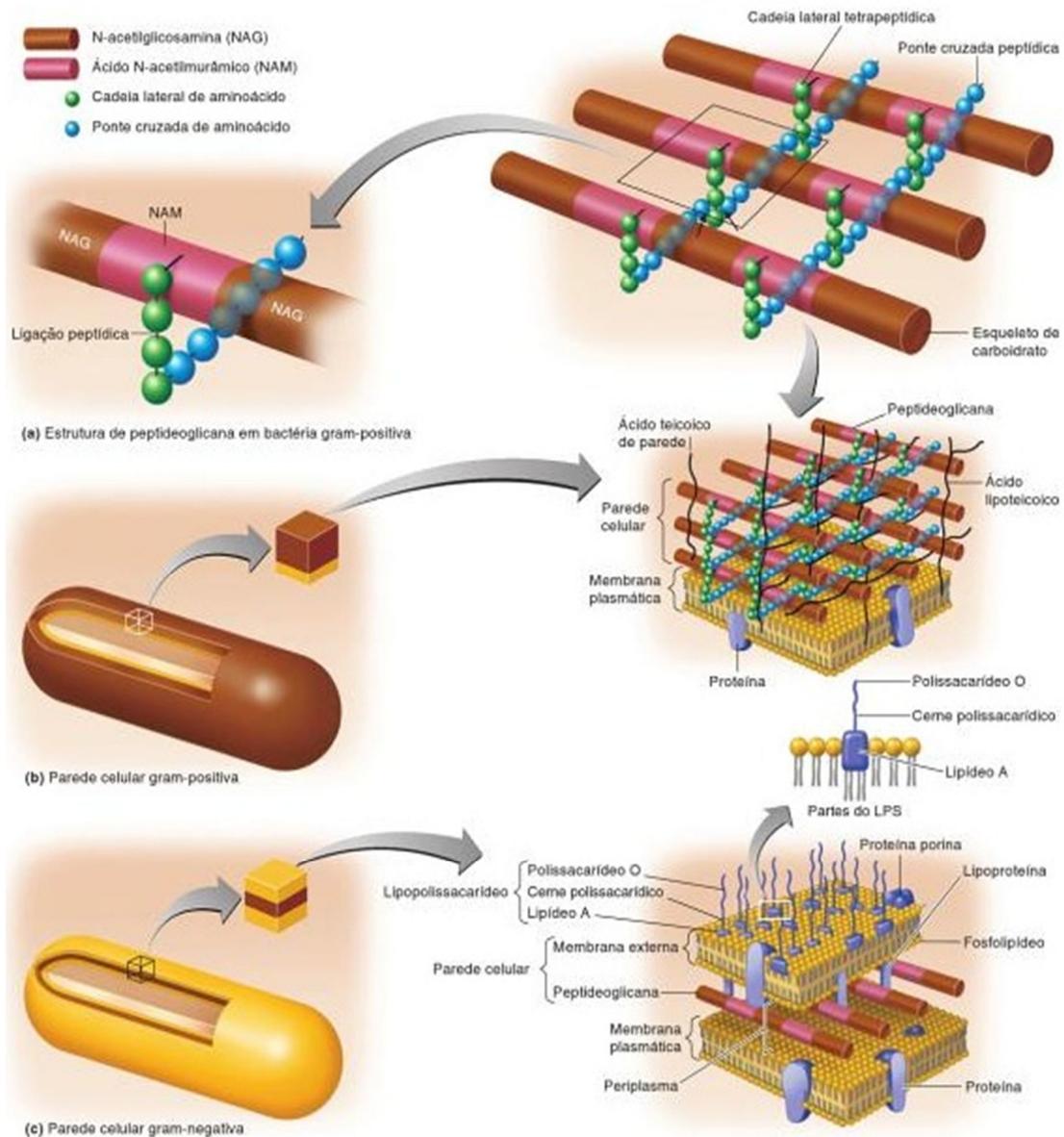
Diversos estudos mostram a atuação do éster derivado da mamona sobre diversas cepas de bactérias, apresentando grande eficiência bacteriana.

