



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Alberto Eduardo de Oliveira e Silva**

**Projeto de Investigação em Ensino de Química**

**TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: A QUÍMICA DOS ÓLEOS**  
**LUBRIFICANTES**

**BRASÍLIA – DF**  
**1.º/2011**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Alberto Eduardo de Oliveira e Silva**

**TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: A QUÍMICA DOS ÓLEOS  
LUBRIFICANTES**

Projeto de Investigação em Ensino de Química  
apresentado como requisito parcial para a con-  
clusão da disciplina “Trabalho de conclusão de  
Curso 2” do curso de Licenciatura do Instituto  
de Química da Universidade de Brasília.

**ORIENTADOR: GERSON DE SOUZA MOL**

**BRASÍLIA, 1.º/2011**

**Alberto Eduardo de Oliveira e Silva**

**TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA: A QUÍMICA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES**

Projeto de Investigação em Ensino de Química apresentado como requisito parcial para a conclusão da disciplina “Trabalho de conclusão de Curso 2” do curso de Licenciatura do Instituto de Química da Universidade de Brasília.

Aprovado em    /    / 2011

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Gerson de Souza Mol (orientador)

---

Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva (examinador)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todas as pessoas que conheço e me fazem ter certeza que vale a pena viver.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a minha família pelo amor, carinho e atenção que vocês me deram ao longo de toda minha vida. Vocês foram e são a base de tudo na minha vida.

Em especial, agradeço à minha mãe, pois sem o apoio dela não teria conseguido conquistar nem a metade do que conquistei.

Agradeço a Rosana pelo amor, amizade, compreensão, sugestões e críticas durante esses infindáveis quatro anos de curso de graduação. Tenho certeza que na sua ausência tudo teria sido muito mais difícil. Agradeço a todas as pessoas que entraram na minha vida, se tornaram amigas e compartilharam comigo de inúmeras experiências dessa alegria que é a vida.

Agradeço aos professores, não somente os de profissão, mas aqueles que facilitaram o meu aprendizado, abrindo meus olhos para outras dimensões do saber.

Agradeço aos colegas de estágio pelos ensinamentos importantíssimos, sem dúvida vocês diminuíram a distância entre teoria e prática ao longo do curso de química, diminuindo também a angústia que o é.

Por último, agradeço também às pessoas que tornaram essa caminhada mais difícil, pois só assim pude perceber quais caminhos não deveria seguir e quem não gostaria de me tornar.

## RESUMO

A partir da análise dos livros didáticos de ensino de Química pertencentes ao catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM -, houve a constatação da ausência ou pouca relevância em que se atribui ao tema óleos lubrificantes no estudo da Química neste nível de ensino. Sob essa perspectiva, o presente trabalho visa fornecer subsídios para o ensino de Química, especificamente relativos aos conteúdos da área de físico-química e química orgânica. Essa proposta se faz por meio de transposição didática, na qual manuais técnicos e especializados são interpretados e remodelados para a produção de um texto didático. Como objeto de estudo escolhido, investigar-se-á “materiais lubrificantes”, especialmente óleo lubrificante para motores automotivos e toda importância ligada a esse tema e quais implicações repercutem na vida de cidadãos, ou seja, as transformações no modo de vida das sociedades geradas a partir do estudo de tais substâncias. A elaboração do texto se baseia em uma perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS –, não no sentido apenas de curiosidade ou de citação descontextualizada da aplicação tecnológica em que se encontram os conceitos ou conteúdos de Química. Mas sim com o intuito de promover a formação do aluno, ampliar os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, de forma interpretar o mundo e intervir na realidade, como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
TENDÊNCIAS ATUAIS DO ENSINO DE QUÍMICA.....	11
1.1. Legislação.....	11
HISTÓRIA DA LUBRIFICAÇÃO.....	15
1.1. Lubrificantes no Mundo.....	15
1.2 Lubrificantes no Brasil.....	17
PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS.....	20
2.1 Composição do Petróleo.....	20
2.2 Obtenção de Óleos Lubrificantes Minerais.....	23
2.3 Óleos Lubrificantes Sintéticos.....	29
2.3.1 Polialfaolefinas (PAO'S).....	30
2.3.2 Polibutenos ou Poliisobutenos.....	31
2.3.3 Aromáticos Alquilados.....	32
2.3.4 Ésteres de ácidos carboxílicos.....	33
2.3.5 Poliglicóis ou Polialquilenoglicóis.....	33
2.3.6 Polissiloxanos (óleo de silicone).....	34
2.4 Óleos Lubrificantes Vegetais.....	36
3. Viscosidade.....	37
4 Aditivos Químicos.....	41
4.1 Aditivos Detergentes e Dispersantes.....	42
4.2 Aditivos Antioxidantes.....	43
4.3 Aditivos Melhoradores de Índice de Viscosidade (MIV's).....	45
4.4 Aditivos Antidegaste.....	46
4.5 Aditivos Antiespumantes.....	47
4. Lubrificação Automotiva.....	48
5.1 Óleo Lubrificante de Motor Automotivo.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57

## INTRODUÇÃO

Os óleos lubrificantes de base mineral são tidos como subproduto da destilação do petróleo e talvez esse seja um dos motivos pelos quais “óleos lubrificantes” sejam tratados como tema marginal por uma parcela significativa da sociedade – acadêmica ou não. De certo que, muito embora um olhar mais apurado sobre dados relativos ao mercado de lubrificantes revelaria que tais conceitos – ou pré-conceitos – são infundados e não mais refletem o complexo mercado globalizado, até hoje o tema não é abordado em salas de aula do ensino médio, em especial, na disciplina química.

Nesse sentido, o currículo consolidado e, de forma geral, apresentado nos livros didáticos tradicionais necessita de uma severa leitura crítica, tanto pelos resultados que tem produzido junto aos jovens em sua formação básica (pouca compreensão) quanto pela limitação com que ele é concebido, isto é, como acúmulo de conhecimentos isolados e fossilizados, com questionável papel formador. Há, assim, necessidade de superar o atual ensino praticado, proporcionando o acesso a conhecimentos químicos que permitam a "construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação" (BRASIL, 1999, p. 241).

Nesse contexto é que estão inseridas as bases do presente trabalho, cujo objetivo é o de preencher a lacuna existente entre o mundo real e o mundo idealizado dos livros didáticos, nos quais autores acreditam que informações inseridas por si só são suficientes para o aprendizado, não se necessitando incluir respostas do “por que” ou “para que” tal conhecimento está ali presente.



Ou seja, em outras palavras, deve-se primeiramente fazer uma investigação epistemológica do assunto.

Por que não ensinar nas escolas a importância dos óleos lubrificantes e a importância sobre os estudos da viscosidade das substâncias – tribologia<sup>1</sup> – e fazer uma interface entre conteúdos de físico-química e química orgânica com aplicações industriais desses óleos. De início, é possível introduzir a discussão do tema simplesmente pela investigação da pergunta (resposta): “Qual a importância em se estudar a viscosidade das substâncias para as nossas vidas? Que implicações nos trazem o entendimento de lubrificação?”.

Como objeto de estudo escolhido, investigar-se-á “materiais lubrificantes”, especialmente óleo lubrificante para motores automotivos e toda importância ligada a esse tema e quais implicações repercutem na vida de cidadãos, ou seja, as transformações no modo de vida das sociedades geradas a partir do estudo de tais substâncias.

O objeto de pesquisa desta investigação compreende material de ensino de Química, mais especificamente sobre óleos lubrificantes, destinado ao Ensino Médio. Em um primeiro momento, faz-se necessária a compreensão do contexto escolar e da abrangência em que se consiste uma proposta pedagógica em que verdadeiramente se contemple os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Entende-se, no âmbito da área, que, de forma geral, o ensino praticado nas escolas não está propiciando ao aluno um aprendizado que possibilite a compreensão dos processos químicos em si e a construção de um conhecimento químico em estreita ligação com o meio cultural e natural, em todas as suas dimensões, com implicações ambientais, sociais, econômicas, ético-políticas, científicas e tecnológicas (BRASIL, 2002, p.101).

---

<sup>1</sup> Parte da ciência dedicada ao estudo das viscosidades das substâncias.

Ainda espera-se que o papel do ensino nas escolas inclua a formação de cidadãos conscientes que compreendam seus direitos e deveres perante a sociedade. Dessa forma, a evolução do entendimento sobre substâncias lubrificantes e lubrificação de máquinas poderá contribuir para as transformações no modo de vida das sociedades. A partir dessa compreensão é possível intervir nesse processo, modificando a realidade a partir da mobilização de conhecimento utilizado como ferramenta de transformação social.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN – (BRASIL, 2002, p.87),

O aprendizado de Química no ensino médio [...] deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Com o intuito de se consolidar tal proposta no âmbito da síntese de um material de ensino de Química, considera-se o ensino com enfoque Ciência – Tecnologia-Sociedade – CTS – que

significa o ensino do conteúdo de ciência no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social. Os estudantes tendem a integrar a sua compreensão pessoal do mundo natural (conteúdo da ciência) com o mundo construído pelo homem (tecnologia) e o seu mundo social do dia-a-dia (sociedade). (HOFSTEIN, 1988,<sup>2</sup> apud SANTOS e SCHNETZLER, 2010)

Ainda, para Santos e Schnetzler (2010), o ensino de CTS é caracterizado pela organização conceitual centrada em temas sociais, pelo desenvolvimento de atitudes de julgamento, e por uma concepção de ciência voltada para

---

<sup>2</sup> HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. International Journal of Science Education, v. 10, n. 4.

o interesse social, visando a compreender as implicações sociais do conhecimento científico.

Considera-se que os cursos com enfoque CTS se organizam segundo uma abordagem interdisciplinar de ensino de Ciências, que difere consideravelmente dos cursos convencionais de ciências centrados exclusivamente na transmissão de conceitos científicos (SANTOS e SCHNETZLER, 2010).

É importante enfatizar que esse trabalho se dá em um momento oportuno do ponto de vista da educação para a formação da cidadania. Justifica-se a discussão do tema em salas de aula, uma vez que o país obteve realizações importantes nos últimos anos, como a descoberta de reservas petrolíferas em águas profundas – pré-sal – na região da costa brasileira e aquisição de auto-suficiência de petróleo<sup>3</sup>. Além do fato do país estar despontando como potência econômica mundial entre os países em desenvolvimento.

---

<sup>3</sup> Essa auto-suficiência é relativa, uma vez que, apesar do Brasil ter atingido uma produção de petróleo acima da demanda nacional, o país ainda continua dependente de derivados de petróleo de maior valor agregado, advindos da importação de outros países.

## CAPÍTULO 1

# TENDÊNCIAS ATUAIS DO ENSINO DE QUÍMICA

Para se ter uma maior clareza de como está a situação do ensino de Química no Nível Básico de ensino e principalmente Ensino Médio, é importante que analisemos alguns estudos relevantes na área de ensino de Química, os quais corroboram e sustentam a finalidade desse trabalho.

### 1.1. Legislação

De acordo com pesquisas (LOPES, 1997), o ensino de ciências nas escolas, em especial o ensino de Química, tem sido apontado como insuficiente ou ineficaz. Como forma de enfrentamento a esses obstáculos, novas metodologias e abordagens de ensino têm sido propostas, contrapondo-se àquelas já existentes. Nessa corrente de pensamento, inclui-se também a transposição didática, ferramenta esta que possui um potencial enorme para contribuir de forma positiva para o ensino, muito embora, tenha sido pouco ou nada explorada pelos autores de livros didáticos de química e igualmente pela maioria dos professores.

