

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA E DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS:
UMA ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DA REUTILIZAÇÃO

Gustavo Morini Ferreira Gândara

Santa Bárbara d'Oeste
2000

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA E DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS:
UMA ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DA REUTILIZAÇÃO

Gustavo Morini Ferreira Gândara

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nádya Kassouf Pizzinatto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção

Santa Bárbara d'Oeste
2000

GÂNDARA, Gustavo Morini Ferreira

ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS: Uma Análise das Potencialidades da Reutilização (Santa Bárbara d'Oeste, 2000)

88 p. - Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba- UNIMEP, 2000.

Dissertação de Mestrado - UNIMEP

1. Rerrefino como principal alternativa de destino de óleos lubrificantes usados.

**ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS:
UMA ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES DA REUTILIZAÇÃO**

Gustavo Morini Ferreira Gândara

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Nádia Kassouf Pizzinatto, Presidente
Universidade Metodista de Piracicaba

Prof. Dr. Décio Eugênio Cruciani, PhD
Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP

Prof.Dr. Paulo Jorge Moraes Figueiredo
Universidade Metodista de Piracicaba

RESUMO

Este trabalho aborda o tema das alternativas de destino dos óleos lubrificantes usados e as conseqüentes implicações de cada uma em relação a diversos aspectos, com ênfase nos aspectos econômicos e nos processos produtivos, comparando as sistemáticas adotadas no Brasil com as de outros países da Europa e Estados Unidos. A alternativa de destino do óleo lubrificante usado mais discutida no trabalho é o rerrefino.

O estudo baseia-se em pesquisa bibliográfica e em estudo de casos em duas rerrefinadoras. Propõe, ao final, nova metodologia de coleta de óleos lubrificantes usados, priorizando os aspectos regionais, como forma de viabilizar o empreendimento dos que atuam no setor.

Palavras chave:

Rerrefino - Óleo lubrificante - Sistema de Comercialização - Petróleo

ABSTRACT

This theasis approaches the theme of the alternatives of destiny of the used lubricating oils and the consequent implications of each one in relation to several aspects, with emphasis in the economic aspects and in the productive processes, comparing the systematic ones adopted in Brazil with the the systematic adopted in another countries of Europe and North America. The alternative of destiny of the used lubricating oil more discussed in the theasis is the re-refining process.

The study is based on bibliographical research and in study of cases in two re-refining companies. It proposes, at the end, new methodology of collection of used lubricating oils, prioritizing the regional aspects, as form of making possible the enterprise of those who works in this area.

Key words:

Re-refining - Lubricating oil - Trade system - Coal oil

AGRADEÇO:

**À minha orientadora, Profa. Nádia;
ao Prof. Paulo, pelo apoio inicial;
aos meus pais, Lúcio e Sandra
e à minha esposa, Kelly,
sem os quais não teria sido
possível realizar esse trabalho.**

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. O PETRÓLEO NO MUNDO E NO BRASIL: DOS PROCESSOS DE EXTRAÇÃO À PRODUÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES	4
2.1.O Mercado Mundial do Petróleo.....	4
2.1.1. A Demanda pelo Petróleo	5
2.2. O Sistema Mercadológico dos Setores Envolvidos na Produção de Óleo Lubrificante no Brasil.....	7
2.3. Processos de Exploração, Extração e Refino	9
2.4. A Exploração do Petróleo	10
2.5. Perfuração	13
2.6. O Refino do Petróleo e Produção Primária de Óleos Lubrificantes....	16
2.7. O Processamento do Petróleo	16
2.7.1. Destilação Primária	19
2.7.2. Destilação a Vácuo	20
2.7.3. Craqueamento Térmico	20
2.7.4. Craqueamento Catalítico	21
2.7.5. Reformação Catalítica.....	22
2.7.6. Desasfaltação a Solvente	22
2.7.7. Produção de Lubrificantes	22
3. OS ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS: TIPOLOGIA E UTILIZAÇÃO.....	27
3.1.Características Básicas e de Uso	27
3.2.Classificações	31
4. DISCUTINDO O RERREFINO EM NÍVEL GLOBAL DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS	33

4.1.Rerrefino dos Óleos Lubrificantes Usados Quanto à Origem.....	34
4.2.Processos Alternativos de Rerrefino de Óleos Usados e suas Implicações.....	36
4.3. Sistemáticas Globais Adotadas para Óleos Lubrificantes Usados	40
4.4.Avaliação Econômica do Rerrefino	45
5. O RERREFINO NA PRÁTICA	47
5.1.Metodologia da Pesquisa.....	47
5.2.Resultados da Pesquisa	47
5.3.Análise do Processo Produtivo	49
6. CONCLUSÃO	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	60
9. ANEXOS	63
Anexo 1 - Artigo 225 da Portaria 727/90, do DNC	63
Anexo 2 - Resolução 09/93, do CONAMA	65
Anexo 3 - Questionário	74
Anexo 4 - Contrato de Coleta de Óleo Usado, Destinação e Outras Avenças (Modelo Padrão ANP)	78

LISTA DE FIGURAS

	Pag
1. Sistema Mercadológico dos Setores Envolvidos na Produção de Óleos Lubrificantes	8
2. Jazimento de óleo num reservatório natural.....	12
3. Torre de perfuração	15
4. Esquema geral de refinação do óleo cru até os produtos comercializáveis	17
5. Processo de destilação primária do petróleo.....	18
6. Processo de destilação a vácuo: asfalto e destilados	19
7. Processo de craqueamento catalítico fluido	21
8. Fluxograma da refinação de óleo lubrificante por extração a furfural ..	23
9. Desparafinação do óleo lubrificante.....	24
10. Produtos obtidos a partir do petróleo.....	25

LISTA DE QUADROS

	Pag
1. Consumo x Reservas mundiais de petróleo em 1991	6
2. Reservas x Produção mundial de óleo em 1992	7
3. Composição básica do petróleo.....	10
4. Usos e aplicações de alguns óleos lubrificantes.....	27
5. Requisitos de qualidade de óleos básicos lubrificantes.....	29
6. Principais aditivos empregados na formulação de óleos lubrificantes	30
7. Frações separáveis no processo de rerrefino de óleos usados.....	34
8. Contaminantes de óleos lubrificantes em motores diesel.....	36
9. Características típicas de águas residuais do rerrefino	37
10. Composição típica de uma borra ácida	38
11. Principais processos de rerrefino, industrialmente empregados.....	39
12. Limites de contaminantes para o emprego de óleos usados como combustíveis.....	43
13. Respostas das Empresas Rerrefinadoras	48
14. Processo Produtivo das Empresas Recuperadoras	50
15. Conhecimento das Determinações Legais pelas Empresas Recuperadoras	50
16. Informações Sobre o Mercado na Visão das Empresas Recuperadoras	51
17. Análise Econômica das Empresas Recuperadoras	52

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é historicamente reconhecido como fonte de energia da humanidade e matéria-prima para produção de insumos industriais bem como de produtos de uso generalizado, sendo os óleos lubrificantes minerais alguns de seus inúmeros subprodutos.

A descoberta do petróleo remonta a séculos, porém data do século passado o início de sua extração comercial, com técnicas sistemáticas que se aperfeiçoaram através dos anos.

O "boom" comercial do petróleo ocorreu neste século, em função de suas potencialidades para a produção de mercadorias energéticas (combustíveis), e como matéria-prima para uma infinidade de outros produtos.

Após a extração, o petróleo - ou o denominado "cru básico" - passa por processos de eliminação da água, dessalinização, e extração de areia e impurezas oriundas do processo de extração. Após estas etapas, o "cru" está em condições de ser refinado, dando origem aos diversos produtos e subprodutos básicos; dentre estes, os óleos lubrificantes. Portanto o petróleo é a principal matéria-prima dos óleos lubrificantes de origem mineral.

Os óleos lubrificantes são utilizados por todos os segmentos industriais (metalúrgicos, siderúrgicos, alimentícios, farmacêuticos, etc.) e principalmente no segmento dos motores automotivos.

Após o uso, seja na origem industrial ou automotiva, o óleo lubrificante usado necessita ser recuperado, por exigência da Resolução do CONAMA-09/93 (Anexo 2), através de um processo químico conhecido como rerrefino de óleo lubrificante. A preocupação com o destino do óleo lubrificante usado tem por pano de fundo, uma implicação ambiental, devido ao alto teor de metais pesados nele concentrados após sua utilização.

O processo de recuperação propicia uma sobrevida às reservas de petróleo e evita que o óleo usado contamine o meio ambiente através de despejos criminosos. Porém, esse mesmo processo de rerrefino do óleo usado gera como subproduto final a “borra-ácida” que, se não tratada devidamente pode ser tão danosa ao meio ambiente quanto o descarte indiscriminado do óleo usado.

Assim, embora o rerrefino do óleo usado seja uma exigência legal, há posições discordantes quanto a este direcionamento, devido aos efeitos danosos da borra ácida.

Em outros países não ocorre a obrigatoriedade legal do rerrefino do óleo lubrificante usado para reutilização, mas sim para fins energéticos. Mesmo neste caso, ele deve sofrer um tratamento de desmetalização.

Apesar da sistemática do rerrefino ser uma obrigatoriedade legal em nosso país, a adoção de outras formas de disposição em outros países leva ao questionamento sobre a viabilidade de aperfeiçoamento do sistema no Brasil.

Assim, como objetivos básicos do presente trabalho cita-se:

- que o setor de rerrefino de óleos lubrificantes usados sempre foi tratado com muito pouco interesse pelo governo e pela sociedade em geral. Sua grande importância era reconhecida apenas pelos setores e segmentos que realmente interagem com ele. Isso se devia à não percepção dos prejuízos inerentes ao não rerrefino do óleo usado, dado que a Resolução 09/93 do CONAMA (anexo 2) é relativamente recente. Tais prejuízos podem ser referentes à esfera ambiental, tendo em vista que se o óleo usado fosse descartado no meio ambiente geraria poluição, seu não rerrefino implicaria também na diminuição da longevidade das reservas de petróleo. Economicamente o rerrefino evita o custo da prospecção e refino na proporção total que sua demanda pelo mercado. A partir do momento em que se nota uma tendência nacional que busca melhorar o nível de vida através de medidas de preservação e controle

do meio ambiente é que surge o interesse da sociedade e do governo em estudar o assunto mais profundamente;

- identificar os elementos do fluxo do sistema mercadológico do setor, desde a prospecção do petróleo até o consumo do óleo lubrificante usado já recuperado.

Em resumo, este trabalho apresenta o processo de rerrefino do óleo lubrificante usado como uma obrigatoriedade legal, adotada por sistemática no Brasil, e o compara aos procedimentos de outros países no tocante a questão. Em segundo lugar, numa avaliação econômica do processo de rerrefino, apresenta dois estudos de casos de empresas recuperadoras do setor. Busca, portanto, contribuir para o aperfeiçoamento do setor, a partir da análise do processo desde a prospecção do petróleo até o rerrefino do óleo usado, sugerindo pontos para o aperfeiçoamento da sistemática adotada no Brasil.

2. O PETRÓLEO NO MUNDO E NO BRASIL: DOS PROCESSOS DE EXTRAÇÃO À PRODUÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

2.1. O Mercado Mundial do Petróleo

Com a criação do Monopólio Estatal do Petróleo (Lei 2004, de 03/10/1953) o governo brasileiro iniciou suas atividades (décadas de 50 e 60) relacionadas ao petróleo dando ênfase as atividades de exploração e produção de petróleo, objetivando a auto-suficiência do país. Porém, devido a constatação de que nossas bacias sedimentares terrestres nacionais não apresentariam os resultados propostos, o governo passou a dar mais atenção às atividades “DOWN STREAM” (refino e transporte) do que para as atividades “UP STREAM” (exploração e produção do petróleo).

No início dos anos 70, a Petrobrás, seguindo tendências mundiais, direcionou suas ações para a exploração de bacias marítimas.

Após os choques de petróleo na década de 70, o Brasil teve que reavaliar sua conduta em relação ao mercado mundial de petróleo.

Devido as altas de preços repentinas provocadas por esses choques, o Brasil saiu de uma posição passiva e iniciou um grande investimento em prospecção de petróleo principalmente na Bacia de Campos, litoral do estado do Rio de Janeiro.

Percebeu-se que não poderia mais haver uma dependência tão grande em relação ao petróleo importado. Em meados de 1973, cerca de 80% do volume total de petróleo consumido em nosso país era importado.

O governo, após os choques, elaborou planos de desenvolvimento visando aumentar a produção de petróleo, por ser essa a principal fonte de energia do país.

Esses investimentos para aumento da produção nacional geraram efeito positivo. Hoje, o Brasil produz 50% do petróleo consumido.

Após os choques do petróleo, no sentido de não onerar os cofres públicos, o governo brasileiro adotou uma modalidade de comércio internacional chamada “counter-trade”, que consiste basicamente na troca de produtos através de acordos bilaterais.

Essa nova modalidade de comércio permitiu ao governo não desembolsar capital - o que o descapitalizaria - e incrementaria determinados setores da indústria nacional. Dentre os setores incrementados podem ser destacados: o alimentício, o petroquímico, o de máquinas operatrizes, veículos de guerra, veículos automotivos, a construção civil e *commodities*.

Com essas medidas foi possível aumentar as reservas cambiais e melhorar nossa balança comercial (Quadro 1).

**QUADRO 1 - BALANÇA COMERCIAL DO BRASIL COM OS PAÍSES
EXPORTADORES DE PETRÓLEO (US\$ milhões)**

PAÍSES	1980			1986		
	Exportação	Importação	Saldo	Exportação	Importação	Saldo
Arábia Saudita	96.3	2081.2	-1984.9	213.8	879.8	-666.0
Argélia	166.5	81.2	85.3	131.0	93.4	37.6
China	72.2	244.1	-171.9	517.5	289.0	228.5
Equador	50.2	34.5	15.7	133.7	17.3	116.4
Irã	239.0	733.8	-494.8	180.8	69.9	110.9
Iraque	288.9	3779.6	-3490.7	372.0	96.2	-588.2
Kuwait	42.0	766.1	-724.1	36.8	-	36.8
Líbia	35.2	135.2	-100.0	15.7	1.3	-4.4
México	469.9	431.4	38.5	156.3	151.4	4.9
Nigéria	271.5	87.8	183.7	247.7	366.4	-118.7
Ex-URSS	370.2	31.0	339.2	265.7	44.8	220.9
Venezuela	230.0	570.4	-340.4	348.8	95.5	253.3
TOTAL	2331.9	8976.3	-6644.4	2619.8	-2969.0	-349.2

Fonte: CACEX. *Revista Petrobrás*, 1991.

Ainda nesse período o Brasil procurou diversificar seus parceiros comerciais, para não ficar sujeito a risco de fatores extra-comerciais no que se refere à segurança da oferta de petróleo. Principalmente considerando que, em 1979, o Brasil importava 90% de petróleo do Oriente Médio, região conhecidamente conturbada por conflitos armados (Quadro 2).

QUADRO 2 - IMPORTAÇÃO DE PETRÓLEO, SEGUNDO OS PAÍSES
(em mil barris)

PAÍSES	1973		1979		1986	
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%
Arábia saudita	105.44	45.2	107.685	29.4	79.445	36.2
Iraque	55.362	23.8	148.670	40.6	71.359	32.5
Irã	15.221	6.5	42.168	11.5	5.709	2.6
Kuwait	23.941	10.3	9.165	2.5	-	-
Emirados árabes	-	-	7.812	2.2	-	-
Qatar	-	-	5.825	1.6	-	-
Omã	1.139	0.5	15.794	4.3	-	-
Oriente médio	201.112	86.3	337.119	92.1	56.513	7.3
Venezuela	13.799	5.9	12.115	3.3	3.432	1.6
Nigéria	1.872	0.8	1.239	0.4	21.223	9.7
Líbia	11.673	5.0	1.576	0.4	-	-
Argélia	-	-	1.050	0.3	6.379	2.9
Gaba	-	-	5.560	1.5	1.600	0.7
Equador	254	0.1	-	-	1.301	0.6
TOTAL OPEP	228.710	98.1	358.656	98.3	190.448	86.8
México	-	-	-	-	2.085	1.0
Angola	152	0.1	-	-	5.187	2.4
China	-	-	4.818	1.3	20.701	9.4
Ex-Urss	-	-	-	-	923	0.4
Congo	-	-	2.585	0.7	-	-
Outros	4.098	1.8	-	-	-	-
TOTAL	232.960	100.0	366.059	100.0	219.344	100.0

Fonte: CACEX. *Revista Petrobrás*, 1991.

Porém viria a contrapartida: os programas de conservação de energia seriam acelerados e o gás natural ficaria competitivo ao petróleo em quase todas as regiões.

2.1.1. A Demanda pelo Petróleo

A lei da oferta e da procura não é diferente para o setor petrolífero. Quando os preços do petróleo situam-se em patamares altos há o inevitável incentivo a outras fontes de energia, como por exemplo o gás natural, o carvão e a eletricidade. Nos EUA por exemplo, em 1986, devido à queda do preço do petróleo o gás natural gerou 21% das necessidades energéticas dos EUA enquanto um ano antes gerara 23%. No mesmo período saltou de 42% para 44% em 1986 (Chevron, 1987).

Sendo negociado em um preço ao redor de US\$ 12,00 o barril o consumo de derivados de petróleo é inevitavelmente acelerado. Nesse patamar de preço praticamente só os países do Oriente Médio têm interesse em comercializá-lo. Outras regiões produtoras como o Mar do Norte perderiam a competitividade e seus poços provavelmente se tornariam inativos.

Já com preços em torno de US\$ 20,00 a situação se inverteria. Novos campos produtores seriam desenvolvidos no Mar do Norte (até mesmo nos EUA).

Porém viria a contrapartida: os programas de conservação de energia seriam acelerados e o gás natural ficaria competitivo ao petróleo em quase todas as regiões.

