



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

CLEITON DIAS DO PRADO

ÓLEOS LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS: MINERAIS E SINTÉTICOS

Assis
2010

CLEITON DIAS DO PRADO

ÓLEOS LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS: MINERAIS E SINTÉTICOS

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

Orientador: Prof Ms. Nilson José dos Santos

Área de Concentração: Química

Assis
2010

FICHA CATALOGRÁFICA

DIAS, Cleiton

Óleos lubrificantes automotivos:Minerais e Sintéticos / Cleiton Dias. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2010.

45p.

Orientador: Profº Ms. Nilson José dos Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1.Óleo lubrificante. 2.Viscosidade.

CDD:660

Biblioteca da FEMA

ÓLEOS LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS: MINERAIS E SINTÉTICOS

CLEITON DIAS DO PRADO

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

Orientador: Prof Ms. Nilson José dos Santos

Analisador: Prof^a Ms Patrícia Cavani Martins de Mello

Assis
2010

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho **In Memoriam** de Aparecida Correia de Oliveira e Boaventura Prado, obrigado por serem parte da minha vida, jamais esquecerei vocês, aos meus pais que amo tanto, sem vocês não poderia ser uma pessoa melhor, aos meus irmãos por sempre cuidarem de mim e aos meus amigos que são minha segunda família e fazem dos meus dias sempre dias melhores, enfim a todos que não mediram esforços e me apoiaram em meu período acadêmico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pelo dom da vida, por estar sempre presente, pois tudo o que sou e tenho se resume ao meu criador e salvador.

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado me incentivando, apoiando e fazendo o possível para que este sonho se realizasse. Amo vocês.

Aos meus amigos especialmente Melissa, Mariana, Juninho, Amandinha, Vanessa, Patricia, Jader, Cleber, Taciano, Baby, Nathalia, Ruth, Gabi, Dennis, Tião, Camila P, Iasmine, Diego, Daiane, Ellen, Rafael, Guilherme, Eduardo e aos amigos da EJNS pois vocês me ajudaram muito com palavras e incentivo para a conclusão deste trabalho. Especialmente a dois amigos que já partiram mais com certeza sempre os levarei como parte da história da minha vida, pois sou muito feliz por ter convivido com duas pessoas incríveis, Renata e Rogério obrigado por ter dado sentido a muita coisa neste mundo.

Aos colegas de curso que juntos construímos uma história ao longo de 4 anos, adquirimos conhecimentos, ajudamos uns aos outros superando dificuldades e compartilhando alegrias. Em especial Lyres Mariane que torceu muito para mim e para a conclusão desse trabalho, pela sua amizade e sua confiança e respeito que jamais esquecerei. E ao grande amigo que conquistei Alexandre (Pirolo) que sempre esteve ao meu lado como um irmão sempre me ajudando e apoiando nos momentos difíceis, uma pessoa que sabe fazer a diferença e que levarei sempre como uma grande amizade no período acadêmico.

Aos meus mestres e professores que colaboraram muito para com o meu conhecimento, em especial ao Prof. Ms. Nilson José dos Santos pela orientação e pelo estímulo transmitido durante a realização deste trabalho, pela amizade e companheirismo.

A todos que de alguma forma colaboraram com a realização deste trabalho o meu muito obrigado.

“Ser feliz é o maior afrodisíaco que existe. Você só passa por essa vida uma vez. Não vai ter bis”.

Elvis Presley
(1935 -1977)