A idéia de Transposição Didática foi formulada originalmente pelo sociólogo Michel Verret, em 1975. Porém, em 1980, o matemático Yves Chevallard retoma essa idéia e a insere num contexto mais específico, fazendo dela uma teoria [...]. Ele define a Transposição Didática como um instrumento eficiente para analisar o processo através do qual o saber produzido pelos cientistas (o Saber Sábio) se transforma naquele que está contido nos programas e livros didáticos

(o Saber a Ensinar) e, principalmente, naquele que realmente aparece nas salas de aula (o Saber Ensinado) (BROCKINGTON & PIETROCOLA, 2005, v. 10, p. 388).

Como resultado de tais pesquisas, constata-se o distanciamento entre conteúdos de Química abordados e suas aplicações no desenvolvimento de tecnologias nas sociedades modernas e, conseqüentemente, na vida cotidiana das pessoas. Não é de se estranhar que, esse fato também seja apontado como “catalisador”, mas não exclusivamente para a repulsa ou baixo índice de aprendizagem por parte dos alunos de química.

Chevallard (1991)<sup>4</sup>, citado por Brockington & Pietrocola (2005), mostra que para entendermos realmente as relações que ocorrem dentro do sistema de ensino, deveríamos incluir o saber como elemento fundamental nesse processo. Com isso, acreditamos que ao compreendermos as alterações sofridas pelo saber, desde sua criação na comunidade científica até sua chegada nas salas de aula, seremos mais capazes de dar significado a esses conhecimentos apresentados nas escolas.

[...] uma vez que se torna possível falar desse terceiro termo, tão curiosamente esquecido: o saber. Pode formular-se uma pergunta que concede à polêmica seu verdadeiro interesse: O que é então aquilo que, no sistema didático, se coloca sob o estandarte de O Saber? O “saber ensinado” que concretamente encontra o observador, que relação estabelece com o que se proclama dele fora desse âmbito? E que relação estabelece então com o “saber sábio”, o dos matemáticos? Quais distâncias existem entre um e outro? (CHEVALLARD, 1991<sup>2</sup>, apud BROCKINGTON & PIETROCOLA 2005, p. 392).

Em um segundo momento, a elaboração do material de ensino basear-se-á na ideia de que “a perspectiva de constituição de um conhecimento pro-

---

<sup>4</sup> CHEVALLARD, Y. *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

priamente escolar surge mais precisamente com a noção de transposição didática” (LOPES, p. 563, 1997).

Por hora, se faz necessário entender, de forma sucinta, o que são e como surgem os conhecimentos científico, cotidiano e escolar e como eles se inter-relacionam, especificamente como o conhecimento científico se relaciona com o conhecimento escolar por meio da transposição didática.

O conhecimento científico é entendido como aquele que é produzido por metodologias e sistemáticas específicas, buscando a compreensão e a manipulação dos diversos fenômenos vislumbrados pelo homem. Segundo Lopes (1999), a ciência é uma forma de ver o mundo, [...] é uma representação abstrata pela descrição e explicação de objetos de estudo, caracteriza-se por processo específico de validação. No entanto, o conhecimento científico produzido não deve ser percebido como verdade absoluta e acabada, ele se cria a partir do erro, a partir de verdades transitórias. O conhecimento cotidiano é igualmente obtido por meio da interação da interação com o mundo que nos cerca, no entanto, esse se distingue do conhecimento científico por não estar vinculado à qualquer teoria ou interpretação sistemática e lógica, mas encontra-se permeada pelas interações sociais, pela opinião e pelo subjetivismo característicos da vida diária. Não se trata de se considerar um conhecimento melhor ou mais importante que o outro, mas sim de compreender que cada qual se justifica sob um determinado contexto.

Na cotidianidade, o modo de viver é instintivo, não original. É um mundo de familiaridade e ações banais, não no sentido pejorativo do termo, mas em função da espontaneidade característica de nossas ações diárias. No cotidiano colocamos todos os nossos sentidos, nossas capacidades intelectuais, sentimentos, paixões, ideologias, habilidades; apresentamo-nos inteiros, mas, por isso mesmo, ne-

nhuma de nossas potencialidades é explorada ao máximo (LOPES, 1999).

O conhecimento cotidiano é fundamental à vida humana, é necessário que se admita os diferentes saberes como importantes dentro dos seus limites de atuação, sem hierarquizá-los, nem subestimá-los em detrimento de outros.

Por sua vez, o conhecimento escolar se constitui em diferentes saberes. Para Lopes (1999), os saberes escolares refletem a distribuição de poder e os mecanismos de controle de uma sociedade. Em princípio, o conhecimento “transmitido” na escola foi produzido pela comunidade científica – nas universidades, centro de pesquisas e outros. Para ser ensinado na escola ele é reestruturado e selecionado a fim de atender aos objetivos do ensino. Os critérios utilizados nessa seleção são os mais diversos e estão relacionados ao próprio processo de ensino-aprendizagem e ao contexto em que as pessoas envolvidas estão inseridas.

[...] Na despersonalização, os sujeitos produtores do conhecimento tornam-se anônimos, o conhecimento toma ares de universalidade generalidade. Na descontextualização são negligenciados os contextos e as origens da produção e desenvolvimento de determinado conhecimento (LOPES, 1999).

Portanto, vários grupos interferem nesse processo de transposição didática, sejam os pesquisadores, os autores de livros didáticos, os professores, os alunos, a sociedade. E, uma vez que o saber sábio<sup>5</sup> é transformado e constituído em saber escolar, ele se descaracteriza. Assim sendo, entende-se que a compreensão dos processos de mediação dos conhecimentos se faz necessária, bem como uma melhor contextualização em sala de aula.

---

<sup>5</sup> (CHEVALLARD (1991)<sup>2</sup> apud BROCKINGTON & PIETROCOLA (2005, p. 392).

## CAPÍTULO 2

# HISTÓRIA DA LUBRIFICAÇÃO

### 1.1. Lubrificantes no Mundo

Dos tempos mais remotos têm-se a origem do uso de materiais para fins de lubrificação. Já no antigo Egito, foram encontradas pinturas no túmulo de Ra-em-Ka (2600-1700 a.C), as quais ilustravam homens despejando gordura nas bases de objetos – trenós - usados para transportar blocos de pedra. Na Idade Média, utilizava-se sebo para facilitar a abertura dos portões de castelos e diminuir o desgaste das rodas de carruagens de reis e rainhas. Já no período das grandes navegações, óleo de baleia era usado como agente de impermeabilização das naus e também para melhorar o deslizamento destas na superfície das águas do mar (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

No entanto, foi a partir da Revolução Industrial, século XVIII, que os lubrificantes viriam a se tornar protagonistas, mesmo que em segundo plano, da transformação do modo de vida da sociedade europeia. De certo que, foi o surgimento das máquinas – têxteis e a vapor – que realmente provocou significativa mudança no cotidiano das pessoas. Não obstante, as máquinas não atingiriam tamanho potencial se, juntamente com elas, não fosse desenvolvido o papel da lubrificação, tendo em vista a necessidade do uso de óleos lubrificantes. Não é de se estranhar, pois, a colocação dos óleos lubrificantes como agentes



significativos de transformação do modo de vida da humanidade, uma vez que na ausência deles, dificultaria o bom funcionamento das máquinas.

É consenso entre os diversos autores que, a partir de então, a história dos lubrificantes se confunde com a história do petróleo e um acontecimento em especial mudaria o rumo da humanidade. No século XIX, mais precisamente no dia 27 de agosto de 1859, Edwin Laurentine Drake, um ex-maquinista de trem, mudou a história da indústria da noite para o dia quando, no Estado da Pensilvânia (EUA), conseguiu extrair petróleo do subsolo. Apesar de nessa época o petróleo já ser conhecido, nesse momento nasce o primeiro poço de petróleo com 21 metros de profundidade e produção diária de aproximadamente 3.200 litros (THOMAS, 2004). Assim, torna-se possível a substituição de óleos e gorduras naturais – vegetais e animais – para fins de lubrificação por materiais extraídos de petróleo, uma vez que estes são mais baratos e suportam o calor por mais tempo sem se decompor.

Com o surgimento da indústria automotiva e sua grande popularidade, era de se esperar o impacto que causaria para o uso dos lubrificantes. Para se ter ideia, nada menos que, o primeiro óleo para motor era literalmente petróleo cru e a quantidade de impurezas contida no petróleo era tão grande que quando o motor esquentava, aquecia-se o óleo e conseqüentemente ele “afinava” e quando frio, ele “engrossava”. Essas alterações geravam mudanças bruscas na **viscosidade**<sup>6</sup> do óleo e isto implicava no comprometimento do motor do veículo - pode-se imaginar que, àquela época, até explosões ocorriam.

---

<sup>6</sup> Resistência ao escoamento de um líquido.

## 1.2 Lubrificantes no Brasil

No Brasil, em 1864, inicia-se a busca por poços de petróleo, marcada por inúmeras tentativas frustradas de curiosos cujas insistências resultam, mais tarde, entre 1892 a 1896, em concessões de prospecção de petróleo a particulares. O primeiro poço petrolífero a produzir no país – em 1897, na região de Bofete, SP -, pertencia ao fazendeiro Eugênio Ferreira de Camargo, mas produziu apenas 2 barris, o restante era de água sulfurada (THOMAS, 2004).

Já no início do século XX, sucessivos acontecimentos definem a história do petróleo nacional. Em 1934, o Código de Minas estabelece normas para a pesquisa e lavra de petróleo. No ano de 1938 cria-se o Conselho Nacional de Petróleo – CNP – e diversas promulgações de leis que visam à reserva dos direitos de exploração de poços de petróleo aos brasileiros. Já em 1939, graças aos esforços do pioneiro Oscar Cordeiro e do engenheiro Manoel Ignácio Bastos, no município de Lobato no interior da Bahia, foi descoberto o primeiro poço comerciável de petróleo do país. Daí em diante, muitos campos petrolíferos foram descobertos em vários estados – Paraná, Sergipe, Alagoas, Recôncavo Baiano - e já na década de 40 havia discussões a respeito da nacionalização das jazidas de “hidrocarbonetos” e da defesa dos recursos minerais frente a empresas privadas que se apossavam destas riquezas (THOMAS, 2004).

Este assunto que anda novamente em destaque no atual panorama energético brasileiro após a descoberta e início de exploração de petróleo em águas profundas – pré-sal. O foco agora não é mais a privatização ou a estatização, mas sim a partilha dos “royalties” pertencentes aos Estados produtores

e à União: qual porcentagem deve ser destinada ao Estado onde se localiza a bacia petrolífera e qual porcentagem é destinada ao País.

Os debates entre os defensores da participação de capitais privados e adeptos ao monopólio estatal da exploração petrolífera culminou com a assinatura, em 3 de outubro de 1953, por Getúlio Vargas, Presidente da República, da Lei que criou a Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras) com a predominância obrigatória de capital nacional e monopólio estatal de pesquisa, lavra, refino e transporte do petróleo e seus derivados (THOMAS, 2004).