Observando o Quadro 3 nota-se que os países ricos, ou tem petróleo ou o têm em reservas declinantes. As reservas dos EUA caem ano a ano e garantem não mais do que seis (06) anos de consumo ou dez (10) anos de produção efetiva aos níveis atuais. Os EUA consomem cerca de 25% do petróleo refinado do mundo, o Japão cerca de 8%, a Europa Ocidental cerca de 21%. Assim, apenas esses três países consomem cerca de 54% do petróleo extraído do mundo.

Quanto à localização das principais reservas de petróleo, o Quadro 4 mostra que: Arábia Saudita, Irã, Iraque, Kuwait, Emirados Árabes, Líbia, Nigéria e Argélia são responsáveis por 70% das reservas mundiais.

QUADRO 3 - CONSUMO x RESERVAS MUNDIAIS DE PETRÓLEO - 1991

	CONSUMO MIL BPD	CONSUMO POR HAB. BARRIL/ANO	RESERVAS BILHÃO BARRIS	RESERVAS/CONSUMO ANOS
EUA	16180	23.3	33.8	5.7
Ex-URSS	8435	10.6	57.0	15.0
Japão	5295	15.6	0.1	0
Alemanha	2705	12.3	0.4	0
China	2405	0.8	24.0	27.3
França	2010	12.9	0.2	0
Itália	1895	11.9	0.7	0
Reino unido	1760	11.3	4.0	6.2
Canadá	1625	22.0	7.9	13.3
México	1585	6.6	51.3	88.7
Coréia do sul	1185	10.1	0	0
Brasil	1147	3.4	8.1	19.34
Espanha	995	9.3	0	0
Holanda	760	18.5	0.1	0
Argentina	430	4.9	1.6	10.2

Fonte: Oil & Energy Trends. *Mudanças no Setor - Petróleo*, maio/92, p. 11.

QUADRO 4 - RESERVA x PRODUÇÃO MUNDIAL DE ÓLEO - 1992

	RESERVAS BILHÃO DE BARRIS	PRODUÇÃO MIL BPD	R/P EM Nº DE ANOS	% RESERVA MUNDIAL	% PRODUÇÃO MUNDIAL
Arábia saudita	257.8	8.735	82.0	25.6	13.5
Iraque	100.0	480	> 100.0	9.9	0.7
Kwait	94.4	905	> 100.0	9.3	1.4
Irã	92.9	3.455	73.6	9.2	5.4
Emirados Árabes	92.2	2.050	> 100.0	9.2	3.1
Ex-URSS	62.6	2.500	69.7	6.2	4.1
México	57.0	9.085	17.3	5.7	14.2
EUA	51.3	3.155	46.2	5.1	4.9
China	32.1	8.850	9.8	3.2	13.1
Líbia	24.0	2.850	22.2	2.4	4.5
Nigéria	22.8	1.520	41.2	2.3	2.3
Argélia	17.9	1.850	26.6	1.8	2.9
Brasil	9.2	1.325	21.0	0.9	1.8
Canadá	8.1	647	34.3	0.8	1.0
	7.6	2.065	9.6	0.8	3.1

Fonte: BP Statistical Review of World Energy. *Mudanças no Setor - Petróleo*, Junho/93, p. 12.

É importante notar que as reservas brasileiras, referidas nos Quadros 3 e 4, são as já descobertas, as quais incluem as já cubadas (4 BI), base de apresentação das demais empresas.

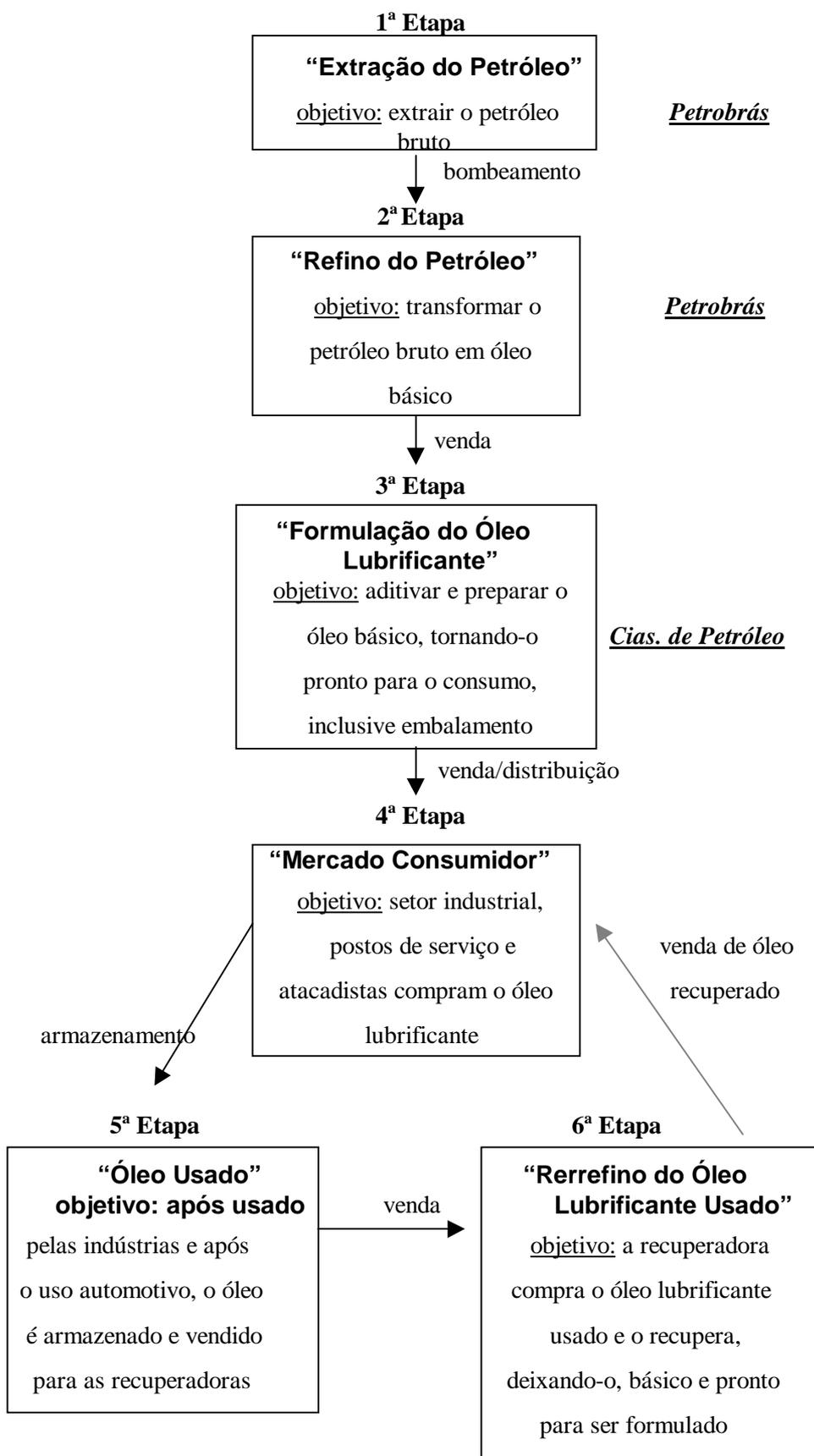
2.2. O Sistema Mercadológico dos Setores Envolvidos na Produção de Óleo Lubrificante no Brasil

Todo setor econômico envolve diversos segmentos organizacionais, como elos de uma corrente; em marketing, tal encadeamento é denominado Sistema Mercadológico (Kotler, 1998). Representa o funcionamento de um setor no mercado no caso do petróleo e seus derivados o Sistema Mercadológico no Brasil é apresentado na Figura 1.

Todo o setor é regulamentado pela Resolução do CONAMA-09/93, a extração e o refino do petróleo são de monopólio da Petrobrás (1ª e 2ª etapas). O setor regido por essa O setor privado surge na terceira etapa, com as companhias de petróleo que adentram o sistema, formulando o óleo lubrificante. Como tais, inserem-se a Shell, Esso, Texaco, etc. Na quarta etapa representa-se o mercado consumidor industrial e o automotivo (postos de gasolina, montadoras, postos de troca, atacadistas de óleo). No passo seguinte representa-se o óleo já usado, sendo vendido na sexta etapa para as indústrias recuperadoras que após preparar o óleo novamente para o uso vendem-no às companhias de petróleo. O óleo rerrefinado comprado pelas companhias de petróleo, é aditivado e colocado novamente no circuito comercial.

Assim, da terceira etapa em diante, o processo se torna cíclico, embora o processo de entrada do óleo virgem seja também constante.

FIGURA 1 – SISTEMA MERCADOLÓGICO DOS SETORES ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.3. Processos de Exploração, Extração e Refino

Quanto aos processos de formação do petróleo, existem algumas controvérsias. Entretanto, é sedimentada a idéia de que sua origem decorre do acúmulo de bio-elementos presentes particularmente nos leitos dos oceanos primitivos, ou seja, sua origem está na morte e decomposição da biomassa, animais, e microrganismos marinhos. O acúmulo destes elementos orgânicos em um ambiente com ausência de ar, e a ação microbiana destes meios na decomposição, transformam a matéria orgânica em hidretos de carbono, ou seja petróleo, que através de complexos mecanismos de transporte e acumulação se apresentam nas formas hoje conhecidas. O petróleo provavelmente migrou e acumulou-se nos locais mais favoráveis à sua retenção.

Uma observação importante com relação às características do petróleo está na heterogeneidade de composições, ou seja, nunca se extrai de poços distintos petróleo com a mesma composição entre química. Cada poço de petróleo gera um "cru" com composição diferenciada dos demais.

Em função desta heterogeneidade, adota-se como estimativas agregadas, algumas composições médias. Uma destas composições percentuais básicas dos diversos elementos químicos constituintes do petróleo é apresentada a seguir como ilustração.

QUADRO 5 - COMPOSIÇÃO BÁSICA DO PETRÓLEO

Carbono	81 a 88 %
Hidrogênio	10 a 14 %
Oxigênio	0,01 a 1,2 %
Nitrogênio	0,002 a 1,7 %
Enxofre	0,01 a 5,0 %

Fonte: MOURA,C.R.S., 1975, p.9.

Além das diferenças encontradas na composição do petróleo extraído de regiões diversas, as refinarias apresentam diferenças entre si em função tanto da matéria prima que processam quanto do perfil dos produtos. Estes elementos imprimem características próprias e peculiares a cada refinaria.

Com relação à prospecção, não há um método específico, ou infalível para se detectar um bolsão de petróleo. Dependendo da localização, seja na terra ou no mar, os métodos variam.

Existem pelo menos quatro métodos usuais para a prospecção do petróleo. São eles: prospecção sísmica terrestre, prospecção por aerofotogeologia, prospecção sísmica marítima e prospecção por aeromagnetometria. (Neiva J., 1986, p. 24-30)

2.4. A Exploração do Petróleo

A despeito dos grandes avanços observados na prospecção e exploração do petróleo nos últimos anos, inexistente um método direto absolutamente seguro de localização do petróleo subterrâneo que possa ser utilizado a partir das características superficiais do sítio.

Não se conhece nenhuma propriedade física do petróleo subterrâneo que possa ser detectada na superfície; cada nova reserva ou bolsão encontrado, apresenta características singulares.

O sucesso na prospecção de poços de petróleo evoluiu de 1 a cada 300 perfurações no início das sondagens para 1 a cada 9 perfurações em 1962 (Shreve, Brink Jr., 1980).

O local onde se encontra o petróleo não é necessariamente o local onde ele foi originado e a teoria "anticlinal" ou "estrutural" é aceita como explicação primeira para a migração e acumulação do petróleo. Esta teoria estabelece que o petróleo se origina nos folhelhos (rocha sedimentar de granulação fina, apresentando visibilidade marcante, isto é, tendência a

dividir-se em folhas, segundo a estratificação) e então, quando cresce a sobrecarga e o folhelho é compactado, o petróleo é forçado a migrar para rochas mais permeáveis, já saturadas de água. O petróleo desloca a água até se acumular nas partes altas estruturais, devido a sua menor densidade em relação a da água, ou até que uma rocha impermeável interrompa o fluxo dos fluidos (Moura e Carreteiro, 1978).

Vários métodos são usuais na exploração do petróleo. São apresentados a seguir:

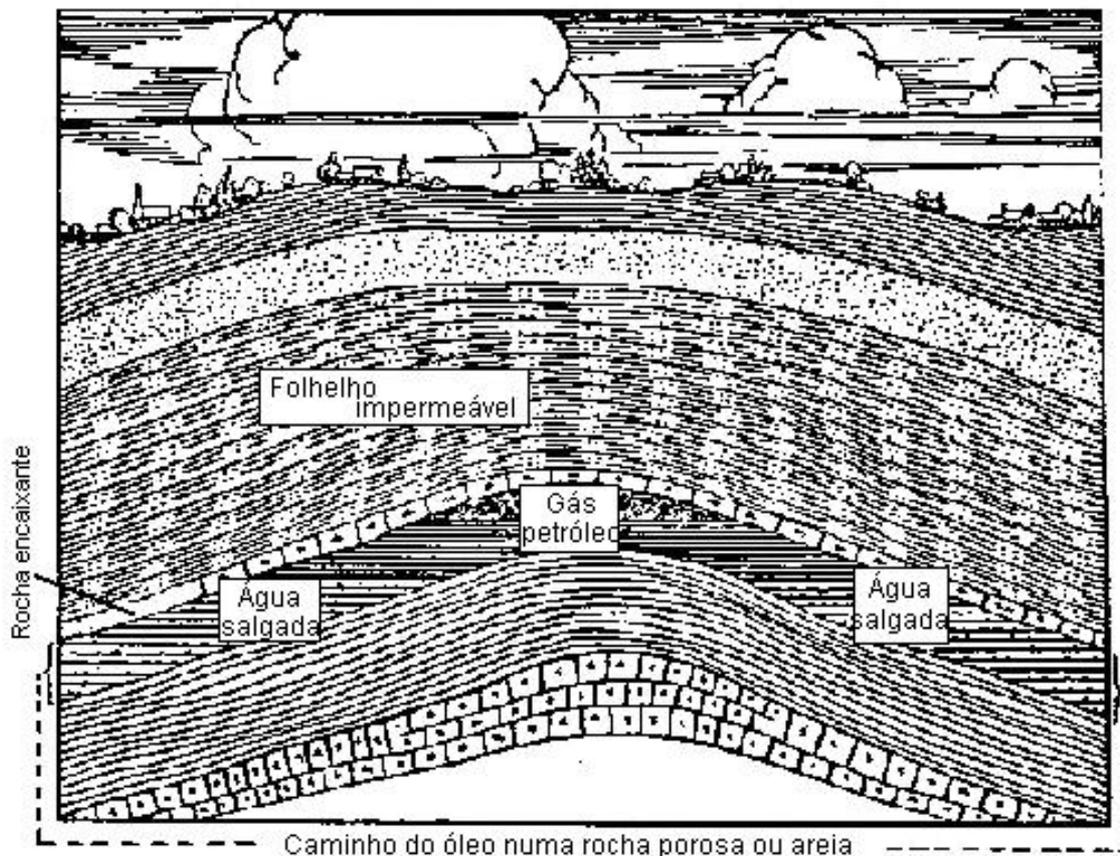
1. *Levantamento Gravimétrico*: utilizando-se instrumentos sensíveis, os técnicos determinam a probabilidade da ocorrência de domos e de depósitos a grandes profundidades. O topo da abóboda de uma anticlinal, ou de um domo, tem maior densidade que as rochas vizinhas, em virtude da compressão, o que representa os diversos estratos em torno da rocha ou areia portadora de óleo. Os depósitos de óleo e de sal também tem densidades diferentes (mais baixas) das densidades das rochas circundantes. Estas variações são detectadas por instrumentos gráficos.

2. *Levantamento Sísmico*: é a técnica de provocar a explosão de cargas em intervalos pré escolhidos, e registrar mediante instrumentos, localizados em diversos pontos das circunvizinhanças, as ondas refletidas pela explosão.

Existem outros métodos também usados como, a *determinação da condutividade elétrica da terra* ou *as condições magnéticas*. Porém estes dois parecem não ser tão convenientes quanto os levantamentos gravimétrico e sísmico. Toda essa pesquisa leva à perfuração de um poço pioneiro que quando tem êxito, leva à abertura de um novo campo de óleo.

O petróleo e o gás natural geralmente são encontrados entre os espaços porosos de rochas sedimentares, e em função da sua origem na decomposição de animais marinhos, o petróleo é encontrado principalmente em rochas sedimentares marinhas.

FIGURA 2 - JAZIMENTO DE ÓLEO NUM RESERVATÓRIO NATURAL



Fonte: Shreve R.N & Brink Jr, J., 1980, p. 585

O petróleo geralmente tem gás em solução, porém, quando sua proporção é grande, o excedente fica livre em uma zona sobre o óleo, chamado "gás cap".

A água pode estar contida, também, nas zonas de gás e óleo (petróleo), e é denominada água intersticial. Esse tipo de ocorrência pode se dar de três formas:

- como uma fina película úmida cobrindo a superfície dos grãos minerais;
- como gotas ao redor dos pontos de contato dos grãos minerais;

■ como enchimentos completos dos poros rochosos que têm pequenos canais ligando-os com os poros adjacentes.

Em geral, o óleo se localiza sobre uma camada subjacente de água, sob elevada pressão, e se estende pelas vizinhanças do sistema de

reservatórios dos campos; sobre o petróleo está o gás. Quando se retira o petróleo do reservatório a uma taxa suficientemente baixa, a entrada de água pelas fronteiras do campo e a expansão das grandes massas de água presentes tende a manter a pressão do reservatório.

Deve-se observar que até 80% do petróleo dos depósitos subterrâneos encontrados pode ser bombeado para a superfície e que praticamente todo o gás natural pode ser recuperado e utilizado. Na prática, uma parcela de petróleo é perdida.