RESUMO

Óleos lubrificantes automotivos podem ser de origem mineral ou sintética apresentando propriedades físico-químicas e químicas necessárias para atender as necessidades dos motores e sistemas de lubrificação, sendo assim muito importante saber a química envolvida nos óleos lubrificantes automotivos. A viscosidade é a principal propriedade dos óleos. Este trabalho tem como objetivo descrever a química envolvida nos óleos lubrificantes automotivos e a importância da lubrificação. A viscosidade é de tamanha importância que ela dita e classifica os óleos para determinados tipos de motores. Inicialmente foi feita a análise da viscosidade de óleos sintéticos e mineral. O objetivo desta determinação foi verificar se o equipamento do laboratório tinha capacidade e sensibilidade para identificar diferença na viscosidade de diferentes tipos de óleo. O equipamento detectou diferença significativa de viscosidade para os três óleos avaliados, portanto atende as necessidades. Foi selecionado o óleo sintético 5W30 (obtido na mesma concessionária) para verificar se há variação do valor da viscosidade após o uso. Não observou-se variação na viscosidade do óleo após o uso. A concessionária informou que o óleo usado fornecido para avaliação tinha sido tirado de dois tipos de automóveis durante a revisão dos primeiros 5.000 km. Sugestão para trabalho futuro é ampliar a amostragem e se possível avaliar o comportamento de um tipo de óleo em veículos com diferente quilometragem.

Palavras-chave: Óleos Lubrificantes; Viscosidade.

ABSTRACT

Automotive lubricating oils may be mineral or synthetic origin presenting physico-chemical and chemical needed to meet the needs of the engines and lubrication systems, and thus very important to know the chemistry involved in automotive lubricants. Viscosity is the main property of the oils. This paper aims to describe the chemistry involved in the automotive lubricating oils and the importance of lubrication. The viscosity is of such importance that it dictates and classifies the oils of certain types of engines. Initially the analysis was made of the viscosity of synthetic oils and mineral. The purpose of this determination was to verify whether the equipment of the laboratory had the capacity and sensitivity to identify differences in the viscosity of different types of oil. The device detected a significant difference of viscosity for the three oils studied, and thus meets the needs. He was selected 5W30 synthetic oil (drawn from the same dealer) to check for change in value of viscosity after use. There was no change in viscosity of the oil after use. The dealership said that the used oil supplied for evaluation had been taken from two types of cars during the review of the first 5,000 km. Suggestion for future work is to expand the sampling and if possible to evaluate the behavior of a type of oil in vehicles with different mileage.

Keywords: Lubricating Oils; Viscosity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Carbonização no cabeçote de um pistão.....	19
Figura 2	- Estrutura Química dos melhoradores do índice de viscosidade: polimetacrilatos: e do anti-espumante: poli (metil siloxano).....	21
Figura 3	- Estrutura Química do abaixador do ponto de fluidez: naftalenos e alquilados	22
Figura 4	- Formação de depósitos no pistão.....	22
Figura 5	- Estrutura Química de detergentes: fenóxidos e sulfonatos.....	23
Figura 6	- Esquema da estrutura Química dos dispersantes polialquilenos amina do ácido poli-isobutenil succínico	24
Figura 7	- Estrutura Química do anti-desgaste: dialquil ditiofosfato de zinco.....	24
Figura 8	- Fórmula da Viscosidade Dinâmica.....	26
Figura 9	- Fórmula da Viscosidade Cinemática.....	27
Figura 10	- Viscosímetro Capilar.....	28
Figura 11	- Viscosímetro Rotativo.....	28
Figura 12	- Viscosímetro Saybolt.....	29
Figura 13	- Fórmula 1 para o cálculo do índice de viscosidade.....	30
Figura 14	- Fórmula 2 para o cálculo do índice de viscosidade.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Relação entre propriedades e estruturas dos hidrocarbonetos encontrados nos óleos básicos.....	18
Tabela 2	- Normas Aplicáveis Registradas – NBR.....	31
Tabela 3	- Classificação SAE de viscosidade para óleos de motor.....	32
Tabela 4	- Evolução da classificação Service Station ou Spark	33
Tabela 5	- Evolução da classificação Commercial ou Compression.....	35
Tabela 6	- Viscosidade a 22°C do óleo sintético e mineral.....	39
Tabela 7	- Comparativo da viscosidade antes e após o uso do óleo.....	40