A partir da década de 50 começam os primeiros estudos das propriedades físico-químicas dos óleos lubrificantes. Nesse momento considerava-se importante apenas a viscosidade adequada e a ausência de substâncias ácidas. Com o avanço dos estudos na área da petroquímica, em especial da síntese de substâncias orgânicas, nos anos 60, surgem os aditivos químicos<sup>7</sup> e a partir do seu uso torna-se possível prolongar a vida útil dos maquinários e motores. Nos anos 70 surgem os óleos sintéticos, isto é, obtidos em laboratório por síntese química e a descoberta de performances superiores aos óleos de base mineral. Muito embora os fluidos sintéticos apresentassem vantagens em relação aos obtidos do petróleo, o alto custo provocou, inicialmente, recusa pelo mercado. Nas décadas de 1980 e 1990, graças ao desenvolvimento tecnológico e a demanda cada vez maior por óleos “ambientalmente corretos” e de melhor qualidade, fez com que os preços se tornassem mais acessíveis aos consumidores (MANG e DRESEL, 2007).

Em termos de volume, o óleo básico mineral – derivado do petróleo – é o componente mais importante do lubrificante, chegando a 95% do produto aca-

---

<sup>7</sup> Substâncias adicionadas ao óleo básico com a finalidade de se obter propriedades desejáveis ou diminuir propriedades indesejáveis.

bado. Por esta razão os lubrificantes têm sido associados aos demais derivados da indústria do petróleo. No entanto, é com clareza que podemos afirmar que óleos lubrificantes, cada vez mais, se distinguem dos demais produtos derivados de petróleo, possuindo características específicas e mercado próprio, no qual nas próximas décadas, cada vez mais, teremos crescentes demandas por lubrificantes e maiores exigências quanto à qualidade dos óleos.

## Capítulo 2

# PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS

Apesar desse texto se tratar do tema “óleo lubrificante”, faz-se necessário esclarecer o que é o petróleo, pois como já foi dito, desde o início da indústria do petróleo os óleos minerais têm sido usados como base para lubrificantes.

## 2.1 Composição do Petróleo

O petróleo, insumo para óleos combustíveis e lubrificantes, é uma mistura de substâncias predominantemente orgânicas contendo uma pequena quantidade de substâncias inorgânicas. O óleo cru apresenta em sua composição cerca de 90 a 99% de substâncias orgânicas chamadas de hidrocarbonetos – substâncias cujas moléculas são constituídas exclusivamente por átomos dos elementos carbono (C) e hidrogênio (H) (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

Em geral, o petróleo se apresenta sob a forma de um líquido escuro, menos denso do que a água, bastante viscoso e com odor forte e característico. Formado por centenas de hidrocarbonetos líquidos, sólidos e outros hidrocarbonetos gasosos dissolvidos, contém impurezas como: água, lama, sais e outras substâncias que possuem em sua composição átomos de enxofre, nitrogênio, cloro, entre outros (THOMAS, 2004).

As características dos hidrocarbonetos dependem do número de átomos de carbono, do número de átomos de hidrogênio das moléculas e da forma estrutural destas. Assim sendo, as propriedades físico-químicas diferem conside-

ravelmente entre os tipos de hidrocarbonetos. Por exemplo, a substância metano (CH<sub>4</sub>) é um gás, enquanto que o hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) é um líquido volátil (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

De acordo com o tipo de ligação entre carbonos e do tipo de cadeia das moléculas, os hidrocarbonetos são divididos em classes: parafínicos, naftênicos, olefínicos e aromáticos.

As parafinas ou alcanos são substâncias cujas moléculas apresentam apenas átomos de carbono e hidrogênios, unidos por ligações simples.

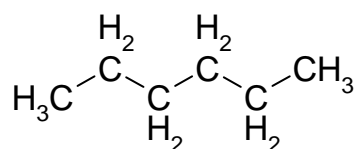


Fig. 1.0 – Exemplo de um alcano (hexano).

Os cicloalcanos ou naftenos também são substâncias cujas moléculas são formadas por átomos de hidrogênio e carbono unidos por ligações simples, formando cadeias fechadas (ciclos).

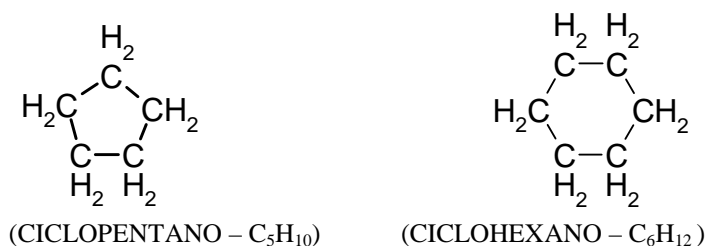


Fig. 1.1 – Exemplos de cicloalcanos

As olefinas ou alcenos são hidrocarbonetos alifáticos (cadeia aberta), cujas moléculas apresentam uma ou mais ligação dupla.

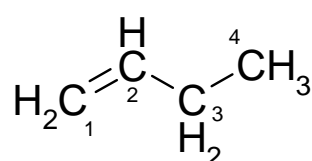


Fig. 1.2 – Exemplo de uma olefina (1-buteno).

Os alquinos ou alcinos são hidrocarbonetos alifáticos que apresentam uma ou mais ligação tripla entre os átomos de carbonos .

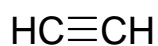
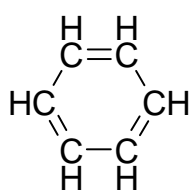
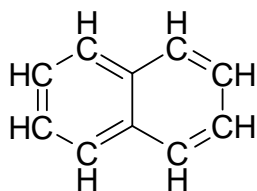


Fig. 1.3 – Exemplo de um alcino (etino).

Substâncias igualmente importantes são os hidrocarbonetos aromáticos, cujas moléculas apresentam um ou mais benzenos<sup>8</sup>.



(BENZENO – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)



(ANTRACENO – C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>)

Fig. 1.4 – Exemplos de hidrocarbonetos aromáticos.

---

<sup>8</sup> O fato de algumas substâncias apresentarem hidrocarbonetos aromáticos lhe conferem propriedades incomuns aos demais hidrocarbonetos e indesejáveis do ponto de vista do uso em óleos lubrificantes.

## 2.2 Obtenção de Óleos Lubrificantes Minerais

Como o petróleo – óleo cru - é um material<sup>9</sup> contendo substâncias, é lógico pensar que se faz necessária a separação dessas substâncias pela combinação de tratamentos executados de modo a se obter apenas os produtos desejáveis. É a partir desse processo, chamado de refinação ou refino, que se extrai os materiais que apresentam propriedades físico-químicas específicas e com maior valor agregado (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

O modo pelo qual os processos de refino são combinados em uma determinada refinaria depende da composição e características do óleo cru. Basicamente, o refino tem três objetivos:

- I. Produção de combustíveis;
- II. Produção de insumos químicos;
- III. Produção de óleos básicos e parafinas.

Trataremos especialmente a parte do processamento do petróleo com o intuito de se obter óleos básicos para a produção de lubrificantes. No entanto, pode-se dividir o tratamento do petróleo em três classes de processamento:

1. Processo de separação: de natureza física, consiste da separação das frações do petróleo de acordo com o número de carbonos – frações leves, intermediárias e pesadas;
2. Processo de transformação: de natureza química, tem por objetivo alterar a “composição química” de uma fração de modo a se obter materiais com propriedades desejadas;

---

<sup>9</sup> Prefere-se o emprego do termo material ao invés de mistura por assim entender que material expressa de forma mais clara a ideia de ser composta por mais de uma substância.



3. Processo de acabamento ou tratamento final: objetiva melhorar o produto final por meio da eliminação de impurezas.

O primeiro passo no processamento do petróleo na refinaria é a separação das substâncias por destilação em frações de diversas faixas de temperatura de ebulição. Esse processo consiste na separação física dos componentes de uma mistura de líquidos miscíveis, que, por sua vez, se apresentam diferentes temperaturas de ebulição. Ressalta-se que as propriedades físicas dos componentes de cada fração não são modificadas (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008). A separação por destilação é baseada na diferença de volatilidade<sup>10</sup> dos componentes do petróleo e é feita por sucessivas vaporizações e condensações. Assim, é possível separar as diversas substâncias pela diferença de suas temperaturas de ebulição. A essa temperatura a pressão de vapor se iguala à pressão do sistema ao qual o líquido está submetido. Os valores de temperatura de ebulição dos hidrocarbonetos aumentam com o crescimento de suas massas molares.

Ocorre que, durante esse processo as substâncias arrastam outras de temperatura de ebulição próximas, no entanto, a composição do vapor em equilíbrio com a mistura líquida será sempre mais rica no componente mais volátil do que a composição da mistura líquida. O princípio em que se baseia o processo de destilação é justamente esta diferença de composições entre a mistura líquido-vapor em equilíbrio que, posteriormente, ao se condensarem, podem ser separados. Em paralelo, ocorre o acúmulo de um resíduo formado por substâncias como massas molares elevadas que, nas condições de temperatura e pressão da destilação, não se vaporizam.

---

<sup>10</sup> Tendência de um líquido passar ao estado de vapor. Quanto menor for o peso molecular do hidrocarboneto, maior será a sua volatilidade.

Tabela 1.0 – Frações típicas do petróleo obtidas pelo processo de destilação.

Fração	Temperatura de ebulição (°C)	Composição aproximada	Uso
Gás liquefeito de petróleo – GLP	Até 40	C <sub>1</sub> – C <sub>2</sub> C <sub>3</sub> – C <sub>4</sub>	Gás doméstico e industrial
Gasolina	40-175	C <sub>5</sub> – C <sub>10</sub>	Combustível de automóvel e solvente
Querosene	175-235	C <sub>11</sub> – C <sub>12</sub>	Iluminação e combustível de avião
Gasóleo Leve	235-305	C <sub>13</sub> – C <sub>17</sub>	Diesel e fornos
Gasóleo Pesado	305-400	C <sub>18</sub> – C <sub>25</sub>	Insumo para lubrificantes
Lubrificantes	400-510	C <sub>26</sub> – C <sub>38</sub>	Óleos lubrificantes
Resíduo	Acima de 510	C <sub>38</sub> ou mais	Asfalto, piche, impermeabilizantes

\* FONTE: Curso Básico de Processos de Refino, Paiva, M., J., F.; Agosto de 2009.

Segundo Carreteiro e Belmiro (2008), para se obter as frações do petróleo usadas como insumo para a produção de óleo lubrificante, o processo de destilação é realizado em dois estágios.

O primeiro ocorre em uma torre de destilação que opera à pressão atmosférica. Nessa etapa são separados os combustíveis e o gasóleo. O resíduo não-distilado é enviado ao aquecedor de uma segunda torre que opera a uma pressão reduzida<sup>11</sup> (segunda etapa). A destilação a vácuo se faz necessária, pois a destilação dos componentes mais pesados (substâncias com maiores massas molares) do petróleo, sem que ocorra destruição térmica (craqueamento), somente é possível por meio do abaixamento da pressão de vapor e, por conseguinte, do abaixamento da temperatura de ebulição, a qual se dá por volta dos 450 °C.

<sup>11</sup> Processo de destilação a vácuo. Essa etapa consiste em se reduzir a pressão interna do sistema ( 0,01 a 0,05 atm), de modo a abaixar a temperatura de ebulição dos componentes com maior massa molar, os quais não são possíveis de se destilar a pressão ambiente sem se elevar a temperatura ao ponto de ocorrer a destruição térmica (craqueamento) dos componentes do petróleo.