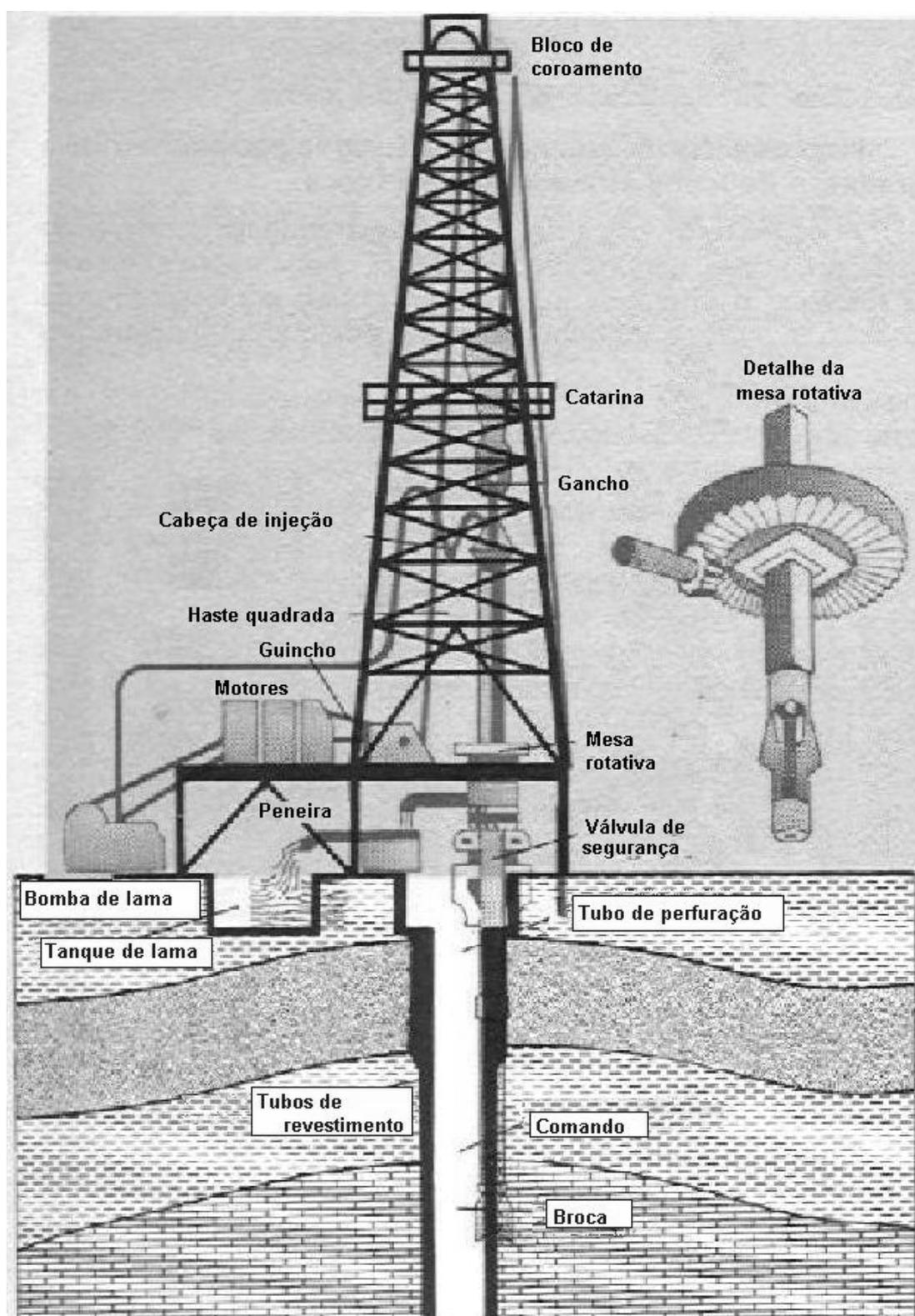
O movimento do petróleo nas jazidas subterrâneas está intimamente relacionado com a viscosidade e com a tensão superficial do material. Por sua vez, estes dois parâmetros estão relacionados com o gás dissolvido no óleo.

2.5. Perfuração

No século passado, as perfurações de poços de petróleo eram feitas com sondas de percussão acionadas por máquina a vapor. Esse método usado por décadas, consistia na movimentação alternada de uma pesada estaca. Já no final do século passado iniciou-se a perfuração giratória, ainda hoje a mais utilizada, persistindo o método de percussão em casos especiais.

O equipamento básico necessário para perfuração profunda em terra firme consiste em: torre de perfuração, talha de içar, mesa giratória, bombas para lama de perfuração e conjunto motriz.

FIGURA 3 - TORRE DE PERFURAÇÃO



Fonte: Neiva J., 1986, p.49

Com relação à lama de perfuração, o processo de perfuração giratória exige a circulação de um fluido a fim de manter limpos o fundo do fuso e a coroa (broca) de perfuração. Diversos fluidos são empregados para este fim sendo o mais usual a chamada lama de perfundo, constituída basicamente por 4 fases, a saber:

- fase líquida, constituída por H₂O;
- fase coloidal, constituída por siglas;
- fase inerte, constituída por compostos de bário (destinada a aumentar o peso específico da mistura);
- fase química, constituída por íons e substâncias que condicionam o comportamento das argilas coloridas.

Quando se extrai o petróleo, pode-se extrair também o denominado xisto oleífero do qual pode se extrair óleo através da pirólise. O óleo de xisto é constituído por 39% de hidrocarbonetos e 61% de outros compostos, mas fornece somente 3% de gasolina comercial na destilação. Mediante as técnicas convencionais de refinação do petróleo, o óleo de xisto cru pode ser melhorado a fim de fornecer quantidades adequadas de gasolina reformada, óleo diesel e outros combustíveis pesados.

O gás do Petróleo, ou gás natural, é outro produto da extração que ocorre em reservatórios porosos (com ou sem petróleo), e apresenta em sua composição básica principalmente hidrocarbonetos de série parafínica, outros gases que vão do metano ao pentano, dióxido de carbono, nitrogênio e até mesmo hélio. Os produtos mais importantes obtidos do gás natural são:

- * Combustível;
- * Gasolina natural;
- * GLP (gás liquefeito de petróleo);
- * Negro de fumo;
- * Hélio;
- * Hidrogênio;
- * Derivados petroquímicos.

A gasolina extraída do gás natural, apresenta características diferenciadas da extraída do petróleo cru. A gasolina com origem no gás natural é muito volátil, especial para partida em tempo frio.

2.6. O Refino do Petróleo e Produção Primária de Óleos Lubrificantes

Neste capítulo, serão apresentados os tradicionais métodos de refino de petróleo que dão origem aos óleos lubrificantes.

O primeiro passo no processamento do óleo cru (na refinaria) é sua separação por destilação em frações de diversas faixas de ponto de ebulição, ou seja, sob o efeito da temperatura, as frações mais leves vão se evaporando.

A separação por destilação se baseia na diferença de volatilidade dos componentes e é promovida através de sucessivas vaporizações e condensações.

A destilação do óleo cru em uma refinaria que produz óleo lubrificante é normalmente feita em dois estágios. O primeiro estágio ocorre em uma torre de fracionamento que opera à pressão atmosférica. Nesta torre são separados os combustíveis destilados e o gasóleo. No segundo estágio o resíduo é enviado ao aquecedor de uma segunda torre que opera a uma pressão reduzida (torre de vácuo).

2.7. O Processamento do Petróleo

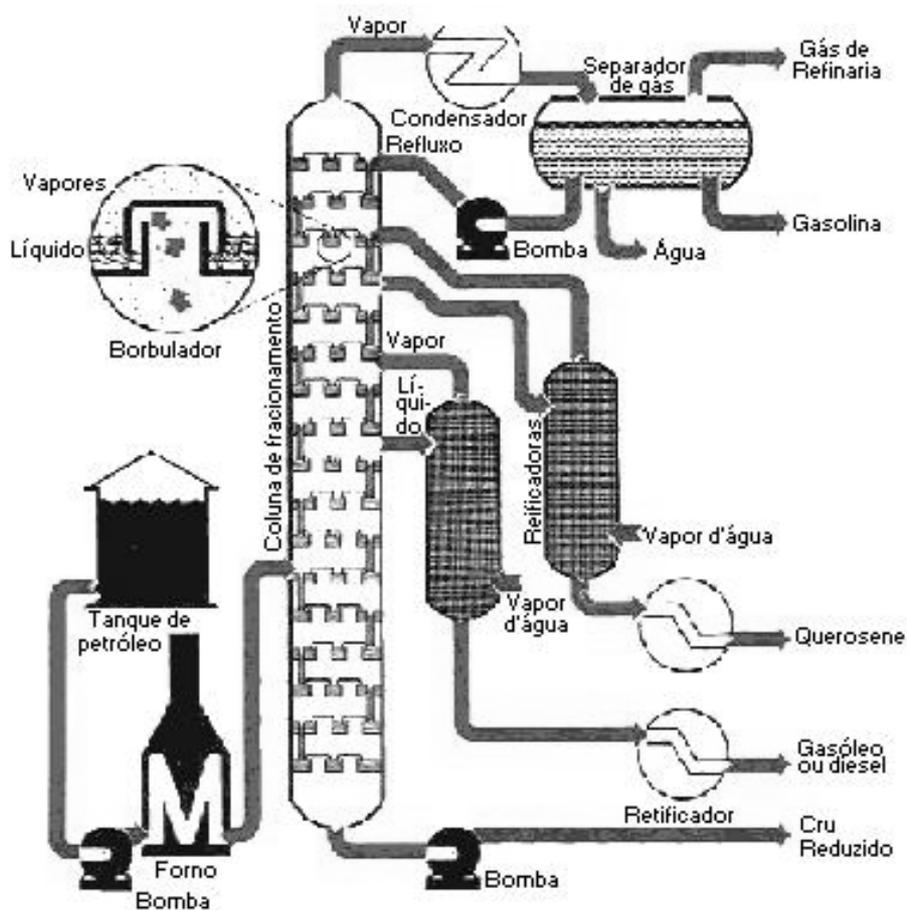
O refino do Petróleo para a produção de óleos lubrificantes pode ser seqüenciado da seguinte forma: destilação primária, destilação à vácuo, visco redução, craqueamento térmico, craqueamento catalítico, reformação catalítica, coqueamento retardado, hidrocraqueamento, desasfaltação a solvente e produção de lubrificantes .

2.7.1. Destilação Primária

A destilação Primária ocorre em uma torre que opera à pressão atmosférica, onde o petróleo entra aquecido e sofre vários fracionamentos, através de sucessivas vaporizações e condensações, promovendo a extração de derivados de maior e menor volatilidade.

Esse fracionamento de produtos, promovido mediante a diferença de volatilidade, se dá no interior da torre de fracionamento através de inúmeros “pratos” com borbulhadores dispostos horizontalmente, ao longo da torre.

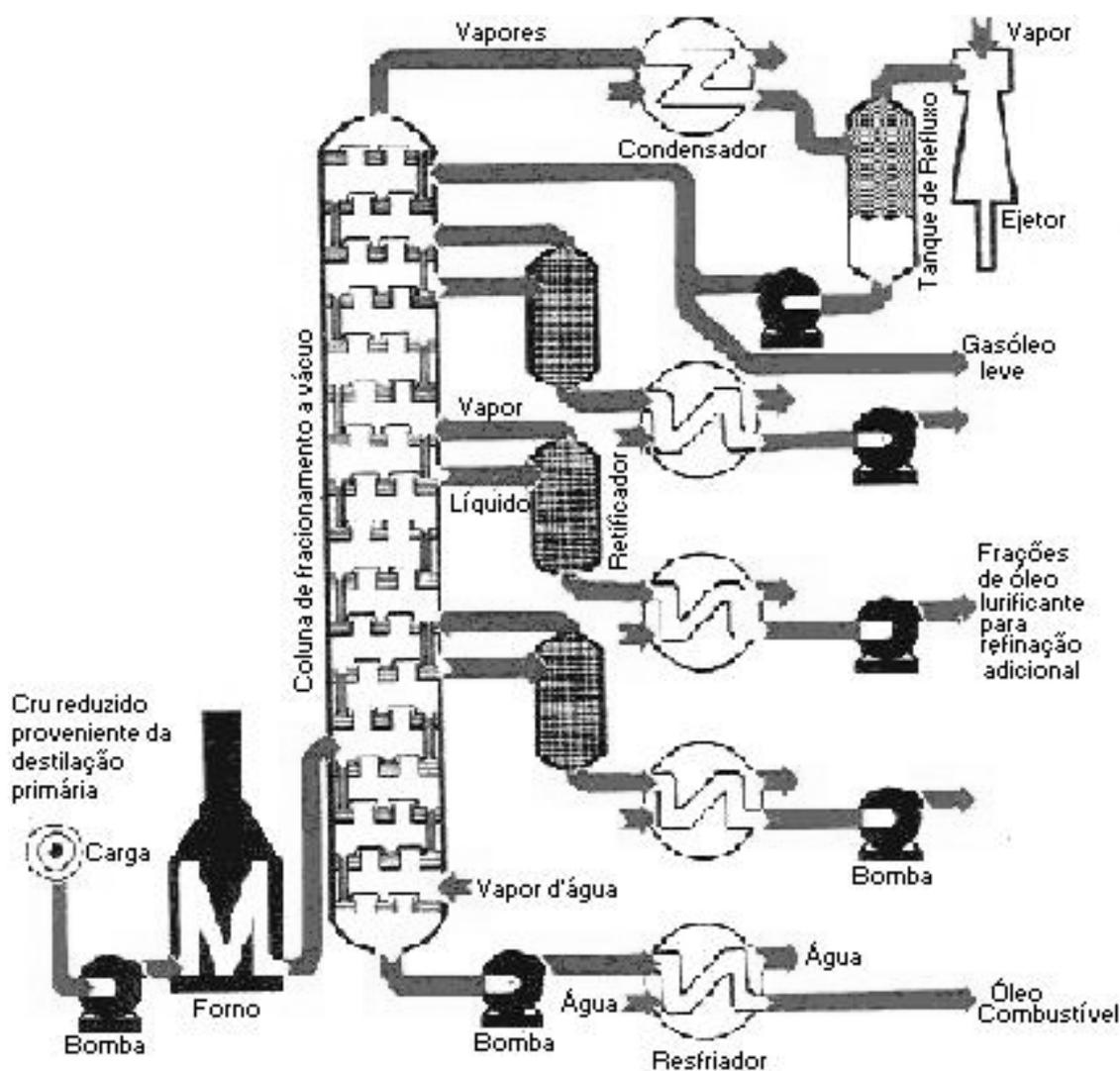
FIGURA 5 - PROCESSO DE DESTILAÇÃO PRIMÁRIA DO PETRÓLEO



Fonte: Neiva J., 1986, p.121.

As frações mais voláteis como por ex.: gás, gasolina e querosene, são extraídas nos “pratos” mais elevados da torre, sendo posteriormente conduzidos para processos de melhoria, como por exemplo: rerrefino de gás e estabilização da gasolina. Já os produtos do fundo da torre (cru reduzido, gasóleo), são conduzidos para outra torre denominada Torre de Destilação à Vácuo.

**FIGURA 6 - PROCESSO DE DESTILAÇÃO A VÁCUO:
ASFALTO E DESTILADOS**



2.7.2. Destilação a Vácuo

A torre de destilação a vácuo separa do gasóleo várias frações de óleo lubrificante, gerando também o resíduo pobre. Neste processo o fluído é submetido à uma pressão reduzida. Através dessa redução na pressão consegue-se reduzir a temperatura de ebulição do fluído, evitando a decomposição de parte de seus componentes.

É também através da volatilidade que são separados os produtos mais leves (gasóleo) e pesados (frações de lubrificantes) na torre de fracionamento a vácuo. Uma dessas frações selecionadas, fornece a carga de óleo lubrificante que posteriormente tornar-se-á carga para craqueamento catalítico.

2.7.3. Craqueamento Térmico

A função do craqueamento térmico é quebrar as moléculas grandes da mistura através de um processamento à alta temperatura.

Uma operação de craqueamento térmico pode ser de fase gasosa, líquida ou mista. O de fase gasosa usa temperaturas elevadas e pressões mais baixas que de fase líquida. O craqueamento de fase gasosa produz gasolina com maior octonagem e menor estabilidade que o craqueamento líquido.

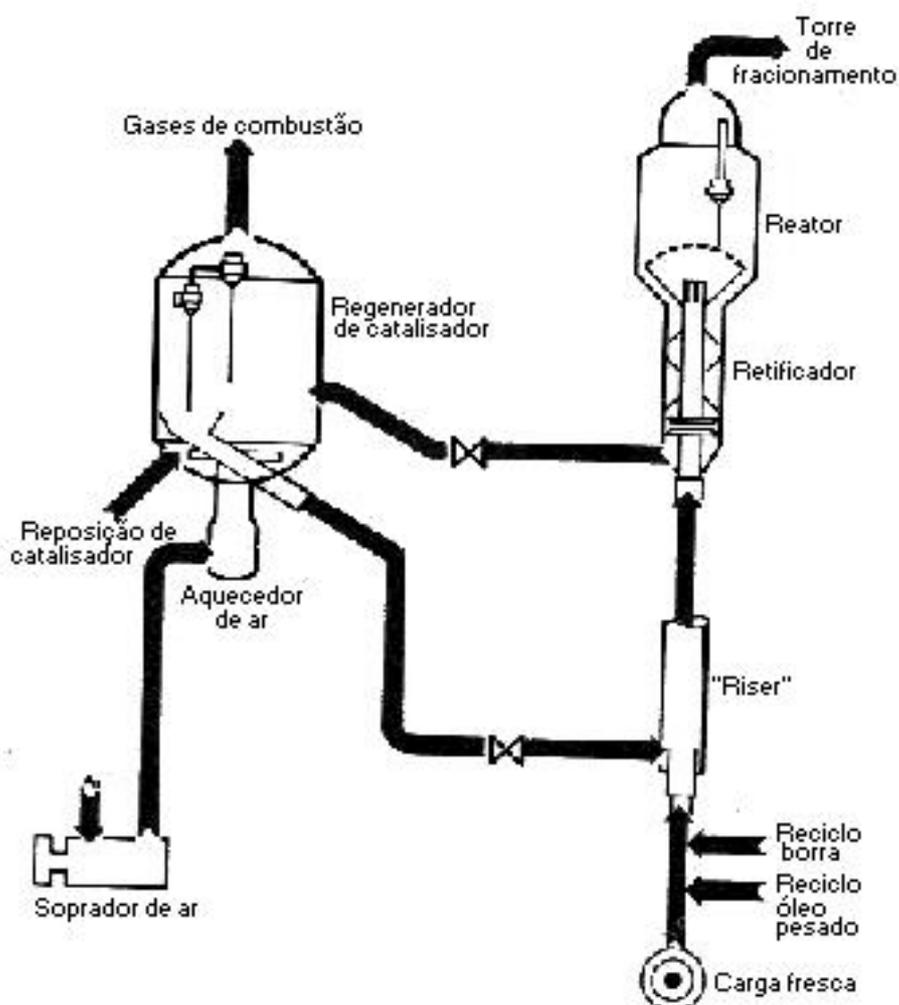
Tendo como carga o gasóleo oriundo da destilação ou da visco-redução, o processo consiste em um aquecimento a alta temperatura na fornalha, seguido de processos nas câmaras de reação e expansão. Após a vaporização, parte da carga é reconduzida à torre de fracionamento a vácuo. Após entrar na torre de fracionamento, a carga transforma-se em gasolina craqueada, metano, eteno, butano e outros. As frações mais pesadas condensam-se e escoam para o fundo da coluna, formando nova carga para craqueamento.