#### 4.5.1 Estrutura das bactérias

Bactérias são compostas por paredes celulares rígidas, dando-lhes suas formas características permitindo-lhe viver em ambientes com menores concentrações de sais do que a de seu interior, o que de outra forma causaria a lise de suas membranas por inchaço osmótico. A parede celular bacteriana é de extrema importância médica, por serem causadoras de doenças. (VOET, 2013)

São classificadas como Gram-positivas e Gram-negativas. A Figura 19 exemplifica as paredes celulares das bactérias Gram-positivas que apresentam em seu redor uma parede celular espessa, rígida, composta por muitas camadas de peptidoglicanos, além de conter ácidos teicoicos que fazem ligação e regulam o movimento de cátions para dentro e fora da célula, enquanto a Gram-negativa não contém ácidos teicoicos, possuem uma parede celular fina de peptidoglicano coberta por uma membrana externa complexa, composta por lipopolissacarídeos (LPS), lipoproteínas e fosfolipídeos, que funciona como uma forte barreira para certos antibióticos, enzimas digestivas como a lisozima, detergentes, metais pesados, sais biliares e certos corantes. (TORTORA, 2012).

Figura 19 - Paredes celulares bacterianas



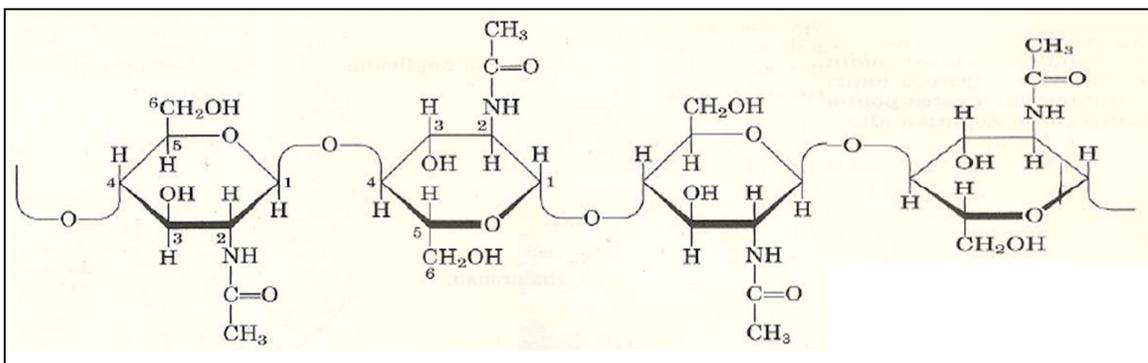
Fonte: Tortora (2012, p.86).

Nota: (a) estrutura peptidoglicana em bactéria Gram-positivas. (b) parede celular Gram-positiva. (c) parede celular Gram-negativa.

Segundo Candido (2001), a quitina presente na parede celular das bactérias, pode ser dissolvida pelo detergente da mamona. Devido à presença da insaturação do ácido ricinoleico, seu principal componente, que lhe confere um baixo ponto de fusão, além do radical hidroxila que faz com que altere a polaridade de suas moléculas, essa característica associada ao grupo polar no radical carboxílico faz com o detergente da mamona se torne um solvente ativo da quitina.

A quitina é um homopolímero de *N*-acetil-*D*-glicosaminas unidas por ligações  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4), um polissacarídeo, geralmente são insolúveis em solventes mesmo puros, responsáveis pela formação da estrutura dos exoesqueletos, crustáceos, insetos e da parede celular de micro-organismos como fungos (Figura 20). As sínteses da quitina são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de fungos e insetos. (LEDERKREMER, 1988; MERZENDORFER; ZIMOCH, 2003).