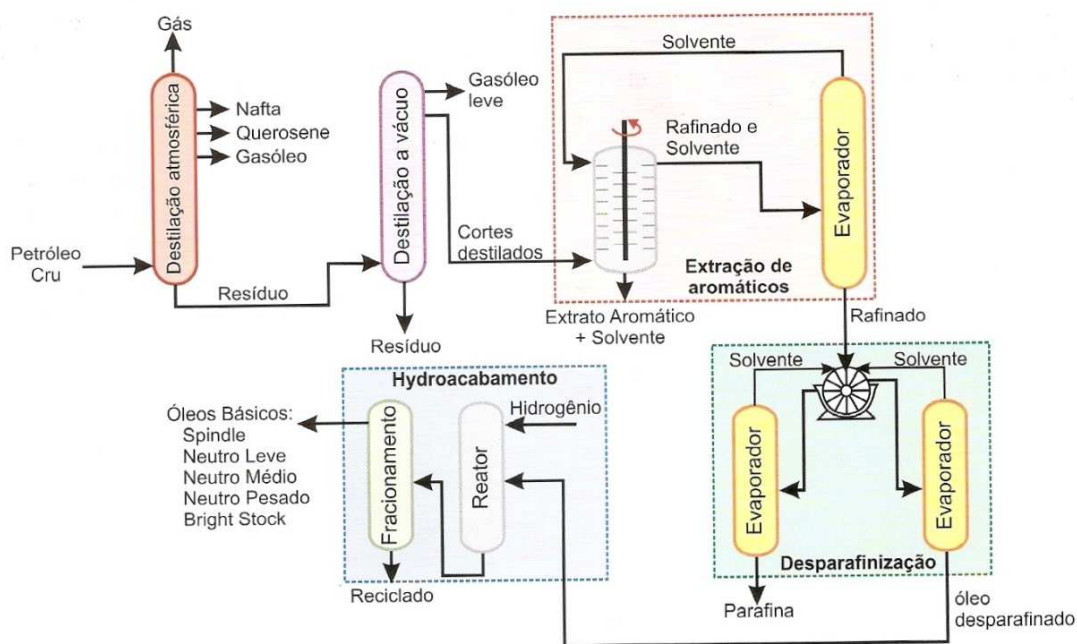


Fig. 1.5 – Processo simplificado da obtenção de óleo base para lubrificantes.  
 Fonte: Revista Lubes em Foco nº5 Fev/Mar 2008

Após o processo de destilação a vácuo, obtêm-se frações de óleos pesados, as quais ainda contém substâncias indesejadas – hidrocarbonetos naftênico e aromático - e que podem comprometer a qualidade do produto final. Para separar esses contaminantes, são realizados diversos métodos de extração por solvente<sup>12</sup>. Como regra, a extração é o passo seguinte da destilação a vácuo e para a extração de aromáticos, por exemplo, são utilizados solventes como furfural, NMP (N-metil-2-pirrolidona), e fenol (MANG e DRESEL, 2007). Essa etapa visa à elevação do Índice de Viscosidade (IV)<sup>13</sup> – o qual será abordado posteriormente – e a melhoria da estabilidade à oxidação, uma vez que a presença de substâncias aromáticas compromete a qualidade do produto final, além do risco à saúde. Em suma, os óleos aromáticos não são adequados para fins de lubrificação.

<sup>12</sup> Método de extração por solvente se baseia na diferença de solubilidade entre as substâncias componentes da mistura.

<sup>13</sup> Parâmetro utilizado para identificar a natureza dos óleos minerais, tendo como base uma escala empírica que leva em conta a dependência da variação da viscosidade com a variação de temperatura.

A fração desaromatizada é então conduzida para a etapa de desparafinação. Esta consiste em abaixar a temperatura da mistura ao ponto de grande parte das parafinas de cadeias longas se cristalizarem, isto é, se solidificarem, e então serem removidas por filtração. Também é uma importante etapa, pois o excesso de longas cadeias carbônicas parafínicas afeta negativamente as propriedades dos óleos lubrificantes como: a redução do escoamento do óleo a baixas temperaturas e o aumento do ponto de fluidez<sup>14</sup> (MANG e DRESEL, 2007). O último estágio se trata do hidroacabamento. Em geral, visa o melhoramento da estabilidade, do odor e do clareamento do óleo pela remoção de substâncias cujas moléculas contenham átomos de enxofre, nitrogênio ou oxigênio. O processo consiste basicamente em se reagir a mistura com gás hidrogênio, a alta temperatura e pressão, em um reator fechado e com adição de catalisador, de modo a transformar também as olefinas em hidrocarbonetos saturados (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

Outros tratamentos finais utilizando superfícies absorventes podem ser requeridos, dependendo do tipo de óleo cru como, como argilas por exemplo.

---

<sup>14</sup> É a temperatura mínima na qual o óleo ainda flui.

TABELA 1.1 – Reações que ocorrem durante o processo de hidroacabamento.  
 \*FONTE: (MANG e DRESEL, 2007)

DESULFURIZAÇÃO	<p>TIOL</p> $R-SH \longrightarrow RH + H_2S$								
DESNIROGENAÇÃO									
SATURAÇÃO DE AROMÁTICOS									
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">ÍNDICE DE VISCOSIDADE</td> <td style="padding: 2px;">-60</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">PONTO DE ANILINA</td> <td style="padding: 2px;">+50 °C</td> </tr> </table>	ÍNDICE DE VISCOSIDADE	-60	PONTO DE ANILINA	+50 °C	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">20</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">+20 °C</td> </tr> </table>		20		+20 °C
ÍNDICE DE VISCOSIDADE	-60								
PONTO DE ANILINA	+50 °C								
	20								
	+20 °C								
ISOMERIZAÇÃO	$  \begin{array}{c} C_{10}-C-C_{10} \\   \\ C_5 \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} C_{10}-C-C_{10} \\   \\ C \\ / \quad \backslash \\ C_2 \quad C_2 \end{array}  $								
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">ÍNDICE DE VISCOSIDADE</td> <td style="padding: 2px;">125</td> <td style="padding: 2px;">125</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ÍNDICE DE VISCOSIDADE</td> <td style="padding: 2px;">+20 °C</td> <td style="padding: 2px;">-40 °C</td> </tr> </table>	ÍNDICE DE VISCOSIDADE	125	125	ÍNDICE DE VISCOSIDADE	+20 °C	-40 °C			
ÍNDICE DE VISCOSIDADE	125	125							
ÍNDICE DE VISCOSIDADE	+20 °C	-40 °C							

## 2.3 Óleos Lubrificantes Sintéticos

O óleo lubrificante é dito sintético quando o seu óleo base – componente predominante - é sintetizado em laboratório. Ainda que para a fabricação de bases sintéticas sejam usados, em grande maioria, reagentes derivados do petróleo, o óleo acabado contém apenas os produtos desejados - praticamente livre de contaminantes. Essa característica os torna produtos mais confiáveis e que possibilitam desempenho superior aos apresentados por óleos convencionais (MANG e DRESEL, 2007).

A partir dos anos 30, houve uma crescente produção industrial de lubrificantes sintéticos. Desde então, devido aos avanços tecnológicos da indústria e da crescente necessidade por óleos com vida útil maior e que atendessem condições mais severas ou específicas, as bases sintéticas têm ganhado cada vez mais importância no mercado de lubrificantes.

A comparação entre a utilização de bases sintéticas e minerais para fins de lubrificação mostra inúmeras vantagens pela adoção de óleos sintetizados, mas também algumas desvantagens. Entre as qualidades técnicas que podem ser descritas estão: a alta resistência a temperaturas extremas e suas variações, melhor resistência a oxidação, maior estabilidade química – menor reatividade -, maior vida útil do produto. No entanto, dentre as principais desvantagens estão: a incompatibilidade de se misturar com certos aditivos químicos<sup>15</sup> para produzir o produto final acabado e o custo elevado quando comparado

---

<sup>15</sup> Quaisquer substâncias adicionadas ao produto com o propósito de alterar suas propriedades físico-químicas, seja para acrescentar aspectos desejáveis ou para reduzir características indesejáveis.

com bases convencionais, o que torna necessário uma análise de custo benefício sempre que se pensar no seu uso (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

Diversas bases sintéticas são encontradas hoje no mercado e a sua escolha para elaboração do óleo acabado depende do tipo de aplicação e de quais aditivos serão misturados. De modo geral, as principais bases sintéticas podem ser classificadas como:

- i. Polialfaolefinas
- ii. Poliisobutenos
- iii. Aromáticos Alquilados
- iv. Ésteres de ácidos carboxílicos
- v. Poliglicóis ou Polialquilenoglicóis
- vi. Polissiloxanos (óleo de silicone)

### **2.3.1 Polialfaolefinas (PAO'S)**

Esse nome é devido a sua composição que é derivada de  $\alpha$ -decenos ou uma mistura de  $\alpha$ -olefinas, geralmente contendo cadeias carbônicas com no mínimo 6 e no máximo 20 átomos de carbono (MANG e DRESEL, 2007).

As PAO'S são as bases sintéticas mais usadas em lubrificantes e obtidas a partir da combinação de dois ou mais oligômeros ou polímeros de cadeia curta, os quais passam por processos de hidrogenação. A oligomerização sempre resulta em uma complexa mistura de isômeros de cadeias parafínicas saturadas (monômeros, dímeros e trímeros).

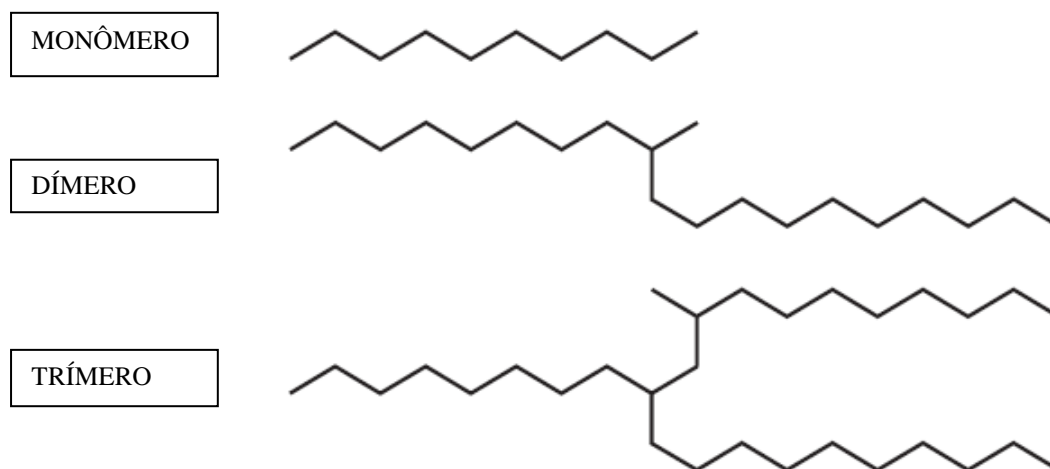


Fig. 1.0 – Estruturas típicas de oligômeros de polialfaolefinas (PAO'S).

O sucesso do uso das PAO'S como base para lubrificantes é justificado, pois suas estruturas são ideais para lubrificação, uma vez que suas cadeias parafínicas lineares, saturadas e não tão longas proporcionam fluidez muito baixa, alto índice de viscosidade e de estabilidade térmica. No entanto, apresenta pouca solvência a aditivos polares, o que gera limitações na elaboração das formulações. Por isso, torna-se necessária a adição de pequenas quantidades de óleo mineral ou outros óleos sintéticos contendo substâncias polares como ésteres de ácidos carboxílicos.

### 2.3.2 Polibutenos ou Poliisobutenos

São produzidos a partir da polimerização de isobutenos. São menos resistentes à oxidação do que as polialfaolefinas, porém são importantes melhoradores de índice de viscosidade (IV) e, além disso, são usados como matéria prima para aditivos.