2.7.4. Craqueamento Catalítico

Este processo utiliza-se de catalisadores para acelerar as reações de craqueamento. argila bentonítica ou sílica-alumina são largamente empregados.

Nele os catalisadores são introduzidos na torre de fracionamento, juntamente com a carga oriunda das torres de destilação à vácuo ou atmosférica da mesma forma que no craqueamento térmico os produtos mais voláteis saem pela parte superior da torre e os menos voláteis servem de carga para outras conversões.

FIGURA 7 - PROCESSO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO



2.7.5. Reformação Catalítica

A função principal de uma reformação (“*reforming*”) é aumentar o número de octanos da gasolina; que tecnicamente consiste em converter nafta de baixo IO (índice de octano) em outra de maior IO; e produção de hidrocarbonetos aromáticos.

Os catalisadores mais empregados na reformação catalítica são: a platina combinada à alumina ou sobre sílica-alumina, e o óxido de cromo combinado à alumina.

2.7.6. Desasfaltação a Solvente

A desasfaltação a solvente recebe como carga o resíduo que após um processo de extração líquido-líquido (óleo x solvente) é usado para o rerrefino de frações oleosas de resíduos ricos em asfaltenos.

Após serem colocados em contato através da agitação, o óleo e o solvente são separados, ficando o solvente com os constituintes asfálticos.

Os solventes mais usados nestes processos são: o furfural, o nitrobenzeno e o fenol.

Vale lembrar que o óleo tratado nesta operação (desasfaltado) servirá como carga para a produção de óleos lubrificantes e o resíduo como matéria-prima para a pavimentação de ruas.

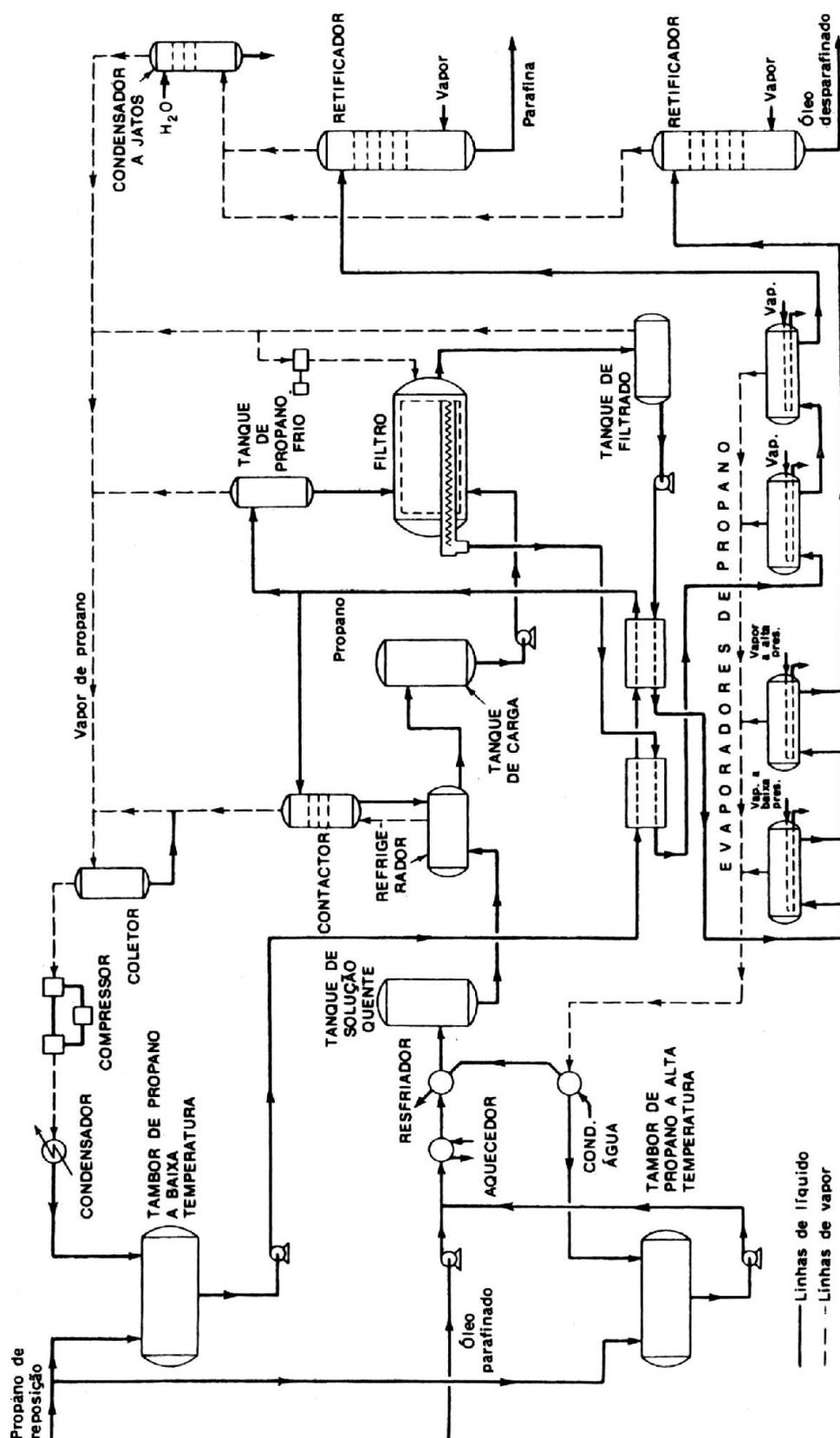
2.7.7. Produção de Lubrificantes

Para a produção de uma carga final de óleo lubrificante é necessário ainda que a mistura sofra processos de desaromatização, desparafinação e acabamento.

A carga tratada que se tornará óleo lubrificante é proveniente dos gasóleos e do resíduo da destilação à vácuo, ou ainda do óleo desasfaltado.

A desaromatização se dá com a adição de solventes (fenol ou furfural), que são colocados em contracorrente conferindo maior estabilidade da viscosidade com a variação da temperatura.

FIGURA 9 - DESPARAFINAÇÃO DO ÓLEO LUBRICANTE

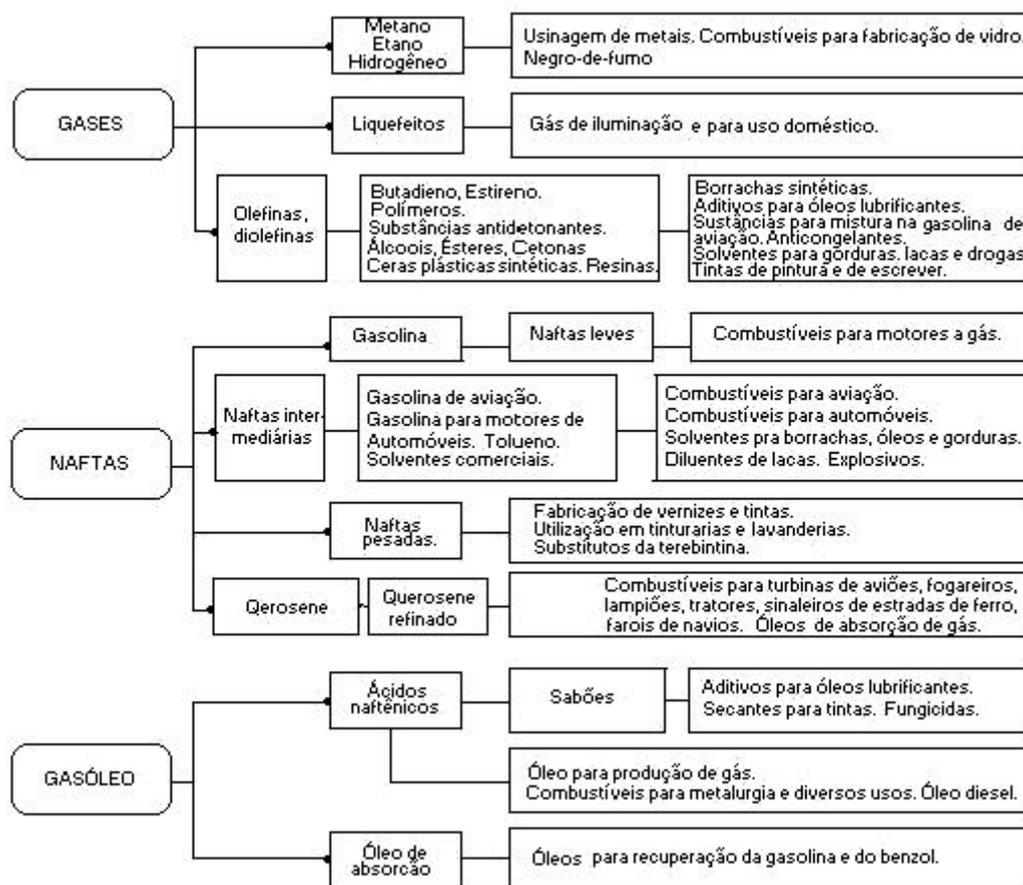


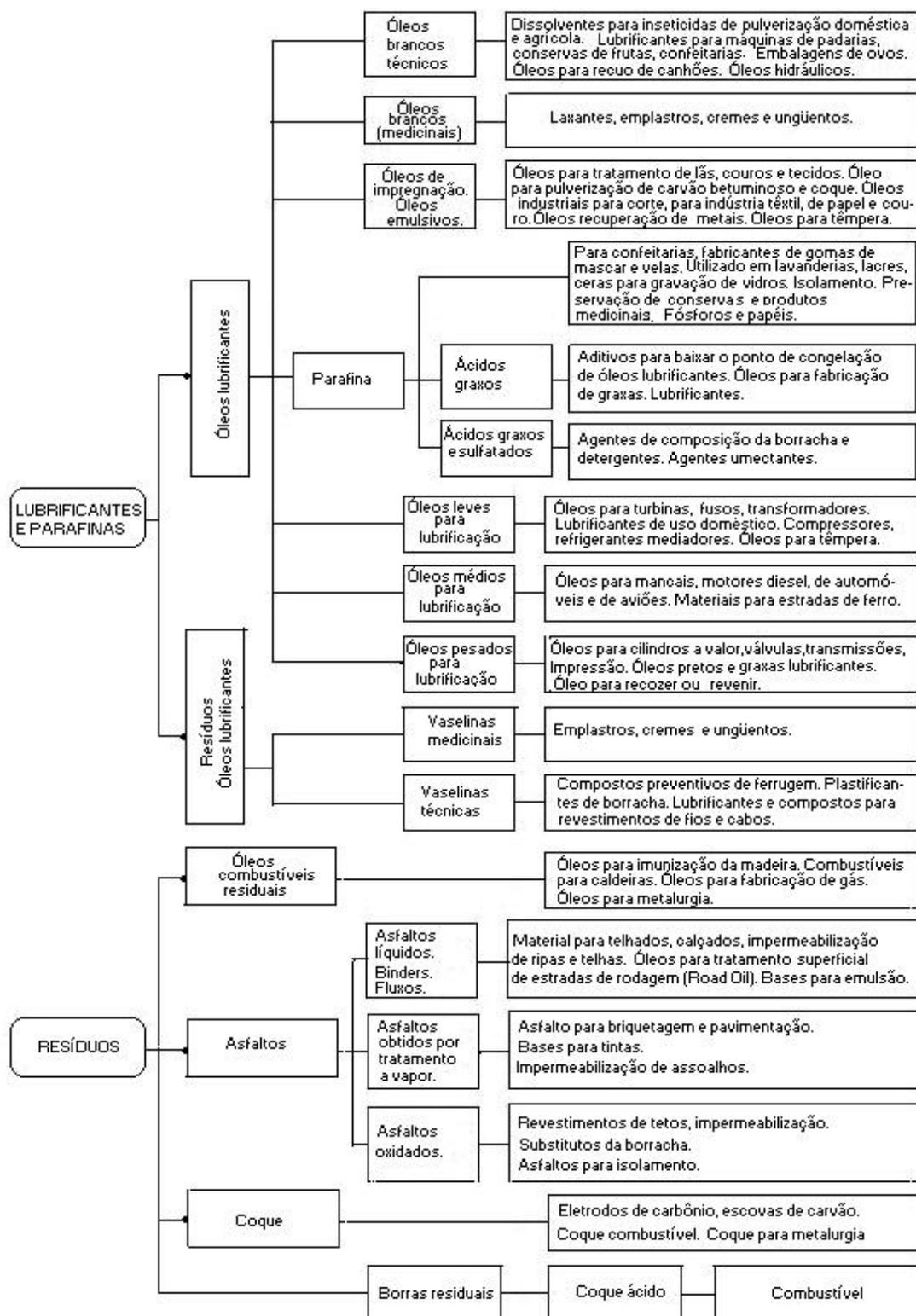
Fonte: Shreve, R.N. & Brink Jr., J., 1980, p.602.

A hidrogenação (hidrogenação catalítica) representa o processo de acabamento dos óleos lubrificantes, melhorando suas características de coloração, corrosividade, estabilidade a oxidação, etc.

Os óleos lubrificantes minerais têm características básicas que influenciam na finalidade de sua aplicação e a composição de um determinado tipo de petróleo a ser refinado é que define qual a sua melhor utilização. A seguir, se discorre sobre as características básicas dos óleos lubrificantes e seu uso.

FIGURA 10 - PRODUTOS OBTIDOS A PARTIR DO PETRÓLEO





Fonte: Neiva J. , 1986, p.204-205.

3. OS ÓLEOS LUBRIFICANTES MINERAIS: TIPOLOGIA E UTILIZAÇÃO

3.1. Características Básicas e de Uso

Dois corpos em movimento e em contato tendem a se desgastar devido ao atrito, através dos fenômenos de abrasão, arraste de material e cisalhamento. Nestes casos, o óleo lubrificante é utilizado para proporcionar uma película entre os corpos, reduzindo o desgaste dos materiais e elevando a vida útil dos mesmos.

A principal função de um óleo lubrificante é a de reduzir o atrito entre dois sólidos de qualquer natureza ou intensidade.

Há vários tipos de óleos lubrificantes. No Quadro 4 são apresentados alguns óleos lubrificantes e suas aplicações específicas.

QUADRO 4 - USOS E APLICAÇÕES DE ALGUNS ÓLEOS LUBRIFICANTES

Tipos	Aplicação
Óleos de circulação inibida	sistemas hidráulicos/mancais
Óleos de engrenagens	redutores/multiplicadores
Óleos de turbina	sistemas circulatórios
Óleos para compressores	cilindros e mancais
Óleos de corte	corte e resfriamento
Óleos de impregnação	preparo e acabamento de fibras naturais e sintéticas
Óleos para transformação de calor	aplicado até 300 ^F
Óleos de extensão para borracha	para uso em pneus
Óleos neutros	indústria alimentícia

Fonte: Organizado pelo autor

Outras propriedades e características como: viscosidade, ponto de fulgor, poder solvente, formação de vernizes, etc., têm maior ou

menor importância em função do uso. Em função das especificidades de cada uso os óleos lubrificantes recebem agentes químicos (aditivos) no próprio processo de produção. Esses aditivos vão garantir as características dos lubrificantes para os diferentes usos.

Os óleos lubrificantes básicos são misturas complexas de hidrocarbonetos saturados (alcanos e cicloalcanos) e aromáticos, com mais de 15 átomos de carbono por molécula.

São obtidos a partir de petróleos selecionados, mediante processos de refino voltados à remoção ou redução de compostos aromáticos, sulfurados, nitrogenados, oxigenados e parafinas lineares, por serem estes compostos indesejáveis na maior parte das aplicações dos produtos lubrificantes formulados. Devem ser produzidos de forma a atender aos requisitos de qualidade mostrados no Quadro 4.

Portanto, as etapas mais importantes específicas na produção de óleos básicos lubrificantes são:

- destilação, atmosférica e à vácuo, para a geração dos cortes lubrificantes com as faixas de destilação, viscosidades e pontos de fulgor requeridos pelo mercado;
- extração de aromáticos por solvente (fenol, furfural ou n-metil-pirrolidona), para enquadramento das características ligadas à aromaticidade dos produtos. Nessa etapa são removidos dos cortes destilados, além dos aromáticos, a maior parte dos compostos sulfurados e nitrogenados, que interferem com a estabilidade à oxidação dos óleos básicos e com sua resposta aos aditivos antioxidantes;
- desparafinação a solvente (metil-etil-cetona e tolueno ou metil-isobutil-cetona), para acerto das características de escoamento dos óleos a baixa temperatura;
- redução do teor de enxofre e melhoria da cor e da estabilidade à oxidação dos produtos.