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	CARACTERISTICAS DO ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVOS.....	16
2.1	DEFINIÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES.....	16
2.1.1	Constituição básica dos óleos lubrificantes utilizados nos motores de combustão interna.....	17
2.1.2	Tipo de óleo lubrificante.....	18
2.1.3	Aditivos usados nos óleos lubrificantes	20
2.1.3.1	Melhorador do índice de viscosidade	21
2.1.3.2	Abaixador do ponto de fluidez.....	21
2.1.3.3	Detergente	22
2.1.3.4	Dispersante	23
2.1.3.5	Anti-desgaste.....	24
2.1.3.6	Inibidor de oxidação e corrosão.....	25
3.	PROPRIEDADES E CLASSIFICAÇÃO DO LUBRIFICANTE.....	26
3.1	VISCOSIDADE.....	26
3.1.1	Viscosidade Dinâmica.....	26
3.1.2	Viscosidade Cinemática.....	27
3.2	ÍNDICE DE VISCOSIDADE.....	29
3.3	DENSIDADE.....	31
3.4	NORMAS APLICÁVEIS.....	31
3.5	CLASSIFICAÇÃO SAE.....	31
3.6	CLASSIFICAÇÃO API PARA ÓLEOS DE MOTORES A GASOLINA.....	33
3.6.1	Classificação para óleos de motores a diesel.....	34
4.	O TEMA PETRÓLEO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	36

5.	METODOLOGIA.....	38
5.1	MATERIAIS.....	38
5.2	REAGENTES.....	38
5.3	EQUIPAMENTOS.....	38
5.4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	38
6.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	39
7.	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIA.....	42

1. INTRODUÇÃO

As máquinas se desgastam com o tempo, devido o funcionamento e pelos inúmeros agentes contaminados com os quais é posto em contato, entretanto sua vida útil pode ser aumentada, por meio do emprego de alguma forma de manutenção (AZEVEDO et al., 2006, p 1).

A maior causa de perda de material com conseqüentes perdas de desempenho mecânico é o desgaste, e a principal causa do desgaste e a perda de energia é o atrito. A vida útil de todo equipamento pode, entretanto, ser aumentada, com o uso de lubrificantes (AZEVEDO et al., 2006, p 2).

Os óleos lubrificantes automotivos têm como função evitar ou minimizar o desgaste de superfícies com movimentos relativos (REIS et al., 2006, p 3).

Os óleos lubrificantes automotivos podem ser constituídos de bases lubrificantes minerais (originadas do petróleo) ou sintéticas (produzidas por reações químicas) e por aditivos de alto desempenho. A composição da base classifica como pode ser o tipo de lubrificante. Os lubrificantes podem ser classificados como: mineral, semi-sintético ou sintético, sendo que todos possuem características tensoativas com menor ou maior intensidade (REIS et al., 2006, p 1-2).

O Brasil consome anualmente, cerca de 1.000.000 m³ de óleos lubrificantes, dos quais, o uso automotivo principalmente em motores a diesel representa 70% do consumo nacional (SANTOS, 2004, p. 17).

Os óleos minerais são os mais importantes e utilizados na lubrificação devido o seu custo e desempenho, estes óleos recebem aditivos específicos para que possam melhor atender as necessidades tecnológicas atuais (CARRETEIRO; MOURA, 1998).

Os óleos sintéticos não são derivados do petróleo, mas são produzidos em laboratório a partir de ensaios (AZEVEDO, 2005, p 2).

Em função da dificuldade de controle químico de alguns materiais, os lubrificantes sintéticos vêm sendo cada vez mais utilizados. O aumento da procura de lubrificantes de alto desempenho nos últimos anos, principalmente nas indústrias da aeronáutica que usa os mais modernos motores, proporcionou o desenvolvimento dos lubrificantes sintéticos, que podem se manter a elevadas temperaturas por tempos relativamente longos sem se decompor e ao mesmo tempo terem um baixo risco de combustão (AZEVEDO, 2005, p 2).

No Brasil todos os óleos lubrificantes devem atender as especificações técnicas que garantem a sua qualidade e segurança estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e B combustíveis - ANP. Neste trabalho estaremos tratando de óleos lubrificantes automotivos minerais e sintéticos para o uso em sistemas automotivos (SOHN, 7 de mai, 2010).