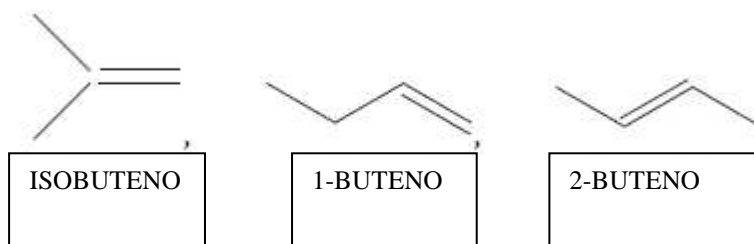


Fig.1.1 – Exemplos de tipos de butenos.

### 2.3.3 Aromáticos Alquilados

Aromáticos alquilados são usados na Europa como insumo para fabricação de detergentes desde a década de 1930. Possuem baixo custo e são obtidos a partir da reação de Friedel-Crafts (alquilação de benzeno com olefinas) e uso de um catalisador apropriado (MANG e DRESEL, 2007).

O uso dos benzenos alquilados produz características nos óleos que podem ser explicadas pela sua estrutura – a presença do anel aromático aumenta a viscosidade<sup>16</sup> e ao mesmo tempo decresce o índice de viscosidade<sup>17</sup>, também diminui o ponto de fluidez. Embora não apresente as propriedades ideais como as PAO'S, possui importante solvência e compatibilidade com elastômeros. Devido as suas características, é amplamente utilizado como óleo refrigerador.

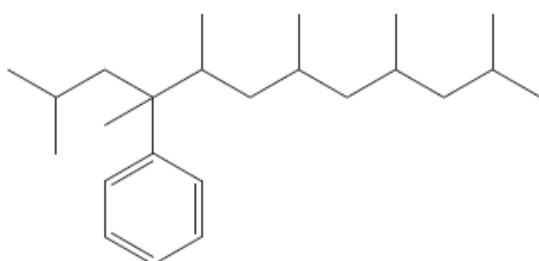


Fig. 1.3 – Exemplo de estrutura de um alquilado aromático.

<sup>16</sup> Resistência ao escoamento do líquido

<sup>17</sup> Parâmetro utilizado para identificar a natureza dos óleos minerais, tendo como base uma escala empírica que leva em conta a dependência da variação da viscosidade com a variação de temperatura.

### 2.3.4 Ésteres de ácidos carboxílicos

Ésteres de ácidos carboxílicos alifáticos apresentam propriedades favoráveis a óleos lubrificantes, principalmente para motores de aeronaves. O grupo carboxila, por causa do seu forte momento de dipolo, reduz a volatilidade e aumenta o ponto de fulgor<sup>18</sup> (flash point) do óleo - temperatura mínima na qual um material libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor. Também aumenta a estabilidade térmica, solvência e biodegradabilidade, porém possui a desvantagem de aumentar a reatividade com metais, como o cobre.

Em geral, os ésteres de ácido carboxílico são preparados da mesma maneira: reage-se o ácido carboxílico com excesso de álcool na presença de catalisador (ácido de Lewis –  $\text{BF}_3$  ou  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ). Para favorecer a formação dos produtos, durante a reação a água é removida. Ao final, o ácido que não reagiu é neutralizado e removido por filtração e o éster é destilado.

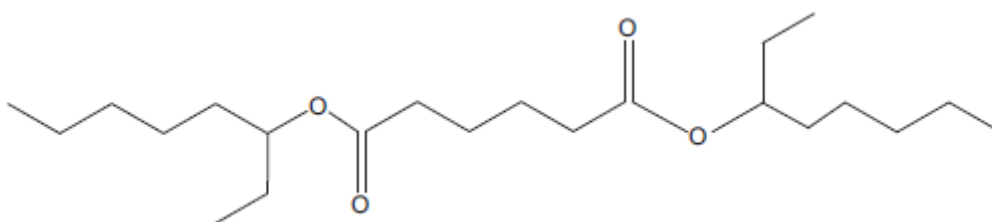


Fig. 1.3 – Exemplo de éster de ácido carboxílico (di(2-etilhexil)adipato).

### 2.3.5 Poliglicóis ou Polialquilenoglicóis

Polialquilenoglicóis são preparados a partir da reação de epóxidos, geralmente óxidos de etileno e propileno, com álcool ou água na presença de ca-

<sup>18</sup> Parâmetro comumente utilizado com o intuito de se aferir o risco em potencial que o material (amostra) apresenta no seu transporte, armazenamento e manuseio, podendo entrar em combustão ou causar explosões.

talisador básico. Como produto se obtém uma gama de polímeros com diferentes cadeias de óxidos de alquilenos.

Por causa da presença de oxigênio nas cadeias carbônicas, os poliglicóis apresentam boas propriedades solventes e sua natureza polar dá ao produto final afinidade para com os metais, o que faz com que a película lubrificante permaneça intacta mesmo sobre alta pressão, característica essa importante para lubrificação de metais de corte.

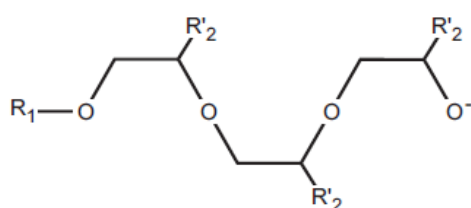


Fig. 1.4 – Exemplo de polialquilenoglicol.

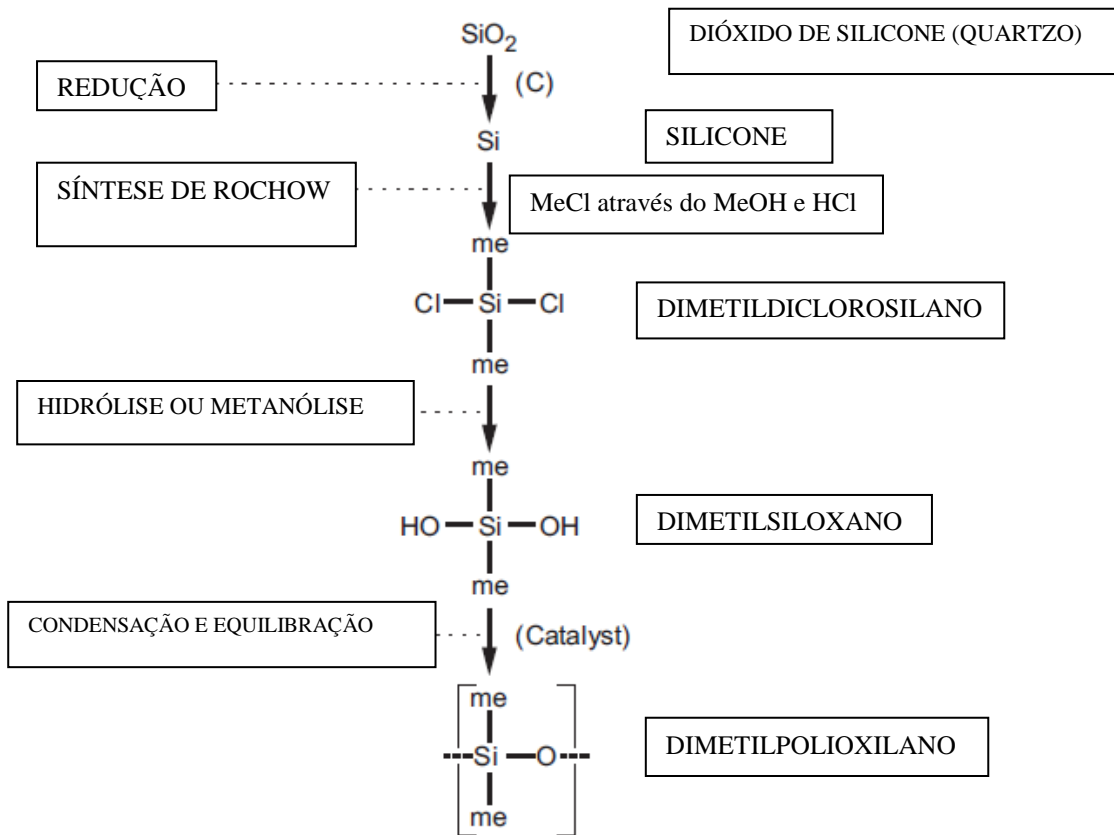
### 2.3.6 Polissiloxanos (óleo de silicone)

Polissiloxanos podem ser líquidos ou sólidos. Também são usados como lubrificantes e são produzidos a partir de quartzo e metanol em processos industriais complexos, resultando em polímeros de dimetilsiloxanos.

Dentre suas vantajosas características estão: a sua imiscibilidade com a maioria de solventes orgânicos, baixa mudança de propriedades físico-químicas com a variação de temperatura e não-toxicidade. Sua aplicação se estende a diversos equipamentos e operações, não sendo possível atribuir a ele nenhuma função específica. Isso tudo se deve a alta estabilidade térmica e sua relação viscosidade-temperatura pouco varia. Ainda possui baixa volatilidade e alta resistência a oxidação. O único inconveniente é o seu alto custo, o que explica a sua não utilização em larga escala (MANG e DRESEL, 2007).

TABELA 1.2 – Esquema simplificado da sequência de reações para a produção de dimetilsilicone.

FONTE: (MANG e DRESEL, 2007).



## 2.4 Óleos Lubrificantes Vegetais

Outra opção de insumo para a elaboração de óleos lubrificantes é a utilização de óleo vegetal como óleo base. Há anos que a indústria de lubrificantes tem investido na produção de óleos biodegradáveis<sup>19</sup>, muito embora o seu uso em larga escala não tem sido atingido devido a uma série de limitações apresentadas por eles (MANG e DRESEL, 2007).

Óleos vegetais extraídos de sementes de girassol, mamona, soja e outros são materiais formados predominantemente por triglicerídeos formados a partir da condensação entre glicerol e ácidos graxos. Os óleos possuem excelentes propriedades lubrificantes quando comparados a óleos minerais. No entanto, sua aplicação é limitada pela baixa estabilidade térmica, oxidativa – degradação baixa fluidez a baixas temperaturas. Isso acontece devido à presença de insaturações ao longo das cadeias carbônicas, o que aumenta a suscetibilidade a reações de diversos tipos. Como alternativa frente a essas limitações, há duas possibilidades: o uso de aditivos químicos com a finalidade de se alterar essas propriedades e modificação do óleo vegetal por reações químicas, isto é, alterar sua própria composição do óleo.

---

<sup>19</sup> O sentido de lubrificante biodegradável explicitado não é somente o de se decompor rapidamente, mas o de recurso renovável, menos tóxico aos seres vivos e menos poluente ao meio ambiente.

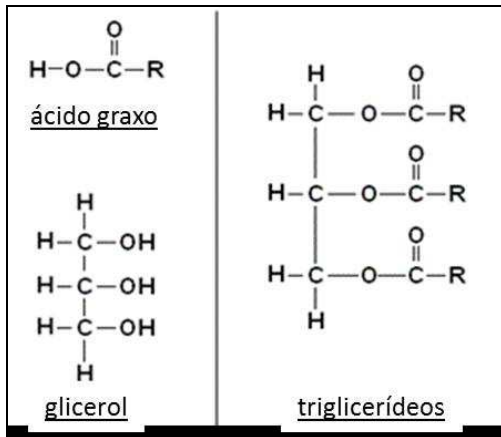


Fig. 1.4 – Estrutura química de óleos vegetais.