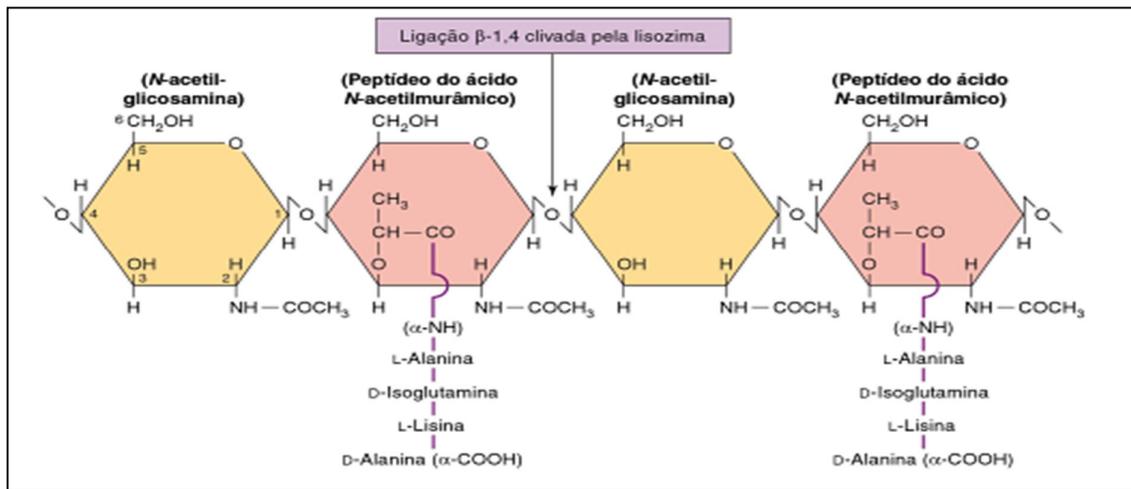
Figura 20 - Segmento curto da quitina



Fonte: Tabchoury (2015)

A quitina também compõe a membrana da parede celular das bactérias, no peptidoglicano, formada por unidades alternadas de *N*-acetilglicosamina e ácido *N*-acetilmurâmico representado na Figura 21. (VOET, 2013).

Figura 21 - Segmento do peptidoglicano da parede celular da bactéria gram-positiva *Staphylococcus aureus*.



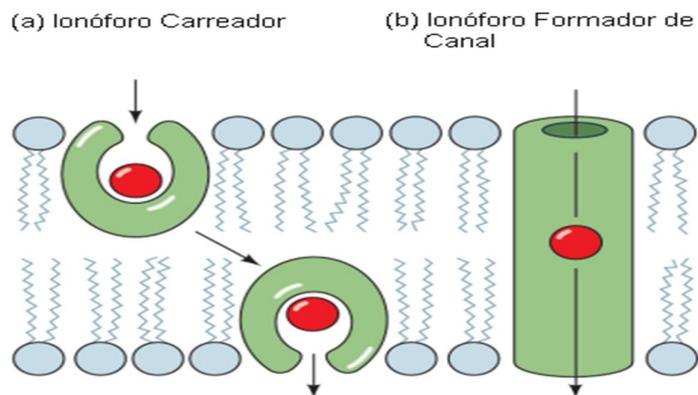
Fonte: Jawets (2014, p. 25).

#### 4.5.2 Atuação do ácido ricinoleico

Segundo Vieira et al. (2001), o ácido ricinoleico pode atuar com um ionóforo bivalente, que do grego significa *phoros*= portador, substâncias que aumentam muito a permeabilidade das membranas a determinados íons. São moléculas orgânicas de diversos tipos, que possuem atividade antimicótica por eliminar gradientes vitais ativos que as células e organelas mantêm através de suas membranas. Os ionóforos podem atuar com carreadores ou formadores de canal

Carreadores, aumentam a permeabilidade das membranas por difundirem determinados íons ligados a eles liberando-os do lado oposto. Os complexos iônicos de todos os carreadores devem, portanto, serem solúveis em solventes apolares, e os formadores de canal, formam canais ou poros transmembrana onde determinados íons podem se difundir, esse mecanismo está exemplificado na Figura 22.