Este trabalho tem como objetivo descrever a química envolvida nos óleos lubrificantes automotivos e a importância da lubrificação.

2. CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO

2.1 DEFINIÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

Os óleos lubrificantes têm por finalidade principal reduzir o atrito e, conseqüentemente, o desgaste entre superfícies com movimentos relativos. Além dessa propriedade, os lubrificantes devem proteger contra a corrosão, refrigerar o equipamento, manter-se em boas condições de fluxo e, especialmente em motores de combustão interna, remover os resíduos da combustão, mantendo-os dispersos no óleo lubrificante (DANTAS et al., 2007, p 1).

Os óleos lubrificantes representam cerca de 2% dos produtos derivados de petróleo e diferem significativamente dos demais, visto que não são queimados ou destruídos em curto prazo. Os mesmos permanecem estáveis por longos períodos, mantendo suas propriedades e garantindo a lubrificação adequada do equipamento, durante meses ou até mesmo, anos. São formulados a partir dos óleos básicos, puros ou em misturas, complementados por aditivos adequados para melhorar ou conferir determinadas características que são necessárias para inúmeras aplicações, como automotiva, marítima, aviação, industrial, dentre outras (CAVALCANTI; MORA; SERRA, 17 de mai, 2010).

Desta forma, falhas ou deficiências na lubrificação podem acarretar sérias conseqüências, como: aumento da temperatura de funcionamento da máquina em decorrência do atrito, nível de desgaste superior ao normal das peças que estão em constante movimento, deficiência na transferência de forças, aumento da corrosão devido à ação das substâncias agressivas aos metais e incorretas absorções dos impactos (CAVALCANTI; MORA; SERRA, 17 de mai, 2010).

2.1.1 Constituição básica dos óleos lubrificantes utilizados nos motores de combustão interna.

Óleos básicos são hidrocarbonetos derivados de petróleo, cujas frações contêm predominantemente 20 a 25 átomos de carbono, os quais sofrem uma série de etapas no processo de refino. Estes óleos são de características parafínicos, constituindo-se em média por 70% de parafinas ramificadas, 20% de naftênicos (ciclo parafinas) e 8% de aromáticos (GUIMARÃES, 2006, p 23).

“O Brasil dispõe de duas unidades de refino de óleos lubrificantes básicos. Uma na Refinaria Landolfo Alves – Mataripe - BA e outra com capacidade de produção maior, na Refinaria Duque de Caxias – RJ” (GUIMARÃES, 2006, p 24).

Conforme Schilling, A (1968 apud GUIMARÃES, 2006, p 23):

Aditivos são substâncias que melhoram as características dos óleos básicos, como também potencializam novas qualidades que os óleos básicos não possuem. Aditivos são compostos organometálicos, tais como sulfonatos, fenóxidos, na forma de cálcio, magnésio e bário; dialquil ditiofosfato de zinco. Outros aditivos são unicamente de natureza orgânica, tais como: tetraetileno pentamina do ácido poli-isobutenil succínico, polímeros a base de metacrilato; copolímeros diversos, etc.

Essas características influenciam nas formulações dos óleos lubrificantes, para cada tipo de óleo e característica que as empresas querem que sejam obtidas, elas usam esses hidrocarbonetos como ingrediente especial, pois eles vão conferir aos óleos propriedades que são de extrema importância para a eficácia na lubrificação.

A tabela 1 mostra alguns tipos de hidrocarbonetos e suas propriedades, que influenciam na composição dos óleos lubrificantes automotivos.