### 3. Viscosidade

A viscosidade é considerada a principal característica pertencente aos óleos lubrificantes e também a mais importante, uma vez que apresenta relação direta com as suas aplicações e a obtenção de desempenho observado nas máquinas. Para Carreteiro e Belmiro (2008):

*A viscosidade de um fluido é a propriedade que determina o valor de sua resistência ao cisalhamento<sup>20</sup>. A viscosidade é devida, principalmente, à interação entre as moléculas do fluido.*

O conceito de viscosidade foi estabelecido inicialmente por Isaac Newton no século XVIII. Mais tarde, no início do século XIX, alguns cientistas como Louis Navier, George Stokes, Hágem e Poiseuille estudaram matematicamente o equilíbrio dinâmico dos fluidos viscosos e o escoamento por tubos capilares (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

<sup>20</sup> Atrito que surge pela resistência ao movimento quando dois sólidos, em contato, estão em movimento relativo.

A viscosidade pode ser entendida como a resistência que um fluido apresenta ao deslizar em uma superfície, sendo assim, um óleo muito viscoso flui com dificuldade enquanto que um óleo pouco viscoso flui com facilidade. Em outras palavras, viscosidade seria a resistência a fluir ou a resistência ao escoamento. Como exemplo, pode-se citar a diferença de viscosidade entre a glicerina – substância parafínica derivada do petróleo – e a água. Ambas apresentam, sob as mesmas condições ambientais, diferentes viscosidades.

Uma explicação a nível microscópico da existência de diferentes substâncias apresentarem diferentes viscosidades é o fato de moléculas interagirem umas com as outras – chamadas de interações intermoleculares ou forças de Van der Waals – e moléculas polares interagem mais fortemente com moléculas também polares. No entanto, outros fatores podem ser atribuídos ao comportamento de óleos lubrificantes quando submetidos a certas condições.

Entre os fenômenos observados está a formação do filme fluido ou película, na qual está envolvida a adsorção<sup>21</sup> física do óleo sobre um determinado material, geralmente um tipo de metal. Este fenômeno explica o fato de dois óleos de mesma viscosidade apresentarem diferentes comportamentos a resistência. Essa característica se deve ao fato de ocorrer adesão entre uma tênue camada de óleo com a superfície do metal quando ambos são colocados em contato. As moléculas adsorvidas – interação física – se tornam estáticas, formando uma primeira camada de filme e diminuindo o atrito ou o contato entre metal-metal. Daí surge o conceito de lubrificação limítrofe, no qual a menor camada de filme formada é responsável pela redução do atrito.

---

<sup>21</sup> Fenômeno em que uma substância é atraída e retida na superfície de outra, meramente por questões de carga, não havendo absorção, isto é, retenção interna.

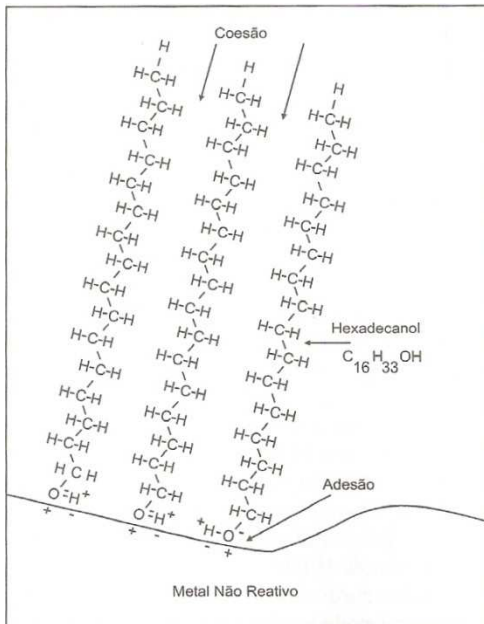


Fig. 1.0 – Representação da adsorção física entre o hexadecanol e um metal não reativo. Fonte: Carreteiro e Belmiro (2008).

Outro tipo de adsorção também observado, principalmente a altas temperaturas, é a adsorção química. Nesta, ocorre de fato reação química - entre a substância lubrificante e o metal, ou seja, ligações químicas são formadas e é caracterizada pela irreversibilidade e depende tanto da reatividade da substância quanto do metal. Um exemplo é ilustrado a seguir.

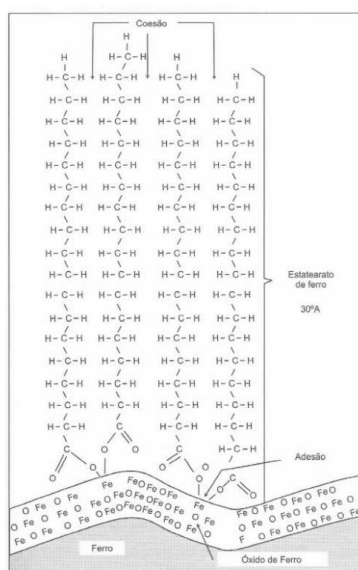


Fig. 1.1 – Exemplo de adsorção química (estereato de ferro formado a partir da reação do ácido hexadecanóico e óxido de ferro na presença de água). Fonte: Carreteiro e Belmiro, 2008.



De acordo com a *American Society Testing and Materials* (ASTM), existem duas definições de viscosidade: dinâmica e cinemática. A viscosidade dinâmica ou absoluta está relacionada à força aplicada a uma superfície e a resistência que, em contato com um fluido, oferece certa resistência ao cisalhamento e move-se à razão de um centímetro por segundo. A unidade utilizada para medir a viscosidade dinâmica é o Poise (P), que tem as dimensões gramas por centímetro por segundo. Já a viscosidade cinemática, para fins práticos, é o tempo em que o fluido gasta para escoar através de um tubo capilar de dimensão conhecida, dependendo apenas do tempo e do comprimento do tubo. No sistema internacional de medidas (SI), a viscosidade cinemática é expressa em  $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  ou, popularmente, centistokes (cSt).

As medidas de viscosidade são normalmente aferidas a uma determinada temperatura, embora outra propriedade igualmente importante seja a variação da viscosidade conforme se varia a temperatura, ou também chamado de variação viscosidade-temperatura (VT). O método mais usual para se expressar a dependência da viscosidade com a temperatura é o índice de viscosidade (IV). O IV é um parâmetro muito usado para identificar e diferenciar a natureza do óleo base usado na composição do óleo lubrificante, mesmo se há misturas entre óleos. A medida é baseada em uma escala empírica, a qual utiliza valores de viscosidade de óleos padrões e valores de viscosidade obtidos dos óleos analisados. O cálculo é realizado utilizando valores de viscosidade realizados a temperaturas na faixa de 40 a 100 °C. É importante frisar que, apesar de ser um parâmetro muito utilizado na indústria de lubrificantes, o parâmetro IV apresenta limitações e não é aplicado a todos os tipos de óleos.

De modo geral, a relação entre a composição preponderante do óleo lubrificante e os valores do índice de viscosidade segue, conforme a tabela a baixo:

Tabela 1.0 – Faixas de índice de viscosidade e composição de óleos base.  
Fonte: Carreteiro e Belmiro (2008).

FAIXAS DE ÍNDICE DE VISCOSIDADE (IV)	COMPOSIÇÃO DO ÓLEO BASE
Abaixo de 0	Componentes aromáticos e naftênicos
Entre 0 e 40	Óleos minerais de base naftênica predominante
Entre 40 e 80	Óleos de base mista ou de base naftênica que tenham recebido tratamento
Entre 80 e 120	Óleos de base predominantemente parafínicos
Acima de 120	Óleos de base sintética

## 4 Aditivos Químicos

O principal componente do óleo lubrificante é o óleo base, em média corresponde a 95% do total do volume do produto final. Ele pode ser de origem mineral, sintético ou vegetal. No entanto, apenas o óleo base não é suficiente para atender aos requisitos de alta performance exigidos pelas máquinas modernas de hoje (MANG e DRESEL, 2007).

Além do mais, a estabilidade do óleo é afetada pelas condições ambientais em que está operando, tais como temperatura e pressão, e por este e outros motivos que se faz necessária a adição de substâncias capazes de modificar essas propriedades. Essas substâncias são chamadas de aditivos químicos ou simplesmente aditivos e são responsáveis por conferir certas características

ao produto final, melhorando suas características, introduzindo novas qualidades ou até suprimindo certas propriedades já existentes.

De modo geral, os aditivos são substâncias químicas sintéticas que quando adicionadas em pequena quantidade, geralmente de 1 a 5% em volume, conferem propriedades bem definidas ao óleo. Eles é que são os grandes responsáveis pela qualidade do produto, desde o seu tempo de vida útil até o aumento da performance da lubrificação. Existem inúmeros tipos de aditivos e até misturas de aditivos que são adicionados ao óleo base e que fazem com que o produto final atenda às exigências específicas.

Os aditivos mais utilizados na indústria podem ser classificados de acordo com a finalidade a que atendem, muito embora alguns possuam mais de uma finalidade e usualmente sejam adicionados mais de um aditivo ao mesmo óleo. Os principais aditivos podem ser classificados em: antioxidantes, detergentes, dispersantes, antiespumantes, emulsificadores, demulsificadores, corantes e melhoradores de índice de viscosidade.

#### **4.1 Aditivos Detergentes e Dispersantes**

Esses aditivos têm sido indispensáveis para o desenvolvimento dos modernos motores a gasolina e a diesel (MANG e DRESEL, 2007).

Detergentes e dispersantes possuem a finalidade de solubilizar as partículas contaminantes no óleo e impedir que produtos de oxidação provenientes do processo de combustão do motor formem aglomerados sólidos.

De modo geral, são semelhantes aos detergentes domésticos e são substâncias cujas moléculas possuem longas cadeias de hidrocarbonetos que possuem grupamentos polares nas extremidades, usualmente sais fosfonatos

ou sulfonatos. Os sais sulfonatos também possuem excelentes propriedades anticorrosivas, neutralizando produtos ácidos da combustão e dispersando os óxidos e hidróxidos metálicos.

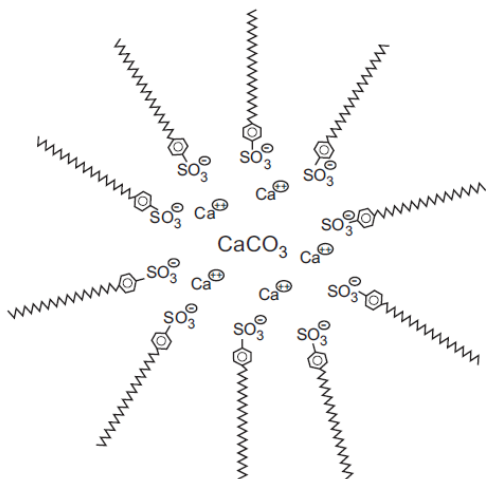


Fig. 1.2 – Exemplo da estrutura de moléculas de sal sulfonato formando micela de detergente. Fonte: (MANG DRESEL, 2007).

## 4.2 Aditivos Antioxidantes

São substâncias orgânicas que minimizam ou suprimem a oxidação dos hidrocarbonetos, isto é, inibem a reação das moléculas do lubrificante com o oxigênio presente no ar. De acordo com Carreteiro e Belmiro (2008): “A oxidação de hidrocarbonetos se correlaciona fundamentalmente com a formação de peróxidos orgânicos, os quais se decompõem e formam mais radicais, gerando uma reação em cadeia.”

O processo de oxidação dos óleos lubrificantes pode ser dividido em quatro etapas: iniciação, propagação, ramificação e terminação. Na iniciação ocorre a formação de radicais alquilas. Na etapa de propagação há a formação de radicais próxidos e a reação destes com outros hidrocarbonetos, formando hidroperóxidos. Durante a etapa de ramificação ocorre a clivagem homolítica

de hidroperóxidos, aumentando o número de radicais. Na fase final há a combinação entre os radicais, formando produtos estáveis. Os produtos típicos formados pela oxidação são alquilperóxidos (ROOH), alcoóis (ROH), aldeídos (RCHO), cetonas (RCOR), ácidos carboxílicos (RCOOH) e ésteres (RCOOR).