**QUADRO 5 - REQUISITOS DE QUALIDADE DE ÓLEOS BÁSICOS
LUBRIFICANTES**

Característica	Importância	Etapa de especificação
1. Cor	reflete a pureza do produto, em relação a produtos de oxidação e contaminantes pesados como asfaltenos	destilação fracionada (asfaltenos) e acabamento (produtos de oxidação)
2. Faixa de viscosidade	graus requeridos pelo mercado para formulação dos óleos acabados	destilação fracionada
3. Índice de viscosidade	indica a variação da viscosidade com a temperatura e está relacionado com a aromaticidade do produto	desaromatização (extração com solvente) ou hidrocarboneto
4. Ponto de fluidez	necessidade de escoamento dos óleos a baixas temperaturas	desparafinação
5. Ponto de fulgor	segurança no armazenamento e limites de volatilidade dos óleos formulados	destilação fracionada
6. Índice de acidez	indica degradação oxidativa do óleo	quando necessário, na etapa de acabamento
7. Corrosividade ao cobre	indica presença de mercaptans	quando necessário, no hidroacabamento
8. Estabilidade à oxidação	características mais importante de um óleo lubrificante. Define a vida útil do óleo em serviço	desaromatização e acabamento
9. Cinza	contaminação com material inorgânico	filtração

(*) Resultado obtido a partir da comparação do corpo de prova com o conjunto de padrões

Fonte: Sequeira Jr., 1994, p. 28/29

Os óleos lubrificantes formulados e comercializados no mercado para as mais diversas aplicações contém ainda componentes e aditivos, adicionados com o objetivo de melhorar, ou conferir, propriedades específicas, não atendidas pelo óleo básico. Os principais aditivos

empregados nas formulações dos lubrificantes e suas funções estão apresentados sinteticamente no Quadro 6.

QUADRO 6 - PRINCIPAIS ADITIVOS EMPREGADOS NA FORMULAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

Aditivo	Função	Composição	Teor Típico
1. Antioxidante	retardar a degradação oxidativa do óleo	fenóis bloqueados, aminas aromáticas, ditiósfato de zinco	<1%peso
2. Melhorador de índice de viscosidade	reduzir a variação da viscosidade com a temperatura	polisobutileno, poliácridatos, polimetacrilatos	<5%peso
3. Abaixador de ponto de fluidez	reduzir o ponto de fluidez	polimetacrilatos	<1%peso
4. Detergente/dispersante	manter em suspensão os precursores de coque	succinimidas, sulfonatos, fenatos (de bário, magnésio, zinco, etc.)	<5%peso
5. Compostos alcalinos	neutralizar os ácidos derivados da combustão	sulfonatos e fenatos superbásicos	<5%peso
6. Antiespumante	reduzir a tensão superficial, evitando a ferrugem	polímeros de silicone	50 ppm
7. Antiferrugem	formar filme superficial, evitando a ferrugem	ésteres ou ácidos orgânicos e sulfonatos	500 ppm
8. Outros anticorrosivos	evitar a corrosão	ditiósfatos de zinco e bário, sulfonatos	<1%peso
9. Antidesgaste, extrema pressão e modificadores de atrito	reduzir o desgaste	ditiósfato de zinco, tricrsil, compostos clorados e sulfurados	<1%peso
10. Bactericidas	inibir o desenvolvimento de microorganismos	álcoois, fenóis, compostos clorados	<1%peso

Fonte: Sequeira Jr. 1994, p. 6/7.

Quanto ao consumo, as principais aplicações dos óleos lubrificantes no Brasil são:

- uso automotivo, em motores diesel e ciclo OTTO (motores de automóveis convencionais, ex.: motores à gasolina). Essa aplicação representa cerca de 70% do mercado brasileiro, sendo que o uso em motores diesel responde por aproximadamente 70% do mercado automotivo;
- uso industrial, sendo que os motores estacionários, as turbinas hidráulicas e a vapor, os sistemas hidráulicos, as engrenagens e as ferramentas (indústria metalúrgica), são os principais;
- graxas para aplicações automotivas e industriais.

A produção de óleos básicos no Brasil é de aproximadamente 800.000m³/ano, E o consumo de óleos lubrificantes formulados é de cerca de 900.000m³/ano.

A viscosidade é a característica mais importante dos óleos lubrificantes, traduzindo a resistência interna oferecida pelas moléculas de uma camada quando se desloca em relação a outra. A viscosidade é o parâmetro que quantifica o atrito interno do fluido lubrificante.

Quanto mais viscoso for um fluido (“encorpado”), maior será a espessura da película de fluido sobre a superfície a lubrificar. Portanto, a viscosidade esta associada à capacidade dos fluidos de manter uma espessura de película que evite o contato direto entre os materiais em movimento.

3.2. Classificações

Com relação ao tipo de petróleo original os óleos lubrificantes podem ser preliminarmente classificados como **naftênicos, parafínicos ou mistos**, em função do tipo predominante de hidrocarbonetos que compõem o petróleo processado. Vale salientar que esta classificação diz respeito a predominância de elementos naftênicos ou parafínicos e não a sua singularidade, ou seja, a ocorrência de óleos parafínicos ou naftênicos puros.

Uma outra classificação preliminar diz respeito a **saturação**. Nas cadeias de hidrocarbonetos presentes em um dado petróleo, os átomos de carbono podem estar unidos por uma só ligação ou valência, o que caracteriza os chamados hidrocarbonetos saturados, ou podem estar ligados por duas ou mais valências, característica dos hidrocarbonetos não-saturados.

Os hidrocarbonetos podem também apresentar uma conformação em cadeias abertas ou fechadas (cíclicas). Nestes casos, os de cadeia aberta, saturada, são os parafínicos, enquanto os hidrocarbonetos não saturados de cadeia aberta, são os olefinas.

Os crus naftênicos, são mais utilizados para a produção de lubrificantes específicos para êmbolos de máquinas alternativas, por reduzirem a tendência de colagem de anéis de segmento, enquanto os crus parafínicos dão origem a óleos lubrificantes menos sensíveis à temperaturas de trabalho adversas.

4. DISCUTINDO A RECUPERAÇÃO EM NÍVEL GLOBAL DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS

O óleo lubrificante está entre os poucos derivados de petróleo que não são totalmente consumidos durante o seu uso, entretanto, após o uso apresentam produtos que caracterizam sua deterioração, tais como: compostos oxigenados (ex.: ácidos orgânicos e cetonas por exemplo), compostos aromáticos polinucleares de viscosidade elevada e resinas e lacas.

Além dos produtos de degradação do básico (óleo lubrificante sem aditivos), estão presentes no óleo usado os **aditivos** a ele adicionados no processo de formulação dos lubrificantes, e que ainda não foram consumidos, além de metais de desgaste das máquinas lubrificadas (chumbo, cromo, bário e cádmio), e contaminantes diversos tais como: água, combustível não queimado, poeira e outras impurezas. Os óleos lubrificantes usados podem ainda conter produtos químicos como ascaréis e solventes clorados que, por vezes, são adicionados ao óleo usado, afetando as características do básico original e aumentando os riscos de um processamento posterior. A remoção dos aditivos, e dos contaminantes incorporados ao óleo em seu uso e dos componentes oriundos da degradação do básico, é denominada recuperação. Portanto a recuperação dos óleos lubrificantes, tem como objetivo a produção de óleos básicos para a formulação de novos produtos lubrificantes. Em alguns aspectos os óleos lubrificantes usados, apresentam características superiores ao petróleo cru para a produção de óleos básicos. São ricos em frações lubrificantes - 65 à 80% , se comparados à maior parte dos petróleos usados para a mesma finalidade (10 à 17%). Os óleos básicos recuperados apresentam as mesmas aplicações dos básicos do primeiro refino, devendo atender aos mesmos requisitos de qualidade.

As restrições impostas pelos fabricantes de equipamentos e as recomendações dos fornecedores de óleo lubrificante limitam o nível de

degradação e contaminação dos óleos usados. As condições de trabalho e as práticas de manutenção adotadas definem sua condição final.

O rendimento médio das frações que se pode separar de um óleo usado, no processo de recuperação, de acordo com Cuttler (1975) são os seguintes:

QUADRO 7 - FRAÇÕES SEPARÁVEIS NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE ÓLEOS USADOS

FRAÇÃO	RENDIMENTO (%)
Contaminantes leves	1 a 6
Pesados, resíduos de destilação	10 a 15
Óleo básico	60 a 80
Água	0 a 10
Aditivos	até 15
Produtos de oxidação do óleo	5 a 8
Partículas	1 a 3

Fonte: Cuttler, E.T., 1975

4.1. Recuperação dos Óleos Lubrificantes Usados Quanto à Origem

Nesse ponto, é importante que se faça uma distinção entre os óleos usados de aplicações industrial e os de uso automotivo, e suas respectivas formas de recuperação:

a) Óleos usados industriais:

Os óleos industriais possuem em geral um baixo nível de aditivação. Nas aplicações de maior consumo, como em turbinas, sistemas hidráulicos e engrenagens, os períodos de troca são definidos por limites de degradação ou contaminação bem mais baixos do que no uso automotivo.

Assim sendo, a recuperação, em geral, é mais simples. Pode ser feita por um sistema de prestação de serviço, denominado “laundry”, onde o óleo é tratado em etapas como filtração, centrifugação, secagem (a 105 °C), destilação atmosférica, tratamento por contato com argilas e carvão ativado, e readitivação para a mesma aplicação, conforme descrito por Swain (1983) e Gureev (1983), que discutem a eficiência do tratamento de óleos industriais com a montmorilonita ativada, para a recomposição da distribuição de compostos do óleo básico original. Por outro lado, a maior variedade de contaminantes possíveis nos óleos usados industriais dificultam a coleta, para a finalidade de recuperar, em mistura com óleos automotivos.

Tudo isso ainda pode ser feito, até mesmo em unidades móveis, dotadas de pré-filtros, trocadores de calor, colunas de adsorção e sistemas para readitivação do óleo tratado, conforme apresentado por Siegel e Skidd (1995). A função desses tratamentos pode ser: secagem, remoção de contaminantes leves e partículas, com até 5 μ e remoção de produtos de degradação oxidativa do óleo usado. Vale lembrar que, os óleos usados de aplicações industriais representam cerca de 15% do volume total coletado para recuperação.

b) Óleos usados automotivos:

Nas aplicações automotivas, tanto os níveis de aditivação como os níveis de contaminantes e de degradação do óleo básico são bem mais elevados do que nas aplicações industriais.

Blatz e Pedall (1979) apresentam uma lista dos contaminantes a que estão sujeitos os óleos usados em motores diesel, e os efeitos desses contaminantes (Quadro 10).

A maior parte do óleo usado coletado para recuperação é proveniente do uso automotivo. Dentre estes estão os óleos usados de motores a gasolina (carros de passeio) e de motores diesel (frotas principalmente). No segmento de carros de passeio, a geração de óleos usados é extremamente pulverizada, o que dificulta a coleta. Por outro lado,

os óleos usados por empresas de transporte são relativamente bem armazenados e apresentam maior uniformidade de características. Constituem a matéria-prima de melhor qualidade para a recuperação.

QUADRO 8 - CONTAMINANTES DE ÓLEOS LUBRIFICANTES EM MOTORES DIESEL

Contaminantes	Fonte	Efeito
Poeira	Entrada de ar	Desgaste abrasivo
Produtos de oxidação e nitração	Combustão	Oxiácidos, vernizes e lacas
Ácido sulfúrico	Enxofre do combustível	Desgaste corrosivo
Fuligem	Combustão incompleta	Lama e aumento de viscosidade
Metais de desgaste	Partes do motor	Catálise da oxidação
Combustível diluente	Combustão incompleta e folgas	Pressão do óleo e lubricidade reduzidas
Água	Combustão e vazamentos	Lama e desgaste de mancais

Fonte: Blatz, F.J. & Pedall, R.F., 1979

4.2. Processos Alternativos de Recuperação de Óleos Usados e suas Implicações

Um processo de recuperação de óleos lubrificantes deve compreender etapas com as seguintes finalidades:

- remoção de água e contaminantes leves;
- remoção de aditivos poliméricos, produtos de degradação termo-oxidativa do óleo de alto peso molecular e elementos metálicos, oriundos do desgaste das máquinas lubrificantes. Essa etapa é chamada de desasfaltação;

■ fracionamento do óleo desasfaltado no cortes requeridos pelo mercado;

■ acabamento, visando a retirada dos compostos que conferem cor, odor e instabilidade aos produtos, principalmente produtos de oxidação, distribuídos em toda a faixa de destilação do óleo básico.

A água removida do processo deve passar por tratamento complexo, em função de contaminação com produtos leves como fenol e hidrocarbonetos leves e metais, conforme Quadro 9.

QUADRO 9 - CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE ÁGUAS RESIDUAIS DA RECUPERAÇÃO

CARACTERÍSTICAS	STOLL, 1982	BRINKMAN, 1983
PH	3,0	1,0
Elementos, ppm		
nitrogênio	-	171
enxofre	-	1170
cloro orgânico	-	7
cloro inorgânico	-	23
cobre	0,21	3
ferro	-	48
zinco	15	3
chumbo	1,9	12
cromo	0,3	-
bário	0,2	-
níquel	0,3	-
Contaminantes orgânicos, ppm		
fenol	65	26000
benzeno	-	360
tolueno	-	1470
Óleos e graxas, mg/l	140	0,5
Demanda química de oxigênio, ppm	-	12300
Demanda bioquímica de oxigênio, ppm	3200	-
Dureza (como CaCO.), ppm	-	130

Fonte: Stoll, J.W., 1981; Brinkman D.W. et all, 1983

Um processo de recuperação deve atender aos seguintes requisitos básicos:

- ter baixo custo;
- ser flexível, para se adaptar a variações de características das cargas; e
- não causar problemas ambientais.

O processo clássico de recuperação consiste das seguintes etapas: desidratação e remoção de leves, por destilação atmosférica, e tratamento do óleo desidratado com ácido sulfúrico a grande neutralização com adsorventes. Esse processo tem como principal inconveniente a grande geração de borras ácidas, provenientes do tratamento ácido e de argilas, oriundas da neutralização, também ácidas e ainda contaminadas com óleo. A análise de uma borra ácida, apresentada por Weinstein (1975) e por Brinkman (1983) é apresentada no Quadro 10.

QUADRO 10 - COMPOSIÇÃO TÍPICA DE UMA BORRA ÁCIDA

COMPONENTE	% PESO
Fração solúvel em água	
Ácido sulfúrico	27,2
Cinza	4,3
Fração insolúvel em água	
Cinza	8,5
Ácido	1,6
Frações leves (150°C, 1mm Hg)	0,8
Óleo básico	15,6
Polímeros	15,7
Outros polares	1,8
Asfaltenos e outros resíduos	24,5
Características	Resultado
Índice de acidez total, mg KOH/g	211
Análise elementar, % peso	
carbono	63
hidrogênio	10
nitrogênio	0,2
enxofre	4
cloro	0,2
Cinza, % peso	6
Poder calorífico, kcal/Kg	5690

Fonte: Weinstein, N.J. et all, 1975; Brinkman, D.W.,1983

O Quadro 11, a seguir, apresenta um resumo dos principais processos, industrialmente empregadas na recuperação dos óleo usados. Os processos são listados na coluna 1, as colunas 2, 3 e 4 mostram as etapas de cada processo, na última coluna, listam-se breves observações sobre as vantagens e desvantagens de cada um dos processos. No Brasil os mais usado é o processo ácido-argila.

QUADRO 11 - PRINCIPAIS PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO, INDUSTRIALMENTE EMPREGADOS

PROCESSO (1)	PRE-TRATAMENTO (2)	ETAPA PRINCIPAL (3)	ETAPA DE ACABAMENTO (4)	OBSERVAÇÃO (5)
Ácido-argila	Decantação e desidratação	Tratamento com ácido sulfúrico	Tratamento com argila	Problema ambiental com a borra ácida Dificuldade de tratamento de óleos altamente aditivados
Meinkein	Decantação e desidratação	Craqueamento térmico Tratamento com ácido sulfúrico	Tratamento com argila/destilação fracionada	Problema ambiental com a borra ácida Dificuldade de tratamento de óleos altamente aditivados
IFP	Desidratação	Extração com propano e tratamento com ácido sulfúrico	Tratamento com argila e evaporação a baixa pressão	Problema ambiental com a borra ácida, em menor escala Alto custo
Snamprogetti	Desidratação e remoção de contaminantes leves	Extração primária com propano, Evaporação a vácuo Extração secundária com propano	Hidrocarboneto	Alta qualidade de produtos Alto custo Subprodutos poluentes reduzidos
LUWA	Decantação e desidratação	Evaporação a baixa pressão em filme fino, em dois níveis de vácuo	Tratamento com argila	Processo mais popular em termos da etapa principal Subprodutos poluentes reduzidos
KTI NORCO Saftey Clean	Decantação e desidratação	Evaporação a baixa pressão em filme fino, em dois níveis de vácuo	Hidrocarboneto	Subprodutos poluentes reduzidos

PROP	não aplicável	Processo químico com adição de fosfato diamônico	Tratamento com argila e Hidrocarboneto	Faixa de destilação ampla e variável Alto custo de licença
CEP/ MOHAWK	Processo químico com fosfato diamônico	Evaporação a baixa pressão em filme fino	Hidrocarboneto	Evolução do processo PROP, de mais alto custo Não gera subprodutos poluentes
ENTRA DEGUSA RECYCLON	não aplicável	Tratamento químico com sódio metálico	Destilação Tratamento com argila ou Hidrocarboneto	Subprodutos poluentes reduzidos
VISCOLUBE Resource tech.	Desidratação e remoção de contaminantes leves	Desasfaltação térmica (TDA), em evaporador ciclônico	Tratamento com argila	Baixo investimento Baixo custo operação Subprodutos poluentes reduzidos
IWATANI	Desidratação	Descarga elétrica	Tratamento com argila e evaporação a baixa pressão, Desaeração e desodorização	Subprodutos poluentes reduzidos

Fonte: Watanable, S., 1993; Kajdas, C., 1994

4.3. Sistemáticas Globais Adotadas para Óleos Lubrificantes Usados

Neste capítulo, analisam-se diversas sistemáticas, adotadas na Europa, nos Estados Unidos e Canadá em relação ao processo obrigatório de recuperação de óleos lubrificantes usados no Brasil.