Figura 22 - Transporte de íons por ionóforos.



Fonte: Voet (2013, p. 748).

Nota: (a) Ionóforos carreadores transportam íons porque se difundem através da bicamada lipídica. (b) Ionóforos formadores de canal formam canais que atravessam a membrana, através dos quais os íons podem se difundir.

Segundo estudos realizados por Rangel et al. (2008) no uso de ionóforos na dieta de ruminantes, o mecanismo de ação dos ionóforos sobre as bactérias ruminais relaciona-se com a resistência da estrutura da parede celular, responsável por regular o balanço químico entre o meio interno e externo da célula por equilíbrio chamado de bomba iônica. O ionóforo se liga ao cátion de maior afinidade e o transporta através da membrana para o meio da bactéria, e esta por meio do seu

mecanismo de defesa da bomba iônica, para manter seu equilíbrio osmótico, utiliza sua energia de forma excessiva suprimindo-a, afetando o crescimento das bactérias Gram positivas alterando seu equilíbrio energético e favorecendo o das bactérias Gram negativas que são mais resistentes aos ionóforos por apresentarem em sua constituição uma membrana externa protetora que produzem ácido propiônico enquanto as Gram-positivas são menos resistentes e produzem ácido acético, ácido butírico, ácido láctico, Hidrogênio e metano.

No estudo realizado por Torrent (2012), um óleo funcional a partir da mistura do óleo de caju (cardanol) e o ácido ricinoleico foi desenvolvido como alternativa aos inóforos para uso em ruminantes, substituindo os antibióticos sintéticos por substâncias naturais. O cardanol e o ácido ricinoleico atuam na membrana celular inibindo a multiplicação das bactérias Gram-positivas diminuindo assim a produção de ácido láctico, conseqüentemente controlando o pH do rúmen o que favorece a digestibilidade, além de melhorar eficiência do metabolismo energético e proteico do rúmen.

Valderramas (2006) comprovou que o ácido ricinoleico tem ação bactericida, com mecanismo relacionado à função citolítica, assim como também apresenta um mecanismo de ação cicatricial no tratamento de feridas infectadas, sendo usado como um coadjuvante no tratamento antibacteriano e por apresentar ações biológicas e farmacológicas ligadas à cicatrização e contra a ação de micro-organismos. O estudo foi realizado em animais camundongos avaliando a atividade antiinflamatória crônica e aguda do óleo de ricinus e sua toxicidade .A aplicação do derivado do óleo de ricinus mostrou-se como antiinflamatório eficiente inibindo em 75 % a inflamação no teste de edema da orelha do camundongo, nos ensaios de tecido granulomatoso inibiu em 62% a inflamação, nos ensaios in vitro a enzima fosfolipase A2, do processo inflamatório, foi inibida pelo óleo de ricinus e nos experimentos de cicatrização de úlceras de mucosa oral induzida por solução de NaOH 40% , o óleo de ricinus apresentou atividade cicatrizante de 60%.

O produto Higimed®, derivado do óleo de mamona, mostrou-se totalmente eficaz com ação antimicrobiana frente às cepas específicas de *Bacillusstearothermophilus*, pois não apresentou crescimento em 59 dos 60 tubos

inoculados com os microrganismos, conferindo um nível de confiança de 95% frente à cepa testada. (Informação verbal)<sup>2</sup>.

Estudos realizados pelo Instituto de Biociência da Unesp e pelo Instituto Adolfo Lutz, determinaram as concentrações de diluição inibitória máxima do derivado do ácido ricinoleico, Higimed®, mantendo suas características bactericidas frente as bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. (Tabela 3).

Tabela 3 - Determinação da atividade bactericida do ácido ricinoleico, componente do Higimed®.