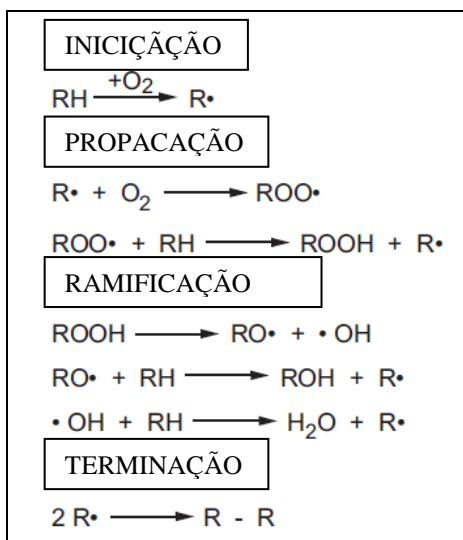


Fig. 1.3 – Mecanismos da oxidação de óleos lubrificantes. Fonte: (MANG e DRESEL, 2007, tradução nossa).

Basicamente, os antioxidantes atuam de duas maneiras: impedindo a formação de radicais orgânicos e decompondo os peróxidos já formados.

As substâncias utilizadas como aditivos antioxidantes são geralmente fenóis e aminas aromáticas estericamente impedidas. Os fenóis com grandes substituintes são excelentes antioxidantes e atuam impedindo a Formação de radicais e as aminas aromáticas formam radicais livres que interrompem as reações de propagação e direcionam o processo para a fase de terminação.

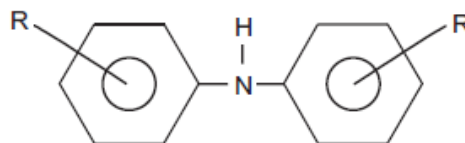
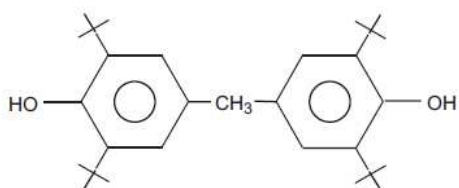


Fig. 1.4 – Exemplos de substâncias usadas como aditivos antioxidantes. 4,4’metilenobis(2,6-di-terc-butilfenol) e alquil-difenilamina. Fonte: (MANG AND DRESEL, 2007).

### 4.3 Aditivos Melhoradores de Índice de Viscosidade (MIV's)

São polímeros de estrutura linear como poliisobutenos, polimetacrilatos, copolímeros de olefinas (etileno-propileno, estireno-butadieno). Estes aditivos atuam diminuindo a variação da viscosidade com o aumento da temperatura. Naturalmente o que se observa nos óleos lubrificantes é que com o aumento da temperatura, diminui-se a viscosidade e, inversamente, com a diminuição da temperatura, aumenta-se a viscosidade. Os aditivos MIV's agem de forma contrária, contrabalanceando este fenômeno.

Mas como, de fato, esses aditivos funcionam? O que acontece é que devido ao óleo base atuar como solvente sobre o aditivo e como a temperatura influi no poder de solvência, à medida que a temperatura aumenta, também se aumenta a solubilidade dos polímeros, os quais quando solubilizados formamovelos e expandem-se, aumentando a viscosidade do óleo.



Fig. 1.5 – Atuação dos aditivos melhoradores de índice de viscosidade (polímeros). Fonte: Carreteiro e Belmiro (2008).

## 4.4 Aditivos Antidegaste

Estes aditivos geralmente contêm difosfato de zinco, fósforo ou enxofre e atuam reduzindo o contato metal-metal por meio da formação de um filme protetor entre as superfícies metálicas e, conseqüentemente, diminuindo o desgaste provocado pelo atrito. As substâncias formam camadas sobre a superfície do metal por adsorção física ou química. Aditivos que provocam adsorção física são chamados de modificadores de fricção e se aplicam razoavelmente bem em operações de baixa a moderada pressão. Já os aditivos que geram adsorção química são mais estáveis e se aplicam bem em situações onde há alta pressão, por isso são também conhecidos como aditivos de extrema pressão (EP).

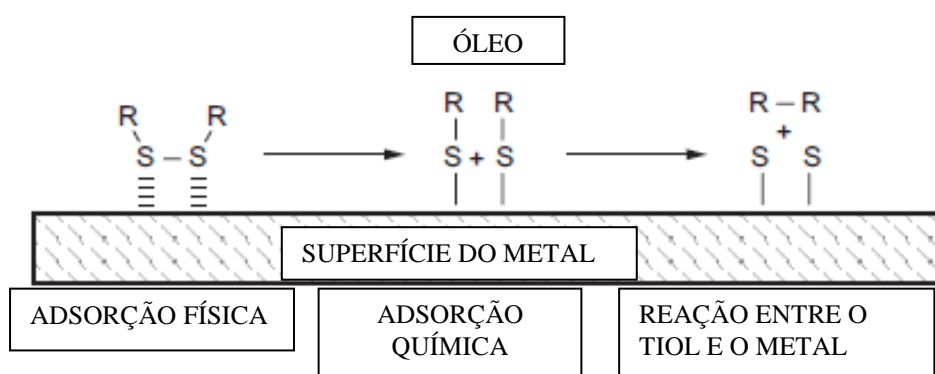


Fig. 1.6.a – Atuação do aditivo antidesgaste, formado camadas sobre a superfície do metal por adsorção física ou química. Fonte: (MANG AND DRESEL, 2007).

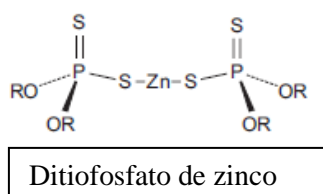


Fig. 1.6.b – Exemplo de substância usada como aditivo antidesgaste. Fonte: (MANG AND DRESEL, 2007).

## 4.5 Aditivos Antiespumantes

A formação de espumas<sup>22</sup> é um efeito indesejável para óleos lubrificantes, porque acelera a decomposição do óleo pelo aumento do contato com o oxigênio presente no ar. Além do mais, a tendência em se formar dispersões altera as características de lubrificação do óleo. As substâncias com propriedades antiespumantes mais efetivas são os silicones líquidos, especialmente de cadeia linear, e os polidimetilsiloxanos. Os aditivos contendo silicone possuem a desvantagem de se separar dos lubrificantes devido a sua insolubilidade e a sua forte afinidade por superfícies polares dos metais (MANG AND DRESEL, 2007).

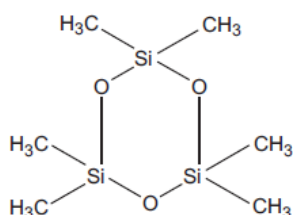


Fig. 1.7 – Exemplo de substância usada como aditivo antiespuma (cíclico polidimetilsiloxano). Fonte: (MANG AND DRESEL, 2007).

<sup>22</sup> É o fenômeno da formação de misturas de finas bolhas de ar dissolvidas nos óleos lubrificantes, formando dispersões estáveis.



## 4. Lubrificação Automotiva

A indústria automobilística nasce com a utilização da lubrificação, isto é, não é possível separar automóveis de lubrificantes. Ainda hoje, a evolução tecnológica aponta para a criação de equipamentos de alto desempenho, menores e cada vez mais econômicos. Sem dúvida alguma, esta evolução gera impactos significativos na indústria dos lubrificantes, pois os motores também se tornaram menores, confinados em pequenos espaços e, portanto, trabalhando em condições de temperatura e pressão mais elevadas, com maior eficiência e menor consumo de combustível.

Os lubrificantes automotivos, em geral, são aplicados no motor, engrenagens e transmissões dos veículos e o desenvolvimento de equipamentos mais sofisticados juntamente com a criação de legislações ambientais cada vez mais rigorosas são os principais responsáveis pela constante evolução tecnológica dos automóveis.

De acordo com Carreteiro e Belmiro (2008), a lubrificação automotiva visa atender as seguintes funcionalidades:

- I. Reduzir o atrito e o desgaste das peças móveis.
- II. Permitir uma partida rápida do motor.
- III. Evitar a formação de depósitos na câmara de combustão do motor.
- IV. Prevenir a formação de ferrugem, isto é, impedir a corrosão das partes metálicas do automóvel.
- V. Limpar e manter o motor limpo, dispersando os produtos da combustão.
- VI. Colaborar com a refrigeração do motor.

## 5.1 Óleo Lubrificante de Motor Automotivo

Uma vez que, apenas óleos lubrificantes automotivos incluem centenas de tipos e especificações, esta seção restringir-se-á ao tema de óleo lubrificante de motor automotivo.

De início, petróleo cru era usado como óleo lubrificante automotivo. No entanto, com o avanço da indústria de lubrificantes automotivos e a criação de diferentes tipos de óleos, houve a necessidade de se classificar os óleos para motor, levando-se em consideração apenas dois parâmetros: a viscosidade e especificações dos fabricantes de automóveis.

A viscosidade é uma das mais importantes propriedades que torna possível o uso de um óleo como lubrificante de motor. Sua importância foi reconhecida no início do século XX, quando a SAE (Society of Automotive Engineers), em 1911, estabeleceu o primeiro sistema de classificação para óleos de motor baseado única e exclusivamente na viscosidade. Em 1933, a SAE introduziu o grau “W” – inicial de winter – para viscosidades determinadas a 0°F. Já em 1950, foram introduzidos oficialmente os graus 5W, 10W e 20W. Posteriormente, em 1955, óleos multigrado ou multiviscosos<sup>23</sup> passaram a fazer parte da classificação. Os chamados lubrificantes multiviscosos são aqueles que atendem a mais de uma especificação da SAE, no caso de óleos para motores, especificações de viscosidades a baixas e altas temperaturas. São óleos que possuem boa fluidez a baixas temperaturas, isto é, não cristalizam ao ponto de pararem de fluir e, ao mesmo tempo, operam adequadamente na temperatura de trabalho do motor – aproximadamente 100°C. Essa propriedade é atingida

---

<sup>23</sup> Essa propriedade se tornou essencial aos motores automotivos modernos, uma vez que esses óleos atingem as partes altas do motor mais rapidamente, evitando o contato prolongado de metal com metal nos primeiros segundos da partida do veículo, quando o maior desgaste do motor acontece.

principalmente pela adição de aditivos químicos MIV's (melhoradores do índice de viscosidade) que fazem com que o óleo apresente uma pequena variação da viscosidade com as mudanças de temperatura e o que torna o produto acabado mais caro.

Em 1967, o método de determinação de viscosidade a baixas temperaturas que simula a partida a frio do motor, chamado à época de Cold Cranking, passaria por várias revisões futuras e se tornaria o principal parâmetro de medida de viscosidade a "frio" utilizado pela indústria, agora chamado de CCS (Cold Cranking Simulator).

Outro importante aspecto a ser considerado nos lubrificantes era a necessidade de se ter um óleo com uma película estável em condições de alta temperatura e alto cisalhamento<sup>24</sup>, então foi criado o teste HTHS (High Temperature High Shear), medido a 150 °C, como referência para a determinação dos limites para óleos de motor.