Segundo Cluer (1994), o consumo mundial de óleo lubrificante é da ordem de 42.10^6 t/ano, e a geração de óleos usados da ordem de 22.10^6 t/ano (52,4%). Destas 22.10^6 t/ano o volume de óleos recuperados é de 10.10^6 t/ano (45,5% da geração) e a produção de óleos recuperados é de apenas 1.10^6 t/ano (4,5%) em todo o mundo.

Na Europa, segundo Neubacher e Scheindl (1988), a coleta corresponde a 40% da geração de óleos usados e a recuperação a 24%. Existe ainda uma preocupação com a coleta de embalagens de óleos lubrificantes, de acordo com Schonwald (1991). Nos EUA, segundo Teintze (1991), 60% do óleo usado gerado é coletado, mas a recuperação é de apenas 2% do volume gerado.

Fabricantes de aditivos e formuladores de óleos lubrificantes vêm trabalhando no desenvolvimento de produtos com maior vida útil, na tentativa de reduzir a geração de óleos usados (Gairing, 1994). No entanto, com o aumento da aditivação e da vida útil do óleo, crescem as dificuldades no processo de recuperação, após o uso.

O rendimento médio atual da recuperação é de 66%, indicando uma melhora de eficiência nos processos decorrente do emprego de um novo processo utilizado pela empresa responsável pela maior parte da coleta de óleos usados em nível nacional.

Os óleos usados de base mineral não são facilmente biodegradáveis e podem ocasionar sérios problemas ambientais quando não adequadamente dispostos.

As formas mais comuns de disposição de óleo usado são:

- a) **descarte indiscriminado**, para o solo ou cursos d'água, que contamina mananciais e dificulta a vida animal e vegetal nos mesmos, contrariando a legislação vigente. A demanda bioquímica de oxigênio de 1 Kg de óleo usado é de 2 a 4 Kg de oxigênio, enquanto o volume de oxigênio dissolvido num meio aquático é de 3 a 4 g de O_2/m^3 de água. Ou seja, 1 kg de óleo usado pode contaminar cerca de 1.000 m^3 de água (Poswick, 1991);
- b) **reutilização** em aplicações menos exigentes;
- c) **queima** com recuperação energética: a queima direta de óleos usados pode trazer problemas de segurança, em função dos contaminantes comuns que o mesmo contém (água e contaminação leves), e problemas de emissões, devido ao alto conteúdo dos metais e à

presença de compostos clorados e sulfurados. Se totalmente convertidos em óxidos, os metais contidos no óleo usado podem gerar emissões da ordem de 7 g de óxido por litro de óleo queimado, de acordo com o estudo apresentado por Skinner (1976). Para tornar um óleo usado adequado para a queima, ele deve passar por etapa de desidratação e remoção de sólidos em suspensão. Para atender aos limites de contaminantes metálicos, o processo de tratamento pode ser quase tão complexo quanto o processo de recuperação para a produção de óleos básicos (Dhuldhoya, 1991). Além disso, uma instalação de queima deve ser provida de equipamentos para o controle adequado de emissões. Apesar dessas restrições, em nível mundial, a queima é a forma mais comum de disposição de óleos usados.

Na Europa, conforme mencionado por Pantojas (1995), a queima de óleos usados é feita, prioritariamente em instalações de alta potência térmica, altas temperaturas e grande consumo combustível, como nos fornos de cimenteiras e centrais termoelétricas.

Nos EUA, dois terços do óleo usado são queimados. De acordo com Pyziak (1993), regulamento do CFR (Code of Federal Regulations) estabelece níveis máximos de contaminantes, para que o óleo usado possa ser encaminhado para a queima. Esses limites, muitas vezes, não são atendidos pelos óleos usados, sem um tratamento prévio de destilação (remoção de leves) e desasfaltação (remoção de funções pesadas e metais), o que pode ser economicamente inviável em pequena escala, ou seja, para um pequeno raio de coleta.

Além dos problemas ambientais, os óleos usados são potenciais causadores de problemas à saúde dos trabalhadores envolvidos em seu processamento, como câncer, em função do alto teor de poliaromáticos, decorrente da queima incompleta de combustíveis e altos teores de metais pesados (Hewstone, 1994).

- d) **recuperação por processo físicos** como secagem, filtração, destilação atmosférica, tratamento com adsorventes e readitivação para retorno ao mesmo uso;
- e) **adição do óleo usado ao petróleo** ou em correntes do refino: o óleo pode ser adicionado em pequenas quantidades ao petróleo, a fim de minimizar as modificações necessárias no processamento ou em alguma corrente de processo de forma a evitar problemas de corrosão, degradação de produtos ou envenenamento e catalisadores.

QUADRO 12 - LIMITES DE CONTAMINANTES PARA O EMPREGO DE ÓLEOS USADOS COMO COMBUSTÍVEIS

CONTAMINANTE	TEOR MÁXIMO PPM
Arsênio	5
Cádmio	2
Cromo	10
Chumbo	100
Halogênios	4000
Bifenispoliclorados (PCB'S)	50
PONTO DE FULGOR MÍNIMO °C	37,8

Fonte: Pyziak T. & Brinkman, D.WI, 1993

Segundo Pyziak (1993), uma prática usada por alguns refinadores é a adição direta do óleo usado à carga do processo de craqueamento térmico.

Um dos grandes problemas na recuperação de óleos é a coleta. No Brasil, o óleo usado é comprado pelos coletores por preços variáveis, em função de características geográficas e dos contaminantes.

A coleta é feita pelas próprias recuperadoras, que suportam seu custo (matéria-prima mais frete) graças aos preços dos óleos básicos, no Brasil mais caros do que os praticados no mercado internacional. O custo médio do óleo usado, colocado na indústria recuperadora, atinge

cerca de US\$ 150.00/m³ (óleo usado mais frete) (Fonte: Araújo). Com a flexibilização do monopólio estatal do petróleo, visualiza-se uma redução dos preços do básico no mercado interno e dificuldades no custeio da coleta, da forma como é feita.

Nos países desenvolvidos, a coleta de óleos usados é, geralmente, tratada como uma necessidade de proteção ambiental.

Na França e Itália, um imposto sobre os óleos lubrificantes está relacionado ao tratamento de resíduos em geral. Nos EUA e Canadá, ao contrário do que ocorre no Brasil, normalmente é o gerador do óleo quem paga ao coletor pela retirada do mesmo.

Formuladores e distribuidores de óleos lubrificantes têm participado de campanhas publicitárias de incentivo à recuperação de óleos usados. Programas governamentais existem em 19 dos 51 estados americanos, conforme LUBRIZOL (1991) e envolvem: melhoria da legislação, definição de impostos para regeneração, entre outras medidas. Além disso, tem ocorrido um crescimento de programas de coleta, em nível municipal. Por exemplo: de acordo com Ramirez e Artinez (1991), a Prefeitura de Lubbock, Texas (200.000 habitantes) instalou 16 centros de coleta e armazenagem de óleos usados, a um custo total de US\$ 1.800,00. Esses centros coletaram 8.000 gal (30.000 l) de óleo usado no primeiro ano de funcionamento, operando com um custo líquido de 0 à 2,5 cents/gal de óleo manuseado. O preço de venda do óleo recuperado é de 3 cents/gal (aproximadamente US\$ 8,00/m³). Na avaliação econômica do processo NORCO (destilação a vácuo/hidroacabamento), Weinstein (1975) considera o custo do óleo usado na planta como sendo de US\$ 10,00/m³. A grande diferença de custo, em relação ao Brasil, se origina no fato da coleta ser encarada nesses países como um serviço de eliminação de um resíduo poluente.

No período de 1991-93, a Organização das Nações Unidas para o desenvolvimento industrial financiou estudos sobre a disposição de óleos usados em 12 países em desenvolvimento, incluindo o Brasil e organizou seminários regionais nos quais participaram 35 países da

América do Sul, África e Ásia (Ferre e Kajdas, 1994). A principal conclusão desses estudos foi que a solução ótima para os óleos usados é a recuperação, visando a recuperação do óleo básico. Foram encaminhadas sugestões aos governos dos países participantes, no sentido de que dessem suporte para a implantação de tecnologias limpas de regeneração.

4.4. Avaliação Econômica da Recuperação

Mesmo sendo um país que consegue recuperar uma grande quantidade de óleo lubrificante usado: 160.000 m³, (Cempre, 1997) o Brasil não possui uma estrutura em nível nacional que permita a recuperação de todo o óleo usado gerado no território. Não bastasse esse problema, o preço do óleo básico nacional (R\$ 50,00/m³) (Fonte: Araújo, 1992) começa a mostrar sinais de equiparação com os preços internacionais. O óleo básico no Brasil ainda é considerado alto, o que propiciou no Brasil o crescimento deste setor industrial.

Porém com essa equiparação com os mercados internacionais, ou seja, redução dos preços, torna-se pouco viável economicamente essa atividade, devido aos altos custos envolvidos principalmente no transporte do óleo usado desde sua fonte geradora até a regeneradora.

Estudos apresentados no Seminário Regional organizado pela ONUDI (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial) em Quito no Equador (dez./92) mostram que se consome cerca de 4,5 l de diesel para cada 100 l de óleo usado coletado no Brasil.

Em relatório apresentado ao CONPET (Conselho Nacional de Petróleo) em 1992, pelo CENPES (Petróbras), concluiu-se que para um melhor aproveitamento da estrutura já existente seria viável:

- 1 recuperadora no Nordeste com capacidade de 30.000 m³/ano.

- 3 recuperadoras no Sudeste com capacidade de 60.000 m³/ano cada.

- 1 recuperadora no Sul com capacidade de 40.000 m³/ano.

Segundo o CENPES, essa seria a melhor distribuição física pois permitiria a manutenção de recuperadoras já existentes permitindo a atuação de maior número de empresas e reduzindo o inevitável total necessário.

5. O RERREFINO NA PRÁTICA

5.1. Metodologia da Pesquisa

A título ilustrativo do processo de rerrefino do óleo lubrificante usado no Brasil, foi realizado um estudo exploratório, tendo por sistemática de coleta de dados a seleção e análise de dois casos específicos de empresas recuperadoras. (Mattar, 1994, p. 84)

Foram selecionadas, por conveniência, duas recuperadoras, indicadas por A e B, por solicitação de sigilo pelos entrevistados. O método de coleta de dados foi feito através de um questionário do tipo não estruturado, não disfarçado, ou seja, com perguntas abertas para oportunizar maior espaço de pronunciamento dos entrevistados, através de entrevistas de profundidade e com o objetivo de pesquisa declarado. Os resultados da pesquisa são apresentados a seguir. A análise dos dados foi feita com base na definição de categorias:

- a) processo produtivo;
- b) conhecimento das determinações legais;
- c) informações sobre o mercado;
- d) análise econômica.

5.2. Resultados da Pesquisa

O Quadro 13 sintetiza as perguntas do questionário e as respostas de cada entrevistado nas recuperadoras A e B.

QUADRO 13 - RESPOSTAS DAS EMPRESAS RECUPERADORAS

Perguntas	Empresa A	Empresa B
1. Quais são as etapas do processo de rerrefino do óleo lubrificante?	Destilação (280 °C), tratamento ácido (decantação), filtragem (terra fuller).	Idem
2. Quanto tempo é utilizado no processo de rerrefino?	Para uma quantidade de aproximadamente de 10.000 litros o tempo gira em torno de 48 horas.	Idem
3. Quais os produtos usados no processo produtivo do rerrefino? Nesse processo o óleo recebe algum aditivo?	Ácido sulfúrico 98%, terra fuller (80 °C à 100 °C), hidróxido de cálcio.	Idem
4. De cada litro de óleo usado, qual a porcentagem que pode ser recuperado?	Dependendo da carga em torno de 65%.	Dependendo da carga em torno de 60%.
5. O processo de refino do óleo básico virgem gera borra?	Sim: resíduo betuminoso.	Idem
6. Qual a composição química da borra?	Água, produtos oxidados do óleo, solvente.	Idem
7. O que se faz com a borra?	É usada para queima com fins energéticos e na produção de asfalto.	É usada para queima com fins energéticos, na produção de asfalto e pedrisco.
8. Há algum padrão para o óleo recuperado, (grau, viscosidade, cor, etc.)?	Norma ABNT.	Há padrões variáveis, de acordo com as especificações das companhias de petróleo.
9. Pode-se misturar o básico recuperado com o básico virgem?	Sim, em torno de 30% de recuperado e 70% de novo.	Idem
10. Na sua opinião o óleo recuperado é melhor que o óleo virgem?	Sim, por já ter sido refinado e consequentemente por possuir mais frações lubrificantes.	Idem
11. O óleo recuperado só serve como básico de óleo de motor?	Não, serve também para a confecção de óleos hidráulicos, óleos para engrenagens, graxas, etc.	Idem
12. As companhias de Petróleo só compram o óleo usado para “produzir” seus óleos, ou há mistura com básicos virgens?	O óleo recuperado serve como complemento da carga a qual é composta de aproximadamente 70% de óleo novo e 30% de óleo recuperado	Idem

13. As recuperadoras podem vender o óleo para quem quiser ou só para as companhias de petróleo?	Sim o mercado não é restrito.	Idem
14. Há algum tipo de influência internacional nesse mercado?	Sim, atualmente óleos básicos vindos da Venezuela estão entrando no país ao preço de aproximadamente R\$ 0,30 o litro.	Idem
15. Quais as leis que controlam o setor e o que dizem?	Resolução do CONAMA	Idem
16. Por quanto a recuperadora vende cada litro de óleo?	De R\$ 0,30 à R\$ 0,40 o litro.	Idem
17. Quanto custa para tratar 1l ou 1kg de borra?	Não há como precisar, pois a composição da mesma nunca é igual.	Idem
18. Qual o custo para se recuperar 1 litro de óleo usado?	De 0,09 a 0,12 o litro.	Idem
19. Quantos por cento (%) do preço de custo do óleo recuperado é referente ao transporte?	30%.	15% a 20%
20. Quanto custa 1 litro de óleo básico virgem?	De 0,52 a 0,56 o litro.	0,50 o litro
21. Quanto custa montar uma recuperadora?	Para uma recuperadora com uma produção de 150.000 litros por mês, estima-se um investimento de aproximadamente R\$ 200.000,00.	Idem
22. Quanto se paga pelo litro de óleo usado na fonte?	R\$ 0,04 à R\$ 0,08	R\$ 0,04, por vezes gratuito

5.3. ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO

As respostas às perguntas do questionário foram agrupadas em quatro categorias de análise:

- a) processo produtivo,
- b) conhecimento das determinações legais,
- c) informações sobre o mercado,
- d) análise econômica.

**QUADRO 14 - PROCESSO PRODUTIVO DAS EMPRESAS
RECUPERADORAS**

Quais são as etapas do processo de rerrefino do óleo lubrificante?	Destilação (280 °C), tratamento ácido (decantação), filtragem (terra fuller).	Idem
Quanto tempo é utilizado no processo de rerrefino?	Para uma quantidade de aproximadamente de 10.000 litros o tempo gira em torno de 48 horas.	Idem
Quais os produtos usados no processo produtivo do rerrefino? Nesse processo o óleo recebe algum aditivo?	Ácido sulfúrico 98%, terra fuller (80 °C à 100 °C), hidróxido de cálcio.	Idem
Qual a composição química da borra?	Água, produtos oxidados do óleo, solvente.	Idem
Pode-se misturar o básico recuperado com o básico virgem?	Sim, em torno de 30% de recuperado e 70% de novo.	Idem

Análise: As empresas A e B utilizam rigorosamente o mesmo processo produtivo.

**QUADRO 15 - CONHECIMENTO DAS DETERMINAÇÕES
LEGAIS PELAS EMPRESAS RECUPERADORAS**

Há algum padrão para o óleo recuperado, (grau, viscosidade, cor, etc.)?	Norma ABNT.	Há padrões variáveis, de acordo com as especificações das companhias de petróleo.
Quais as leis que controlam o setor e o que dizem?	Resolução do CONAMA	Idem

Análise: As empresas A e B inserem-se dentro dos mesmos padrões que regulamentavam as características dos óleos recuperados e também dentro das mesmas leis ambientais que regulamentam o setor.

QUADRO 16 – INFORMAÇÕES SOBRE O MERCADO, SEGUNDO AS EMPRESAS RECUPERADORAS

Na sua opinião o óleo recuperado é melhor que o óleo virgem?	Sim, por já ter sido refinado e conseqüentemente por possuir mais frações lubrificantes.	Idem
O óleo recuperado só serve como básico de óleo de motor?	Não, serve também para a confecção de óleos hidráulicos, óleos para engrenagens, graxas, etc.	Idem
As companhias de Petróleo só compram o óleo usado para “produzir” seus óleos, ou há mistura com básicos virgens?	O óleo recuperado serve como complemento da carga a qual é composta de aproximadamente 70% de óleo novo e 30% de óleo recuperado	Idem
As recuperadoras podem vender o óleo para quem quiser ou só para as companhias de petróleo?	Sim o mercado não é restrito.	Idem
Há algum tipo de influência internacional nesse mercado?	Sim, atualmente óleos básicos vindos da Venezuela estão entrando no país ao preço de aproximadamente R\$ 0,30 o litro.	Idem

Análise: As empresas A e B mostram-se atuais e com igual visão de mercado tendo conseqüentemente os mesmos problemas relacionados ao mercado.