<b>Micro-organismos</b>	<b>Diluição Higimed®/ SF</b>
<b>GRAM-POSITIVO</b>	<b>CONCENTRAÇÃO</b>
<i>Staphylococcus coagulase neg</i>	1:1000
<i>MRSA (Staphilococcus aureus resistentes a metacilina)</i>	1:2000
<i>MSSA (Staphilococcus aureus sensíveis a metacilina)</i>	1:1200
<i>Enterococcus</i>	1:240
<b>GRAM- NEGATIVO</b>	<b>CONCENTRAÇÃO</b>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
<i>Escherichia coli</i>	
<i>Enterobacter SP</i>	
<i>Citrobacter SP</i>	1:4
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	
<i>Acinetobacter</i>	
<i>Bacillus subtilis</i>	
<i>Bacillus cereus</i>	1:20
<i>Vibrio cholerae</i>	

Fonte: Candido (2001).

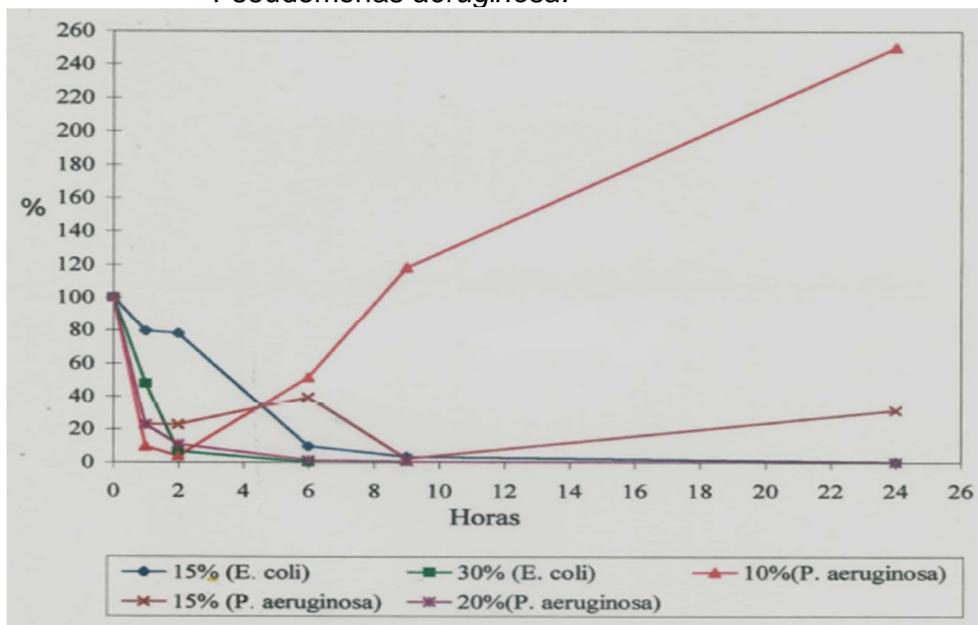
Nota: Adaptado pela autora

Candido (2001) também afirma que diante dos resultados encontrados da concentração de diluição inibitória do Higimed® sobre bactérias Gram- positivas e Gram negativas, ele tem grande eficiência bacteriostática, podendo ser indicado como desbridante químico, um removedor de tecidos mortos de feridas, facilitando assim a cicatrização.

<sup>2</sup> Laudo de ensaio microbiológico intitulado como ação bacteriológica frente a cepas específicas de *Bacillus stearothermophilus*, fornecidos pela empresa Biomecanica, realizados em fevereiro de 2001.

Análises da atividade antibacteriana do produto natural, Higimed®, testadas sobre as linhagens bacterianas: *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosas* verificou através do método de Curva de Sobrevivência pela diluição de 10%, 15%, 20% e 30% do produto em meio de cultura (%v/v). O produto Higimed® apresentou atividade bactericida sobre ambas as linhagens testadas, nas concentrações de 15% e 30% para *Escherichia coli* em 6 horas de cultivo, e 20% para *Pseudomonas aeruginosas* em 24 horas de cultivo com redução de 98,9% de células viáveis, porém em concentrações de 10% e 15% para *Pseudomonas aeruginosas* a inibição foi imediata, mas com tendência de acréscimo no períodos seguintes (Figura 23). (Informação verbal)<sup>3</sup>.