Assim, hoje, as indústrias de lubrificantes utilizam a classificação da SAE para os óleos de acordo com graus de viscosidade obtidos por análises segundo normas técnicas da ASTM (American Society Testing and Materials). A tabela abaixo expressa os graus de viscosidade e as especificações de viscosidade a que os óleos devem atender segundo a última revisão da SAE (J300/99).

---

<sup>24</sup> É a força atrito gerada pela resistência oferecida pelo movimento relativo entre duas superfícies em contato.

Tab. 1.0 – Graus de viscosidade SAE para óleos de motor.

Fonte: Carreteiro e Belmiro (2008).

Grau de viscosidade SAE	Viscosidade a Baixa Temperatura cP* (centiPoise)	Viscosidade a Alta-Temperatura cSt** (centiStokes) a 100°C	Teste HTHS (High Temperature High Shear) cP* a 150 °C
	Máximo	Mínimo Máximo	Mínimo
0W	6200 a -35°C	3,8 -	-
5W	6600 a -30°C	3,8 -	-
10W	7000 a -25°C	4,1 -	-
15W	7000 a -20°C	5,6 -	-
20W	9500 a -15°C	5,6 -	-
25W	13000 a -10°C	9,3 -	-
20	-	5,6 < 9,3	2,6
30	-	9,3 < 12,5	2,9
40	-	12,5 < 16,3	2,9
50	-	16,3 < 21,9	3,7
60	-	21,9 < 26,1	3,7

\*Unidade de medida de viscosidade dinâmica. Tem dimensões gramas por centímetro por segundo ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ) ou no sistema SI Segundo-Pascal (Pa·s). ( $1\text{mPa}\cdot\text{s} = 1\text{cP}$ ).

\*\*Unidade de medida de viscosidade cinemática. No sistema SI tem unidade de  $\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$  ( $1\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1} = 1\text{cSt}$ ).

Há algum tempo já se sabe que o maior desgaste do motor é causado durante os primeiros segundos da partida, quando o óleo ainda se encontra frio e demora mais para atingir as partes altas do motor. Entretanto, havia um impasse: a utilização de óleos menos viscosos, os quais chegariam ao motor mais rapidamente e resolveriam esse inconveniente, permitiriam o desgaste do motor do automóvel quando ele atingisse a temperatura normal de funcionamento (100°C). E a utilização de óleos mais viscosos comprometeria a partida do motor, reduzindo o seu desempenho e aumentando o consumo de combustível.

Este problema somente pôde ser resolvido com a criação dos óleos multiviscosos, na década de 50, os quais minimizam o desgaste da partida a “frio”, e ao mesmo tempo, atendem às especificações de trabalho do motor a “quente”.

A qualidade dos óleos para motor era definida inicialmente pela sua viscosidade, sem considerar o desempenho que ele apresentava no motor e o tipo de combustível utilizado. A partir de 1947, o American Petroleum Institute<sup>25</sup> (API) regulamentou a classificação de óleos para motor baseada em condições operacionais. Inicialmente foram estabelecidas três categorias: Regular, Premium e Heavy Duty (HD), baseadas na severidade em que o motor operava. Os óleos tipo “Regular” eram óleos minerais adequados apenas para serviços muito leves de motores a gasolina e diesel. Os chamados “Premium” eram destinados a motores de passeio e eram produtos mais elaborados, já com alguns pacotes de aditivos inclusos na formulação. Os óleos “HD” eram formulados para serviços severos de tratores e caminhões movidos a diesel.

Então, em 1952, o API introduziu categorias de desempenho separadas por motores a gasolina e diesel. É importante ressaltar que todas essas classificações eram realizadas a partir de sequências de testes para determinação de desempenhos específicos.

Apesar das revisões do sistema API que ocorreram em 1955, 1960 e 1968, havia um consenso de que as definições de qualidade dos óleos para motor não estavam precisas e careciam de adequações. Foi então que, em 1970, um trabalho conjunto que envolveu o API, A SAE e a ASTM, implantou um novo sistema de classificação que relacionava, não somente as categorias

---

<sup>25</sup> Instituto governamental Americano de Petróleo responsável por regulamentar o setor do petróleo nos Estados Unidos. Exerce funções semelhantes ao Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP).

anteriores, como também as categorias futuras cujas expectativas de performance já eram almejadas.

Para as categorias de motores a gasolina ou ignição a centelha (spark ignition), foi adotado o prefixo S, que também vem da palavra serviço (service), e para classes de motores a diesel ou de ignição por compressão (compression ignition) adotou-se a letra C, que também vem da palavra comercial (commercial). As classes foram designadas ainda por uma segunda letra (A, B, C, D, E,...) em ordem crescente de complexidade de operação e de acordo com as alterações das formulações necessárias para acompanhar as mudanças ocorridas nos projetos de motores. Essas alterações ocorrem para atender a novos requisitos técnicos de desempenho de motores e legislações ambientais mais rigorosas.

Faz-se necessário mencionar que existem outros sistemas de classificação de óleos de acordo com seus desempenhos e que são aceitos e utilizados no mundo inteiro. Como exemplos, podem-se citar a JAMA (Japan Automobile Manufacturers), muito reconhecida para classificação de motores de motocicletas, e a ACEA (Associação Européia dos Construtores Automotivos), adotada em toda a Europa desde 1991.

Portanto, abaixo segue uma tabela (API) comparativa com a evolução dos óleos lubrificantes para motores a gasolina e a diesel de acordo com o desempenho e formação/emissão de poluentes ambientais apontados em uma bateria de testes de simulação de operação e análises químicas realizados pelos fabricantes de automóveis.

Tab. 1.1 – Classificação da American Petroleum Institute – API - para óleos lubrificantes de motor a gasolina e a diesel. Fonte: Carreteiro e Belmiro (2008).

Motor a gasolina		Motor a diesel	
Categoria	Especificações Técnicas	Categoria	Especificações Técnicas
SA	Óleo mineral puro indicado para operações suaves.	CA	Óleos projetados para serviços leves de motores a diesel. Foram largamente utilizados nas décadas de 40 e 50.
SB	Óleos usados desde 1930 em motores sob condições suaves ou médias em que se exige aditivação antidesgaste, anticorrosão e antioxidação.	CB	Óleos projetados a para operações moderadas de motores a diesel a partir de 1949. Oferece maior proteção contra desgaste e formação de depósitos em motores.
SC	Óleos projetados para motores a gasolina em automóveis de passageiros e caminhões fabricados nos anos de 1964 a 1967. Inclui aditivos dispersantes.	CC	Óleos projetados para operações moderadas de motores a diesel e alguns a gasolina a partir de 1961. Oferecem proteção contra corrosão, ferrugem e depósitos a baixas temperaturas.
SD	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados nos anos de 1968 a 1970. Atende aos requisitos da categoria SC, no entanto proporcionam maior proteção.	CD	Óleos projetados para operações severas em motores turbinados a diesel, a partir de 1955. Oferecem eficiente proteção contra desgaste e de depósito.
SE	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados nos anos de 1972 a 1979. Atende aos requisitos da categoria SC e SD, no entanto proporcionam maior proteção.	CE	Óleos projetados para operações severas em motores turbinados a diesel, a partir de 1983. Atende a condições de baixa velocidade e alta carga.
SF	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados nos anos de 1980 a 1989. Atende aos requisitos das categorias anteriores, no entanto proporcionam maior proteção contra oxi-	CF-4	Óleos projetados para motores a diesel quatro tempos e a alta velocidade, fabricados a partir de 1990. Oferece melhor controle de consumo de óleo e formação de depósito nos pistões.

	dação e antidesgaste.		
SG	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados a partir do ano de 1989. Atende aos requisitos das categorias anteriores, no entanto proporcionam maior proteção contra oxidação e antidesgaste.	CG-4	Óleos projetados para motores a diesel quatro tempos e a alta velocidade, fabricados a partir de 1994. Essa categoria proporciona controle de desgaste, de corrosão, de formação de espuma, de acumulação de fuligem e melhor estabilidade a oxidação.
SH	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados a partir do ano de 1992. Atende aos requisitos das categorias anteriores, mas agora os testes realizados estavam de acordo com o Código de Prática de Aprovação de Produtos do Conselho Americano de Química.	CH-4	Óleos projetados para motores a diesel quatro tempos e a alta velocidade, fabricados a partir de 1998. Atende às exigências de emissão de poluentes aplicadas em 1988.
SJ	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados a partir do ano de 1997.	CI-4	Óleos projetados para motores a diesel quatro tempos e a alta velocidade, fabricados a partir de 2002. É compatível às exigências de emissão de poluentes impostas para o ano de 2004 e seu uso é recomendado para utilização juntamente com combustível diesel com teor de enxofre abaixo de 0,05% em massa.
SL	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados a partir do ano de 2001.	CJ-4	Óleos projetados para motores a diesel quatro tempos e a alta velocidade, fabricados a partir de 2007. É compatível às exigências de emissão de poluentes impostas para o ano de 2007.
SM	Óleos projetados para motores a gasolina fabricados a partir do ano de 2005. Esta categoria oferece melhor resistência à oxidação e formação de depósitos, proteção contra desgaste e	-	-



	<p>melhor desempenho a baixas temperaturas e é compatível com os requisitos mais severos de emissões de poluentes veiculares do ano de 2004.</p>		
SN	<p>Óleos projetados para motores a gasolina fabricados a partir do ano de 2010. Esta categoria oferece economia de combustível, proteção aos sistemas de controle de emissão de poluentes, redução da formação de depósito e melhoria do desempenho a altas temperaturas.</p>	-	-

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção desse trabalho teve o intuito de fornecer subsídios com vistas a diminuir a carência de abordagens Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente - CTS - nos livros didáticos, cujos capítulos dedicados ao ensino dos conceitos de físico-química ou química orgânica apresentam pouca ou nenhuma consideração a respeito de temas ligados à fascinante indústria do petróleo e seus derivados, em especial aos óleos lubrificantes.

Espera-se que com esse material o professor seja capaz de introduzir conceitos de Química sob uma abordagem CTSA, isto é, que ele proporcione aos alunos a possibilidade de compreenderem, não somente teorias ou dados experimentais, mas que compreendam os processos químicos do dia-a-dia, que avaliem as implicações sociais das aplicações da Química. E que, por sua vez, compreendam a própria realidade na qual estão inseridos e se tornem capazes de modificá-la através de um posicionamento crítico.

Acreditamos que dessa forma contribuímos para promover a formação de um cidadão consciente e crítico, capaz de interpretar o significado das transformações ocorridas na sociedade atual e, de modo geral, poder intervir nessas transformações.

Em resumo, portanto, esperamos ter contribuído para a verdadeira educação em Química, cuja prática se distancia e muito da tradicional metodologia de memorização de conceitos e fórmulas e se aproxima da realidade do aluno, favorecendo assim o aprendizado significativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna?** Investigações em Ensino de Ciências – v.10(3), p. 387-404, 2005.
- CARRETEIRO, R. P., BELMIRO, P. N. A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. Rio de Janeiro, 2008.
- LOPES, A. R. C.; **Conhecimento escolar em química - processo de mediação didática da ciência**. QUÍMICA NOVA, 20(5) (1997)
- \_\_\_\_\_. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro. Ed. UFRJ, 1999
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R.P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4 ed. Ed. Unijuí, 2010.
- THOMAS, JOSÉ EDUARDO. **Fundamentos de engenharia de petróleo**, 2º EDIÇÃO- RIO DE JANEIRO. INTERCIÊNCIA. PETROBRAS, 2004.
- T. MANG AND W. DRESEL, **Lubricants and lubrication**. 2nd Ed., 2007.