**QUADRO 17 - ANÁLISE ECONÔMICA: VISÃO DAS EMPRESAS
RECUPERADORAS**

De cada litro de óleo usado, qual a porcentagem que pode ser recuperado?	Dependendo da carga em torno de 65%.	Dependendo da carga em torno de 60%.
O processo de refino do óleo básico virgem gera borra?	Sim: resíduo betuminoso.	Idem
O que se faz com a borra?	É usada para queima com fins energéticos e na produção de asfalto.	É usada para queima com fins energéticos, na produção de asfalto e pedrisco.
Por quanto a recuperadora vende cada litro de óleo?	De R\$ 0,30 à R\$ 0,40 o litro.	Idem
Quanto custa para tratar 1l ou 1kg de borra?	Não há como precisar, pois a composição da mesma nunca é igual.	Idem
Quanto se paga por litro de óleo usado na fonte?	R\$ 0,04 à R\$ 0,08	R\$ 0,04, por vezes gratuito
Qual o custo para se recuperar 1 litro de óleo usado?	De 0,09 a 0,12 o litro.	Idem
Quantos por cento (%) do preço de custo do óleo recuperado é referente ao transporte?	30%.	15% a 20%
Quanto custa 1 litro de óleo básico virgem?	De 0,52 a 0,56 o litro.	0,50 o litro
Quanto custa montar uma recuperadora?	Para uma recuperadora com uma produção de 150.000 litros por mês, estima-se um investimento de aproximadamente R\$ 200.000,00.	Idem

Análise: Seguindo o raciocínio básico da formulação da equação de vendas e lucros seguida por Kotler, (1994, p.115-116) pode-se elaborar algumas análises com base nos dados pesquisados junto as recuperadoras. Assim, chamando:

Pv = preço de venda do óleo recuperado;

Pr = preço de rerrefino do óleo usado;

Ptr = preço de transporte;

P_c = preço de custo do óleo usado (compra);

L = lucro.

Pode-se elaborar a equação de vendas e lucro/litro de óleo usado como segue; tomando por base os menores dados do quadro 19:

$$P_v = P_r + P_{tr} + P_c + L$$

Sabe-se que:

$$P_{tr} = 0,3 P_r, P_v = 0,30 \text{ e } P_c = 0,04.$$

$$P_{tr} = 0,3 (0,09) \text{ portanto } P_{tr} = 0,027.$$

Portanto:

$$L = P_v - [P_r + P_{tr} + P_c]$$

$$L = 0,3 - [0,09 - 0,027 - 0,04]$$

$$L = 0,3 - 0,157$$

$$L = 0,143/\text{litro}$$

Por estarem localizadas em regiões diferentes dentro do próprio Estado de São Paulo, as empresas divergem por exemplo no que se refere ao custo de transporte do óleo lubrificante, que por sua vez representa uma pequena diferença no preço final. O custo do transporte chega ter o dobro do peso percentual de uma companhia em relação a outra. Entretanto a diferença no preço final é mínima em função disso: R\$ 0,02 a R\$ 0,06/litro. O percentual de rendimento do processo de rerrefino do óleo usado de uma companhia é próximo da outra: 60 e 65% do total.

6. CONCLUSÃO

Este estudo mostrou o baixo rendimento do processo no Brasil. A análise comparativa de nosso país com outros países mostrou que, como se viu na pesquisa junto às recuperadoras o rendimento é de 60 a 65% (vide Quadro 15), ou seja de cada litro que a recuperadora processa apenas 600 a 650 ml são recuperados . Isso se deve a que no Brasil se adota, na grande maioria dos casos, o processo denominado “ácido-argila” . Enquanto isso, em outros países adotam-se diferentes processos alternativos (vide Quadro 11).

Ao observar o extremo prejuízo que o rerrefino do óleo lubrificante usado gera se feita através de processo de baixo rendimento, governo e sociedade iniciam estudos e medidas que visam sanar essa falha.

As recuperadoras vêm-se acuadas por uma série de novas leis ambientais (Resolução 9/93 CONAMA, anexo 2) que necessitam ser cumpridas a rigor e em curto espaço de tempo: define obrigações para produtores, recuperadoras, coletores, enfim para todos os elementos envolvidos no sistema mercadológico do setor, descrito no item 2.2.

Por exemplo: a Resolução, em seu Artigo 12, item I, obriga as recuperadoras, a “recolher todo o óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável, emitindo, a cada aquisição, para o gerador ou receptor, a competente Nota Fiscal, extraída nos moldes previstos pela Instrução Normativa nº 109/84 da secretaria da Receita Federal”.

Em outro item, (IV art. 13º), exige um processo industrial que gere maior rendimento ao definir que: “os óleos lubrificantes recuperados não devem conter compostos policlorados (PCB's) em teores superiores a 50 ppm.”

Essa exigência implica em maiores custos para as recuperadoras. Um terceiro exemplo é o item II do artigo 12º : “tomar

medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado, venha a ser contaminado por produtos químicos, combustíveis, solventes e outras substâncias”. Isso implica na necessidade de uma parceria com todas as empresas geradoras de óleo lubrificante usado, no sentido de evitar a contaminação do óleo.

Por estar mal preparado para atender tais exigências, fruto de anos e anos de procedimentos produtivos de baixo rendimento e extremamente poluidores, o setor esta numa posição economicamente frágil.

A pesquisa mostrou, por exemplo, que o preço de venda do óleo rerrefinado oscila entre R\$ 0,30 a R\$ 0,40. Ora, a pesquisa também mostrou a entrada no mercado brasileiro de óleo virgem venezuelano a R\$ 0,30; daí a situação economicamente incômoda das recuperadoras.

Sem poder adaptar-se de imediato as novas leis ambientais, muitas recuperadoras são fechadas, e as poucas que se mantêm em ação sentem a necessidade obrigatória de remodelar seus processos produtivos que são de baixo rendimento.

É observando esse panorama e procurando novas alternativas para este setor que cambaleia que o trabalho se direcionou, exemplificando novos processos produtivos, os quais se adaptados a realidade brasileira tornar-se-ão mais rentáveis e também menos poluidores.

Vale ressaltar que a importância do setor de óleos lubrificantes usados não deve ser apenas dirigida as recuperadoras de óleo, já que atuam num sistema mercadológico envolvendo outros tipos de organização, bem como os consumidores finais. (ver Figura 1)

Programas de nível nacional podem e devem fomentar e organizar a coleta e o rerrefino dos óleos usados, tudo sob a orientação do CONPET (Conselho Nacional de Petróleo) e com a interação de todos os setores envolvidos no sistema mercadológico descrito no item 2.2 deste trabalho, buscando o aperfeiçoamento da atuação do setor.

Esses programas devem abranger várias ações a serem executadas com a finalidade de otimizar o setor; algumas sugestões são propostas nesse sentido:

- uma maior abrangência na regulamentação dos usos alternativos de óleos usados, admitindo-se que o rerrefino do óleo usado concentra-se quase que na sua totalidade no Sudeste e que o rerrefino do mesmo é uma necessidade nacional, o descarte do óleo usado para o solo ou cursos d'água é um problema mais grave do que a queima. A legislação protege o rerrefino contra a queima, porém não impede o descarte indiscriminado de óleo usado em cursos d'água em regiões onde a coleta não é eficiente ou simplesmente inexistente. Admitindo-se que a coleta e o rerrefino ampla e irrestrita em todo o país é impossível no devido a nossa estrutura atual, sugere-se que se regulamente a queima em condições controladas (desmetalização do óleo usado) para essas regiões;
- controle da capacidade produtiva da produção dos óleos básicos de primeiro refino, que exigem maiores investimentos a nível industrial. Caso contrário haverá uma influência negativa em termos econômicos sobre o setor de rerrefino;
- uma análise técnica e econômica dos processos de rerrefino utilizados no país. Nota-se a necessidade de modernização destes processos, que devem envolver principalmente:
 - criação de incentivos fiscais ou subsídios para a otimização da coleta, além de linhas de financiamento para a modernização de unidades ou montagem de novas instalações;
 - autorização para a comercialização de todos os graus de viscosidade de óleos básicos consumidos pelo mercado, atendendo as mesmas especificações dos básicos de primeiro refino.
- maior controle de contaminantes dos óleo usados através da melhoria dos recursos analíticos o que também vai propiciar um melhor controle na qualidade dos produtos;

- implantação estratégica de indústrias em locais onde não ocorra concorrência “predatória”;
- viabilização em investimentos em processos mais modernos com o objetivo de reduzir ou mesmo eliminar o uso de ácido sulfúrico. E, no caso de geração de borras, estabelecer destinos adequados. Um exemplo disso dá-se na Espanha onde a borra ácida é tratada com cal gerando resíduo sólido neutro utilizado no preparo de solos para pavimentação sem prejuízo do meio ambiente.

Além do exposto, é possível sugerir:

- conscientização e ratificação da legislação atual, que deve ser encarada principalmente como fator de proteção ao meio-ambiente;
- incentivo ao controle de geração de óleos usados por parte das companhias distribuidoras, pois as mesmas já detém todo o controle do mercado consumidor. Sendo assim podem detectar as falhas na coleta e administrar a quantidade de óleo usado gerado, através de balanços relacionados a compra dos lubrificantes;
- regionalização da coleta, o que reduziria o custo da coleta e conseqüentemente do rerrefino. Essa ação viabilizaria uma maior eficiência por não promover a grande competição entre as empresas recuperadoras a nível nacional.

Sabe-se que tais sugestões somente poderão ser implantadas e gerar melhorias a longo prazo, dado o envolvimento de grande número de segmentos empresariais no setor, o que gera barreiras inclusive de natureza política para sua concretização. Entretanto, são contribuições que servem de ponto de partida para o debate e a busca de soluções para o setor, que beneficiam a sociedade em geral.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Olavo A L. Pires e. *Lubrificação*. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1973.

ARAÚJO, M. A S. *Recuperação de óleos lubrificantes usados*. Rio de Janeiro: s.d. 3º Congresso Latino Americano de Hidrocarbonetos, 1992.

_____. *Rerrefino de Óleos no Brasil*. Rio de Janeiro: abril/1992. 29 p.

BLATZ, F. J., PEDALL, R. F. Re-refined locomotive engine oils and resource conservation. *Lubrication Engineering*, 35, 11, 1979. pp. 618-24.

BRINKMAN, D. W.; COTTON, F. °; WISMAN, M. L. *Solvent treatment of used lubricating oil to remove coking and fouling precursors*. Bastlesville Energy Research Center, 1978, BETC-RI-78/20.

CACEX. *Revista Petrobrás*, 1991.

CAMPOS, Antonio C. & LEONTSINIS, Epaminondas. *Petróleo e Derivados*. sd: Editora Técnica Ltda. 1989.

CLUER, A. *Petroleum Review. Used lube oil disposal - global overview*, abril/1994. p. 163-165.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução 09/93*.

COTEPE-Coordenadoria de Petroquímica do Conselho Nacional de Petróleo (Equipe). *Rerrefinar óleos lubrificantes é economizar divisas*. *Revista do CNP*, 1982. p.28-40.

CUTTLE, E. T. *Rerefining: economically attractive way to conserve lube oil*. Pilot Research and Development Co. Meiron Station, Pennsylvania. 1975.

DHULDHOYA, N. *Demetaliation of waste oil*. Dissertation submitted to the Graduate School of Auburn University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Faculty Doctor of Philosophy. Aug.1991.

DNC - Departamento Nacional de Combustíveis. *Portaria 727/90*.

FAIRBANKS, M. Qualidade gera negócios em lubrificação. *Química e derivados*. Dez/jan 1993/1994. p.16-22.

FERRE, E. P.; KAJDAS, C. Clean technologies for recycling waste lubricant oils. Ecological and economical aspects of tribology. *International Colloquium*, Ostfildern, 1994. p. 13.9.1 - 13.9-9.

MOBIL OIL DO BRASIL. Fundamentos da lubrificação. *Manual*. 1988.

GAIRING, M. F.; FREND, M.; REGLITZKY, A A; PURMER, P. P. *Proceedings of the 14th World Petroleum Congress*, 1994. p. 99-109.

GUREEV, A A.; EVDOKIMOV, A Y.; FALKOVICH, M. I.; SOLODOVNIKOVA, V. T. Regeneration of used industrial oils. *Khimiya I Teknologiya Topliv Masel*, jul1983. p.7,8-10

HEWSTONE, R. K. Health, safety and environment aspects of the handling, re-use and disposal of used crankcase lubricating oils. Ecological and economical aspects of tribology. *International Colloquium*, Ostfildern, 1994. p.13.7-1 - 13.7-9.

HOPMANS, J. J. The problem of the processing of spent oil in the member States of the European Economic Community. *Report ENV/3/74-E* compiled for the E.E.C. 1974.

ILMAR PENNA MARINHO JR. *Petróleo: Política e Poder*. Rio de Janeiro: José Olympio Editora, 1989.

KAJDAS, C., Modern waste oil recycling technologies. An overview. Ecological and economical aspects of tribology, *International Colloquium*, Ostfildern, 1994. p. 13.6-1 - 13.6-25.

LUBRIZOL. Used oil - don't dump it, recycle it. *LUBRIZOL Newslines*, nov/1991. p. 9, 3, 1-2.

MCKEAGAN, D. J. Economics of rerefining used lubricants. *Lubrication Engineering*. 1992. p. 48, 5, 418-423.

MOURA, Carlos R. S.; CARRETEIRO, Ronald P. *Lubrificantes e Lubrificação*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora S/A, 1975. 443p.

PETROBRÁS. *Mudanças no Setor Petróleo - seus efeitos, sua análise*. Maio/92. 15p.

NEIVA, Jucy. *Conheça o Petróleo*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S/A, 1986. 308p.

NEUBACHER, F.; SCHEINDL, K. *Utilização de óleo usado na Áustria*, Erdöl, Erdgas, Kohle, 1988. p. 104, 1, 31-36 (traduzido).

PANTOJAS, J. L.; MORENO, P. M. ¿Que se hace en España com los aceites usados? *Ingeniería Química*, 1995. p. 113-117.

POSWICK, P. Recolte et recyclage des huilles minerales usagés. *Lubricants and Environment*. Bruxelas, set/1991. p. 177-195.

- PYZIAK, T.; BRINKMAN, D. W.. Recycling and re-refining used lubricating oils. *Lubrication Engineering*, 1993. p. 49, 5, 339-346.
- RAMIREZ, L. E. Recycling used oil: keeping it affordable. *Solid waste & power*, dez/1991. p. 54-57.
- RAMIREZ, L. E.; ARTIMEZ, E. Degradation level and middle products quality in re-refining stages of used oil by infrared spectroscopy data. Ecological and economical aspects of tribology. *International Colloquium*, Ostfildern, 1994. p. 13.5-1 - 13.5-5.
- SEQUEIRA JR., Avilino. A . Lubricant base oil and wax processing. *Chemical Series*, v. 60, Marcel Dekker, Inc., 1994.
- SHONWALD. Recycling and reprocessing of packaging for lubricants. *Lubricants of the future and Environment*. Bruxelles, set/1991. p.227-249.
- SHREVE, R. Norris & BRINK Jr., Joseph A. *Indústrias de Processos Químicos*. 4^a.ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 1980. 717p.
- SIEGEL, R.; SKIDD, C. Case studies utilising mobile on-site recycling of industrial oils for immediate reapplication, *Lubrication Engineering*, 1995. p. 51, 9, 767-770.
- SKINNER, D. J. *Preliminary review of used lubricating oils in Canada*, 1976.
- STOLL, J. W. Wastewater treatment systems desing for the re-refining industry. *Proceedings of the fourth International conference on Used Oil Recovery and Reuse*. Las Vegas, EUA, set/28-out/1/1981.
- SWAIN, J. W. Conservation recycling and disposal of industrial lubricant fluids. *Lubrication Engineering*, 1983. p. 39, 9, 551-554.

TEINTZE, L. M. Used oil issues and opportunities. *NPRA National Fuels and Lubricants Meeting*, nov/1991. p. 91-119.

WATANABLE, S., Recycling Used Oils. *Japanese Journal of Tribology*, 1983. p. 38, 5, 631-638.

WEINSTEIN, N. J.; MAIZUS, S.; KOPPLER, R. R. A non-polluting oil re-refining process. Industrial Process Developments for Water Pollution Control. Industrial Processes des Pollution Control. Procedures. *AICHE Workshop*, 1975. v.6, p. 24-30.

8. ANEXOS

Anexo 1:

(Artigo 225 da Portaria 727/90, do Departamento Nacional de Combustíveis - DNC)

NO MEIO AMBIENTE

Art. 225º – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à saúde qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Parágrafo Primeiro - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II – preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III – definir, em todas as unidades de Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV – exigir, na forma de lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI – promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII – proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade.

Parágrafo Segundo - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma de lei.

Parágrafo Terceiro - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Parágrafo Quarto - A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

Parágrafo Quinto - São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

Parágrafo Sexto - As usinas que operam com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

Além do capítulo VI, composto por seis parágrafos e totalmente voltado ao meio ambiente, há mais oito referências diretas e indiretas no corpo da Constituição Brasileira relativas à questão ambiental. Afora isso, existem, em tramitação no Congresso Nacional (1991), vários projetos de lei que tratam especificamente de temas envolvendo a preservação do meio ambiente e controle da poluição.

A mudança de postura do poder legislativo nacional frente ao problema ambiental é atualmente constatada através das ações do próprio Congresso. Antes de se elaborar a Constituição ora em vigor, a qualidade média de projetos relativos à questão apresentados na Câmara Federal e no Senado não ultrapassava a seis por ano. Depois de promulgada a nova carta, no período de um ano, entre 1989 e 1990, foram levados vinte e quatro projetos de lei ao Congresso Nacional, o que significou um aumento de 300% em comparação ao período anterior. Atualmente, (1991), estima-se que mais de 500 leis referentes a meio ambiente foram elaboradas e propostas ao Congresso.