Figura 23 - Percentual de sobrevivência para *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*.



Fonte: Laudo de ensaio (1997).<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Laudo de ensaio microbiológico intitulado como Análise de Atividade Antibacteriana: Teste de sensibilidade através do método de Curva de Sobrevivência. Fornecidos pela empresa Biomecanica, realizados em outubro de 1997, pela Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências Botucatu.

## 5 CONCLUSÃO

Diante dos estudos apresentados, o detergente derivado do óleo de mamona, o éster do ácido ricinoleico, apresentou atividade bactericida, antimicrobiana e fungicida totalmente eficaz mediante as linhagens de cepas testadas.

Foram apresentados laudos microbiológicos onde foram comparados e discutidos resultados que comprovaram cientificamente sua ação frente às culturas bacterianas, mostrando-se com maior eficácia a inibição das bactérias Gram-positivas, porém as bactérias Gram-negativas apresentaram maior resistência ao detergente da mamona.

O detergente da mamona, em comparação com outros agentes antimicrobianos utilizados na área de endodontia, apresentou ação antimicrobiana similar a eles e com alta eficiência inibitória. Além de ser um detergente natural ao contrário dos outros agentes antimicrobianos apresentados que possuem Cloro em sua composição.

Com base nos resultados apresentados sobre a ação bacteriana do éster do ácido ricinoleico, concluiu-se que ele tem grande eficiência bactericida, além de ser um produto natural, biodegradável, pode ser utilizado como antisséptico e desinfetante no controle e eliminação de culturas bacterianas, domesticamente e principalmente em instituições de saúde.

## REFERÊNCIAS

- A química do poliuretano.. **Abiquim** 2015. Disponível em <<http://www.abiquim.org.br/comissao/setorial/poliuretanos/especificidade/historico-aplicacao>>- Acesso 28 abr 2015
- ANDRADE, I. M.; **Eficácia de um solução a base de mamona ( *Ricinus communis*) como higienizador da prótese total**. 2011. 113f. Tese (Doutorado em Odontologia: Reabilitação Oral) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.
- ARAUJO, J. M. et al. **Sistema de Produção da Mamona**, 2º Ed. Embrapa Algodão. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckhw7kz02wx5eo0a2ndxymoanjml.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw7kz02wx5eo0a2ndxymoanjml.html)> acessado em 23 maio 2015
- BARBIN, E. L. **Análise química da clorexidina misturada ou não ao hidróxido de cálcio**. 2008. 116 f. Tese (Doutorado em Odontologia).. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto. 2008
- BELTRÃO, N. E.; OLIVEIRA, M. I. P. **Oleaginosas e seus Óleos**: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel. Campina Grande: Embrapa Algodão, n 201, 2008.
- BERTOLETTI, A.C.D. et al. Viabilidade de *Cândida albicans* CCT 0776 in vitro sob atividade antimicrobiana do Poliquilgerm® derivado do óleo de *Ricinus communis* (mamona). In: ENCONTRO DE BIÓLOGOS DO CRBIO1, 15., 2004. São Pedro. **Anais...** São Paulo: Conselho Regional de Biologia, 2004. p. 142.
- CANDIDO, L. C. **Nova abordagem no tratamento de feridas**. São Paulo: SENAC-SP, 2001.
- CANGEMI, J. M. **Biodegradação de poliuretano derivado do óleo de mamona**. 2006. 142 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- CANGEMI, J. M. et al.; A revolução verde da mamona. **Química nova na escola**, São Paulo . v 32, n 1, fev 2010.
- CASTRO H. F. et al., Modificações de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n 1, p. 146-156 . jan/fev 2004.
- CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D.M.P. e LIMA, E.F. (Orgs.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2001. p. 89-120
- CLARO NETO, S.; **Uso e Aplicações do Óleo de Mamona**. Instituto de Química, Universidade de São Paulo . 85 slides. Disponível em:<<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/cbm3/palestras/Salvador%20Claro%20Neto.PDF>>. Acesso: 30 abr 2015

DIAS, B. Lipases. **Ufrj.br 2006**. Disponível em <<http://www.eq.ufrj.br/biose/nukleo/aulas/Enzimol%20Grad/aula12.pdf>> Acesso 17 maio 2015

FAGUNDES, F. P. et al. Avaliação das propriedades do óleo de mamona na produção de biocombustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3., 2004, Salvador, 2004. **Anais...** Natal: ABPG, 2004.