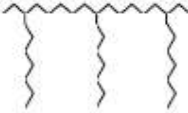
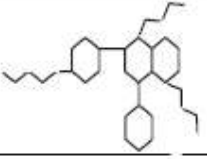
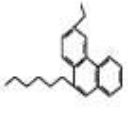
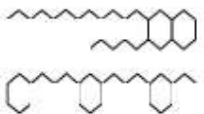
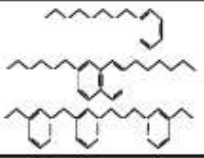
Tipos de Hidrocarbonetos		Principais Propriedades
Parafina com cadeia reta		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Alto ponto de fluidez.
Parafina com cadeia ramificada		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Pode ter baixo ponto de fluidez.
Anéis naftênicos com pequenas cadeias laterais		A viscosidade varia muito com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Baixo ponto de fluidez. Torna-se pseudo-plástico em baixa temperatura.
Anéis aromáticos com pequenas cadeias laterais		A viscosidade varia muito com a temperatura. Facilmente oxidável. O ponto de fluidez varia de acordo com a estrutura.
Anéis naftênicos com grandes cadeias laterais		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Pode ter baixo ponto de fluidez.
Anéis aromáticos com grandes cadeias laterais		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Pode ter boa resistência à oxidação quando os anéis aromáticos não são numerosos. Pode ter baixo ponto de fluidez.

Tabela 1- Relação entre propriedades e estruturas dos hidrocarbonetos encontrados nos óleos básicos (In: GUIMARÃES, 2006, p24).

2.1.2 Tipo de óleo lubrificante.

Existem dois tipos de óleo lubrificantes automotivos, eles são constituídos de bases lubrificantes que podem ser minerais ou sintéticas e por aditivos de alto desempenho. Os minerais são produzidos diretamente a partir do refino de petróleo, e os sintéticos são produzidos através de reações químicas, a partir de produtos geralmente extraídos do petróleo, podendo ser determinado como mineral, semi-sintético e sintético de acordo com a composição de sua base (GUIA MERCADO LIVRE, 17 de mai, 2010).

Os minerais multiviscosos são os mais comuns no mercado. Adequados para motores convencionais de qualquer cilindrada, têm a viscosidade adaptada à

temperatura de funcionamento do motor, atingindo os principais pontos de lubrificação com eficiência mesmo no inverno, quando há maior resistência ao escoamento do lubrificante pelas galerias de óleo. Mas, com o tempo, provocam carbonização principalmente no cabeçote e nas sedes de válvula, caso não sejam usados aditivos especiais para evitar o problema (GUIA MERCADO LIVRE, 17 de mai, 2010).



Figura 1 - Carbonização no cabeçote (In: TORNADEIROS, 21 de jul. 2010)

Os denominados semi-sintéticos são os óleos de base sintética e mineral, destinados para motores mais potentes e que atingem um nível de rotação acima da média. O fato de apresentarem uma quantidade menor de compostos de carbono mineral causará menos carbonização das câmaras de combustão, o que facilita a entrada e saída dos gases de admissão e escape evitando problemas de batida de pino. Outra propriedade é a formação de uma película protetora nas paredes dos cilindros, diminuindo o atrito entre as partes móveis durante a partida (GUIA MERCADO LIVRE, 17 de mai, 2010).

Os sintéticos são os melhores, usados nos carros das categorias mais importantes do automobilismo mundial pela curva de viscosidade constante, independentemente

da temperatura de funcionamento do motor, e por não provocarem carbonização. Também podem ser usados nos modelos esportivos com alta taxa de compressão, nos turbinados e em carros 1.0, pois trabalham com regime de alto giro do motor. São os únicos tipos de óleo recomendado para qualquer veículo sem nenhuma restrição quanto ao uso (GUIA MERCADO LIVRE, 17 de mai, 2010).

2.1.3 Aditivos usados nos óleos lubrificantes.

Conforme já descrito, os aditivos são substâncias que adicionados aos óleos básicos minerais ou sintéticos melhoram algumas características já existentes e fornece propriedades inteiramente novas, cuja finalidade é adequar o lubrificante acabado, para desempenhar todas as funções exigidas pelos motores modernos de combustão interna (GUIMARÃES, 2006, p 25).