Anexo 2:

RESOLUÇÃO 09/93 DO CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, no uso da atribuições que lhe confere o artigo 8º, incisos VI e VII da Lei 6938, de 31 de agosto de 1981, alterada pelas leis 7804, de 18 de julho de 1989, e 8028, de 12 de abril de 1990, em atendimento ao art. 225, parágrafo 1º, inciso V, das Constituição Federal e em observância ao Regimento Interno, e

Considerando que, o uso prolongado de um óleo lubrificante resulta na sua deterioração parcial, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares,

“potencialmente carcinogênicos”, resinas e lacas, ocorrendo também contaminações acidentais ou propositais,

Considerando que a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, em sua NBR-10004, “Resíduos Sólidos – Classificação”, classifica o óleo lubrificante usado como perigoso por apresentar toxicidade,

Considerando que o descarte de óleos lubrificantes usados ou emulsões oleosas para o solo ou cursos d’água gera graves danos ambientais,

Considerando que a combustão dos óleos lubrificantes usados pode gerar gases residuais nocivos ao meio ambiente,

Considerando a gravidade do ato de se contaminar o óleo lubrificante usado com policlorados (PCB’s), de caráter particularmente perigoso,

Considerando que as atividades de gerenciamento de óleos lubrificantes usados devem estar organizadas e controladas de modo a evitar danos à saúde, ao meio ambiente,

Considerando ainda que a reciclagem é instrumento prioritário para a gestão ambiental, resolve:

Art. 1º – Para efeito desta Resolução, entender-se por:

I – Óleo lubrificante básico – principal constituinte do óleo lubrificante. De acordo com sua origem, pode ser mineral (derivado de petróleo), ou sintético (derivado vegetal ou de síntese química);

II – Óleo lubrificante – produto formulado à partir de óleos lubrificantes básicos e aditivos;

III – Óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável – óleo lubrificante que, em decorrência do seu uso normal ou por motivo de contaminação, tenha se tornado inadequado à sua finalidade original, podendo, no entanto, ser regenerado através de processos disponíveis no mercado;

IV – Óleo lubrificante usado ou contaminado não regenerável – óleo lubrificante usado ou contaminado, conforme definição do item anterior,

não podendo, por motivos técnicos, ser regenerado, através de processos disponíveis no mercado;

V – Reciclagem de óleo lubrificante usado ou contaminado – consiste no seu uso ou regeneração. A reciclagem via uso envolve a utilização do mesmo como substituto de um produto comercial ou utilização como matéria-prima em outro processo industrial. A reciclagem via regeneração envolve o processamento de frações utilizáveis e valiosas contidas no óleo lubrificante usado e a remoção dos contaminantes presentes, de forma a permitir que seja reutilizado como matéria-prima. Para fins desta Resolução, não se entende a combustão ou incineração como reciclagem;

VI – Óleo lubrificante reciclável – material passível de uso, ou regeneração;

VII – Rerrefino – processo industrial de remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivos dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, conferindo aos mesmos características de óleos básicos, conforme especificação do DNC;

VIII – Combustão – queima com recuperação do calor produzido;

IX – Incineração – queima sob condições controladas, que visa primariamente destruir um produto tóxico ou indesejável, de forma a não causar danos ao meio ambiente;

X – Produtor de óleo lubrificante – formulador, ou envazilhador, ou importador de óleo lubrificante;

XI – Gerador de óleo lubrificante usado ou contaminado – pessoa física ou jurídica que, em decorrência de sua atividade, ou face ao uso de óleos lubrificantes gere qualquer quantidade de óleo lubrificante usado ou contaminado;

XII – Receptor de óleo lubrificante usado ou contaminado – pessoa jurídica que comercialize óleo lubrificante no varejo;

XIII – Coletor de óleo usado ou contaminado – pessoa jurídica, devidamente credenciada pelo Departamento Nacional de Combustíveis, que se dedica à coleta de óleos lubrificantes usados ou contaminados nos geradores ou receptores;

XIV – Rerrefinador de óleo lubrificante usado ou contaminado – pessoa jurídica devidamente credenciada para a atividade de rerrefino pelo Departamento Nacional de Combustíveis (DNC) e licenciada pelo órgão estadual de meio ambiente.

Art. 2º – Todo o óleo lubrificante usado ou contaminado será, obrigatoriamente, recolhido e terá uma destilação adequada, de forma a não afetar negativamente o meio ambiente.

Art. 3º – Ficam proibidos:

I – quaisquer descartes de óleo usados em solos, águas superficiais, subterrâneas, no mar territorial e em sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais;

II – qualquer forma de eliminação de óleos usados que provoque contaminação atmosférica superior ao nível estabelecido na legislação sobre proteção do ar atmosférico (PRONAR);

Art. 4º – Ficam proibidos a industrialização e comercialização de novos óleos lubrificantes não recicláveis, nacionais ou importados.

Parágrafo 1º – Casos excepcionais serão submetidos à aprovação do IBAMA, com base em laudos de laboratórios devidamente credenciados;

Parágrafo 2º – No caso dos óleos não recicláveis, atualmente comercializados no mercado nacional, o IBAMA, no prazo de 90 (noventa) dias a contar da publicação desta Resolução, efetuará estudos e proposição para a sua substituição.

Art. 5º – Fica proibida a disposição dos resíduos derivados do tratamento do óleo lubrificante usado ou contaminado no meio ambiente sem tratamento prévio, que assegure.

I – a eliminação das características tóxicas e poluentes do resíduo,

- II – a preservação dos recursos naturais, e
- III – o atendimento aos padrões de qualidade ambiental.

Art. 6º – A implantação de novas indústrias destinadas à regeneração de óleos lubrificantes usados, assim como a ampliação das existentes, deverá ser baseada em tecnologia que minimizem a geração de resíduos a serem descartados no ar, água, solo ou sistemas de esgotos.

Parágrafo Único – As indústrias existentes terão o prazo de 120 (cento e vinte) dias para apresentar ao Órgão de Estadual ao Meio Ambiente um plano de adaptação de seu processo industrial, que assegure a redução e tratamento dos resíduos gerados.

Art. 7º – Todo o óleo lubrificante usado deverá ser destinado à reciclagem.

Parágrafo Primeiro – A reciclagem do óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável deverá ser efetuada através do rerrefino.

Parágrafo Segundo – Qualquer outra utilização do óleo regenerável dependerá de aprovação do órgão ambiental competente.

Parágrafo Terceiro – Nos casos onde não seja possível a reciclagem, o órgão ambiental competente poderá autorizar a sua combustão, para aproveitamento energético ou incineração, desde que observados as seguintes condições:

- I – O sistema de combustão/incineração esteja devidamente licenciado ou autorizado pelo órgão ambiental;

- II – Sejam atendidos os padrões de emissões estabelecidos na legislação ambiental vigente. Na falta de algum padrão, deverá ser adotada a NB 1265, “Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho”;

III – A concentração de PCB's no óleo deverá atender aos limites estabelecidos na NBR 8371 – “Ascaréis para transformador e capacitores – Procedimento”.

Art. 8º – Das Obrigações dos Produtores:

I – divulgar, no prazo máximo de 12 meses, a partir da data de publicação desta Resolução, em todas as embalagens de óleos lubrificantes produzidos ou importados, bem como em informes técnicos e destinação imposta pela lei e a forma de retorno dos óleos lubrificantes usados contaminados, recicláveis ou não;

II – ser responsável pela destinação final dos óleos usados não regeneráveis, originários de pessoas físicas, através de sistemas de tratamento aprovados pelo órgão ambiental competente;

III – submeter ao IBAMA para prévia aprovação, o sistema de tratamento e destinação final dos óleos lubrificantes usados, após o uso recomendado, quando da introdução no mercado de novos produtos, nacionais importados.

Art. 9º – Obrigações dos geradores de óleos usados.

I – armazenar os óleos usados de forma segura, em lugar acessível à coleta, em recipientes adequados e resistentes a vazamentos;

II – adotar as medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado venha a ser contaminado por produtos químicos, combustíveis, solventes e outras substâncias, salvo as decorrentes da sua normal utilização;

III – destinar o óleo usado ou contaminado regenerável para a recepção, coleta, rerrefino ou a meio de reciclagem, devidamente autorizado pelo órgão ambiental competente;

IV – fornecer informações aos coletores autorizados sobre os possíveis contaminantes adquiridos pelo óleo usado industrial, durante o seu uso normal;

V – alinear os óleos lubrificantes usados ou contaminados provenientes de atividades industriais exclusivamente aos coletores autorizados;

VI – manter os registros de compra de óleo lubrificante e alienação de óleo lubrificante usado ou contaminado disponíveis para fins fiscalizatórios, por dois anos, quando se tratar de pessoa jurídica com consumo de óleo for igual ou superior a 700 litros por ano;

VII – responsabilizar-se pela destinação final de óleos lubrificantes usados contaminados não regeneráveis, através de sistemas aprovados pelo órgão ambiental competente;

VIII – destinar o óleo usado não regenerável de acordo com a orientação do produtor, no caso de pessoa física;

Art. 10º – Obrigações dos receptores de óleos usados.

I - alienar o óleo lubrificante contaminado regenerável exclusivamente para o coletor ou rerrefinador autorizado;

II – divulgar, em local visível ao consumidor a destinação disciplinada nesta Resolução, indicando a obrigatoriedade do retorno dos óleos lubrificantes usados e locais de recebimento;

III – colocar, no prazo de 60 (sessenta) dias, a partir da publicação desta Resolução, à disposição de sua própria clientela, instalações ou sistemas, próprios ou de terceiros, para troca de óleos lubrificantes e armazenagem de óleos lubrificantes usados;

IV – reter e armazenar os óleos usados de forma segura, em lugar acessível à coleta, em recipientes adequados e resistentes a vazamentos, no caso de instalações próprias.

Art. 11º – No caso dos postos de abastecimentos de embarcações não se aplica a exigência de instalações de troca de óleo lubrificante, devendo o gerenciamento do óleo lubrificante usado atender à legislação específica.

Art. 12º – Obrigações dos coletores de óleos usados.

I – recolher todo o óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável, emitindo, a cada aquisição, para o gerador ou receptor, a competente Nota Fiscal, extraída nos moldes previstos pela Instrução Normativa nº 109/84 da Secretaria da Receita Federal;

II – tomar medidas necessárias para evitar que o óleo lubrificante usado venha a ser contaminado por produtos químicos, combustíveis, solventes e outras substâncias;

III – alienar o óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável coletado, exclusivamente ao meio de reciclagem autorizado, através de nota fiscal de sua emissão;

IV – manter atualizados os registros de aquisição e alienações, bem como cópias dos documentos legais a elas relativos, disponíveis para fins fiscalizatórios, por 2 anos;

V – responsabilizar-se pela destinação final de óleos lubrificantes usados ou contaminados não regeneráveis, quando coletados, através de sistemas aprovados pelo órgão ambiental competente;

VI – garantir que as atividades de manuseio, transporte e transbordo do óleo usado coletado sejam efetuadas em condições adequadas de segurança e por pessoal devidamente treinado, atendendo à legislação pertinente.

Art. 13º – Obrigações dos rerrefinadores de óleos usados.

I – receber todo o óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável, exclusivamente de coletor autorizado;

II – manter atualizados os registros de aquisições e alienações, bem como cópias dos documentos legais a elas relativos, disponíveis para fins fiscalizatórios, por 2 anos;

III – responsabilizar-se pela destinação final de óleos lubrificantes usados ou contaminados não regeneráveis, através de sistemas aprovados pelo órgão ambiental competente;

IV – os óleos lubrificantes rerrefinados não devem conter compostos policlorados (PCB's) em teores superiores a 50 ppm.

Parágrafo Único – Os óleos básicos procedentes do rerrefino não devem conter resíduos tóxicos ou perigosos, de acordo com a CB 155 e não conter policlorados (PCB's s/PCB's) em concentração superior à 50 ppm (limite vigente para óleos aprovados pelo órgão ambiental competente .

Art. 14º – Armazenagem de óleos lubrificantes usados ou contaminados – As unidades de armazenamento do óleo lubrificante usado devem ser construídas e mantidas de forma a evitar infiltrações, vazamentos e ataque pelo seu conteúdo e riscos associados, e quanto às condições de segurança no seu manuseio, carregamento e descarregamento, de acordo com as normas vigentes.

Art. 15º – Embalagens e transporte de óleos lubrificantes usados ou contaminados – As embalagens destinadas ao armazenamento e transporte de óleo lubrificantes usado devem ser construídas de forma a atender aos padrões estipulados pelas normas vigentes.

Art. 16º – O CONAMA recomendará ao Ministério da Fazenda, à vista dos problemas ambientais descritos nos considerandos desta Resolução, que sejam realizados estudos no sentido de considerar não tributável a receita obtida com a alienação, nos moldes deste instrumento, do óleo lubrificante usado ou contaminado regenerável.

Art. 17º – O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas na lei 6938 de 31 de agosto de 1981 e na sua regulamentação pelo decreto 99274 de 06 de junho de 1990.

Art. 18º – Os óleos lubrificantes usados ou contaminados, reconhecidos como biodegradáveis, pelos processos convencionais de tratamento biológico, não são abrangidos por esta Resolução, quando não misturados aos óleos lubrificantes usados regeneráveis.

Parágrafo Único – Caso o óleo usado biodegradável seja misturado ao óleo usado regenerável, a mistura será considerada como óleo usado não regenerável.

Art. 19º – Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação 09/93.

Anexo 3:

QUESTIONÁRIO

1. Quais são as etapas do processo de recuperação do óleo lubrificante?
2. Quanto tempo é utilizado no processo de recuperação?
3. Quais os produtos usados no processo produtivo da recuperação?
Nesse processo o óleo recebe algum aditivo?
4. De cada litro de óleo usado, qual a porcentagem que pode ser recuperado?
5. O processo de refino do óleo básico virgem gera borra?
6. Qual a composição química da borra?
7. O que se faz com a borra?
8. Há algum padrão para o óleo recuperado, (grau, viscosidade, cor, etc.)?
9. Pode-se misturar o básico recuperado com o básico virgem?
10. Na sua opinião o óleo recuperado é melhor que o óleo virgem?
11. O óleo recuperado só serve como básico de óleo de motor?
12. As companhias de Petróleo só compram o óleo usado para “produzir” seus óleos, ou há mistura com básicos virgens?
13. As recuperadoras podem vender o óleo para quem quiser ou só para as companhias de petróleo?

14. Há algum tipo de influência internacional nesse mercado?
15. Quais as leis que controlam o setor e o que dizem?
16. Por quanto a recuperadora vende cada litro de óleo?
17. Quanto custa para tratar 1l ou 1kg de borra?
18. Qual o custo para se recuperar 1 litro de óleo usado?
19. Quantos por cento (%) do preço de custo do óleo recuperado é referente ao transporte?
20. Quanto custa 1 litro de óleo básico virgem?
21. Quanto custa montar uma recuperadora?

RESPOSTAS

Empresa A:

1. Destilação (280 °C), tratamento ácido (decantação), filtragem (terra fuller).
2. Para uma quantidade de aproximadamente de 10.000 litros o tempo gira em torno de 48 horas.
3. Ácido sulfúrico 98%, terra fuller (80 °C à 100 °C), hidróxido de cálcio.
4. Dependendo da carga em torno de 65%.
5. Sim: resíduo betuminoso.
6. Água, produtos oxidados do óleo, solvente.
7. Água, produtos oxidados do óleo, solvente.
8. Norma ABNT.
9. Sim, em torno de 30% de recuperado e 70% de novo.
10. Sim, por já ter sido refinado e conseqüentemente por possuir mais frações lubrificantes.
11. Não, serve também para a confecção de óleos hidráulicos, óleos para engrenagens, graxas, etc.
12. O óleo recuperado serve como complemento da carga a qual é composta de aproximadamente 70% de óleo novo e 30% de óleo recuperado.
13. Sim o mercado não é restrito.

14. Sim, atualmente óleos básicos vindos da Venezuela estão entrando no país ao preço de aproximadamente R\$ 0,30 o litro.
15. Resolução do CONAMA.
16. De R\$ 0,30 à R\$ 0,40 o litro.
17. Não há como precisar, pois a composição da mesma nunca é igual.
18. De 0,09 a 0,12 o litro.
19. 30%.
20. De 0,52 a 0,56 o litro.
21. Para uma recuperadora com uma produção de 150.000 litros por mês, estima-se um investimento de aproximadamente R\$ 200.000,00.

Empresa B:

1. Destilação (280 °C), tratamento ácido (decantação), filtragem (terra fuller).
2. Para uma quantidade de aproximadamente de 10.000 litros o tempo gira em torno de 48 horas.
3. Ácido sulfúrico 98%, terra fuller (80 °C à 100 °C), hidróxido de cálcio.
4. Dependendo da carga em torno de 60%.
5. Sim: resíduo betuminoso.
6. Água, produtos oxidados do óleo, solvente.
7. É usada para queima com fins energéticos, na produção de asfalto e pedrisco.
8. Há padrões variáveis, de acordo com as especificações das companhias de petróleo.
9. Sim, em torno de 30% de recuperado e 70% de novo.
10. Sim, por já ter sido refinado e conseqüentemente por possuir mais frações lubrificantes.
11. Não, serve também para a confecção de óleos hidráulicos, óleos para engrenagens, graxas, etc.
12. O óleo recuperado serve como complemento da carga a qual é composta de aproximadamente 70% de óleo novo e 30% de óleo recuperado.
13. Sim o mercado não é restrito.

14. Sim, atualmente óleos básicos vindos da Venezuela e Argentina estão entrando no país ao preço de aproximadamente R\$ 0,30 o litro.
15. Resolução do CONAMA.
16. De R\$ 0,30 à R\$ 0,40 o litro.
17. Não há como precisar, pois a composição da mesma nunca é igual.
18. De 0,09 a 0,12 o litro.
19. 15% a 20%.
20. 0,50 o litro.
22. Para uma recuperadora com uma produção de 150.000 litros por mês, estima-se um investimento de aproximadamente R\$ 400.000,00.