FARIA, D. R. G. **Uso de Programação Matemática na Síntese de uma Bioindústria de Mamona**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014

FERREIRA, C. M. et al.; Evolution of the antimicrobial activity of three irrigation solutions in teeth with pulpal necrosis. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto. v.10, n.1, p. 15-21. 1999.

FERREIRA, C.M. et, al. Activy of endocotic antibacterial agentes against selector anaerobic. **Brazilian Dental Journal**, Ribeirão Preto. v 13, n 2, p. 118-122. 2002

FREIRE, E.C. et al. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. 2., 2007. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007.

GABRIEL, J. R. **Estudo da hidrólise de carboidratos em meio neutro, utilizando uma mistura de ésteres do óleo de mamona**. 2009. 83 f. Tese (Doutorado em Ciências/ Química Analítica) – Universidade de São Paulo, 2009.

GOSWAMI, D. et al.; Lipase applications in oil hydrolysis with a case study on castor oil: a review. **Critical Reviews in Biotechnology**, India, v. 33, n 1 . p. 81-96. march 2013.

GIL, P. S. **Adição do ácido ricinoleico na dieta de equinos**. 2014. 218f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade de São Paulo. 2014.

GOSWAMI, D. et al.; Maximization of bioconversion of castor oil into ricinoleic acid by response surface methodology: **Bioresource Technology**, Kharagpur, v. 100, p. 4067-4073. 2009

GRAMACHO, D. R. **Caracterização e aproveitamento do resíduo sólido proveniente do processamento industrial do óleo de mamona**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Bahia, 2012.

IGNÁCIO, H. et al.; Uso da poliuretana derivada do óleo de mamona para preencher defeitos ósseos diafisários segmentares do rádio. **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo. n. 10, p. 815-821, 1997.

ITO I. Y.; Óleo de rícino: atividade antimicrobiana do detergente derivado do ácido ricinoleico. **Journal of Dental Research**. v 78, n 344, 1999

JAWETZ; MELNICK; ADELBERG. **Microbiologia Médica**. 26. ed. Porto Alegre: McGraw Hill Brasil, 2014.

KOUTROUBAS, S. D.; Adaptação e capacidade de produção de mamona (*Ricinus communis* L.) em um clima mediterrâneo. **Revista Europeia de Agronomia**, São Paulo. v. 11, n. 3-4, p. 227-237, 1999

LEONARDO, M. R. et al. In vitro evolution of the antimicrobial activity of a castor oil based irrigant. **Journal of Endodontics**, New York, v. 27, n. 12, p. 717-719, dec. 2001.

LIMA, E. P. Estudo da estrutura e função da ricina e de tecnologia para o uso da torta de mamona como alimento animal. In: II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CONNEPI, 2007. p. 16-29.

LUZ, R.P. **Caracterização morfológica, molecular e agronômica de cultivares de mamona**. 2012. 94 f. Dissertação ( Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, 2012.

MAJID, S. A.; Hossain, M. A. A study on the hydrolysis of fats and oils by the Twitchell reagent. Part III. Effect of the catalyst on different fats and oils. **Journal of Scientific and Industrial Research**, Bangladesh . v. 15, p. 107-114, 1980.

MANDELBAUM, S. H. et al. Cicatrização: conceitos atuais e recursos auxiliares- parte II. **Anais...** Brasileiros de Dermatologia, Rio de Janeiro, v. 78, n. 5, p. 525-542, Sept. / Oct. 2003.

MESSET, M.A. et al. Viabilidade de *Escherichia coli* CCT 1457 in vitro sob atividade antimicrobiana do Poliquilgerm® derivado do óleo de *Ricinus communis* L. (mamona). In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MICROBIOLOGIA AMBIENTAL, 1., Campinas, 2005. **Livro de resumos...** Campinas: FEA, 2005.

MYCZKOWSKI, I. L. **Variabilidade genética para o teor de óleo entre progênes autofecundadas de mamona (*ricinus cummunis* L.) da cultura Guarani**. 2003. 36 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de ciências agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

NÓBREGA, M. B. **Próteses de Mamona**: Pesquisa Fapesp. Ed 91, 2003. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2003/09/01/proteses-de-mamona>>. Acesso em: 14 mar. 2015

OGUNNIYI, D. S. Castor oil: A vital industrial raw material. **Bioresource Technology**, Barking, v. 97, n. 9, p. 1086-1091, jun. 2006.

OLIVEIRA, M. G. R.; **Estudo da decomposição de sacarose por hidrólise utilizando uma mistura de ésteres derivados do óleo de mamona**. 2005. 98f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

PINHEIRO, A. P. Influência da hidroxila da cadeia lipofílica na formação e estabilidade da espuma do tensoativo ricinoleato de sódio proveniente do óleo de mamona. **Anais...** Congresso Nacional de Mamona. Universidade Federal do Rio Grande do Norte 2015. Disponível em <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos\\_cbm2/002.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm2/002.pdf)> Acessado em 25 maio 2015.

PLANTA da mamona . **Portal Medquímica**. Disponível em <<http://www.portalmedquimica.com.br>> acessado em 22 maio 2015.

POLÍMERO de mamona substitui platina em próteses ósseas. **Ecoviagem**, 2003. Disponível em: <<http://ecoviagem.uol.com.br/noticias/ambiente/polimero-de-mamona-substitui-platina-em-protese-osseas-2502.asp>> Acesso em 29 abr 2015

SCHNEIDER, R. C. S. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino**. 2002. 205 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SNYDER, C. H. ; **A Química Extraordinária de Coisas Ordinárias** ; 2<sup>a</sup> ed, John Wiley & Sons.; Nova Iorque, p 323-339.1995.

TABCHOURY, C. M.; **Carboidratos**. Faculdade de Odontologia de Piracicaba , 37 slides. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/384494/> acesso em 24 abr 2015.

TAKANO, E. H. et al. Inibição do desenvolvimento de fungos fitopatogênicos por detergente de óleo da mamona (*Ricinus communis*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1235-1240, set /out 2007.

TRIRICIOLEIN; **CHEMICAL BOOK**, 2015<[http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB8965712.htm](http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB8965712.htm)>. Acesso em: 26 abr 2015

VAINSENER, S. A. **Mamona: Pesquisa Escolar Online**. Fundação Joaquim Nabuco. Recife.; out 2008. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 14 mar. 2015.

VALDERRAMAS, A. C.; **Estudo da atividade anti-inflamatória de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae)**. 2006. 55 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Sagrado Coração, Bauru, 2006.

VIEIRA, C. et al., Pro-and anti-inflammatory actions of ricinoleic acid: similarities and differences with capsaicin. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 364, n 2, p.87-95, August 2001.

VOET, D.; VOET, J. G. **Bioquímica**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

WATANABE, E. et al. Determinação in vitro da atividade antimicrobiana de detergente de mamona contra bactérias hospitalares. In: **Revista de Ciências Farmacêuticas Básicas e Aplicadas**, Ribeirão Preto. v 34, n1, p. 59-62. abril 2013.

ZAGO NETO, O.G. e PINO, J.C. **Trabalhando a Química dos Sabões de Detergentes. Instituto de Química.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio grande do Sul. Disponível em <<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/sabao.pdf>> Acesso em 04 abr 2015.