Reações de oxidação podem causar degradação das propriedades mecânicas, aumento da viscosidade e formação de precipitados insolúveis em lubrificantes e combustíveis (DANTAS et al., 2007, p 2).

O uso de aditivos antioxidantes em óleos lubrificantes melhora o desempenho dos motores e aumenta a vida útil de peças e equipamentos (CARNEIRO, 2005, p 2).

Os principais tipos de aditivos usados em lubrificantes são: detergente, dispersante, anti-desgaste, inibidor de oxidação e corrosão, inibidor de ferrugem, abaixador do ponto de fluidez, melhorador de índice de viscosidade (CDTM AUTOMOTIVE, 08 de jul, 2010).

Pode se dividir os aditivos utilizados em óleos para motores, em três grupos: o melhorador de índice de viscosidade, o abaixador de ponto de fluidez e o pacote de desempenho. O melhorador de índice de viscosidade e o abaixador de ponto de fluidez são utilizados para dar aos óleos lubrificantes, excelentes propriedades reológicas, ou seja, a capacidade de se manter em boas condições de fluxo, tanto em baixas quanto em altas temperaturas (CDTM AUTOMOTIVE, 08 de jul, 2010).

2.1.3.1 Melhorador de índice de viscosidade

O uso desse aditivo faz com que a viscosidade do óleo varie menos com a variação de temperatura. Ele aumenta mais a viscosidade a elevada temperatura, devido às mudanças das características de solubilidade e, nessa condição, o polímero aumenta de volume, conseqüentemente diminui quando a temperatura abaixa. Vários polímeros têm essa propriedade de modificar o índice de viscosidade, tais como, copolímeros de olefinas, copolímero de estireno e butadieno, etc, porém um dos mais utilizados são os polimetacrilatos. Como foi relatado acima, estes polímeros também diminuem o ponto de fluidez dos lubrificantes (GUIMARÃES, 2006, p 29).

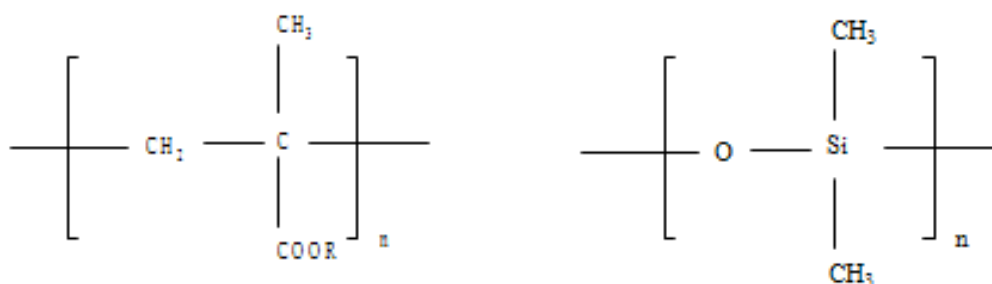


Figura 2 - Estrutura química dos melhoradores do índice de viscosidade: polimetacrilatos; e do anti-espumante: poli (metil siloxano) (In: GUIMARÃES, 2006, p.29).

2.1.3.2 Abaixador do ponto de fluidez

A finalidade é reduzir o ponto de fluidez dos lubrificantes. Sua ação é devido à formação de um colóide protetor na superfície dos cristais de parafina, inibindo o seu crescimento. Os cristais permanecem na forma de microcristais uniformes e disperso no fluido. Este aditivo é usado predominantemente em óleos básicos parafínicos (GUIMARÃES, 2006, p 28).

Produtos de condensação de Friedel-Crafts da parafina clorada com naftaleno, polimetacrilatos.



Figura 3 - Estrutura química do abaixador do ponto de fluidez: naftalenos alquilados(In: GUIMARÃES, 2006, p.28).

O pacote de desempenho responde pelas demais propriedades dos óleos, que podem ser resumidas por suas funções na proteção dos motores a formação de depósitos e na proteção das peças contra desgaste ou corrosão, assim esse pacote de desempenho possui aditivos com funções detergentes/dispersantes, antioxidantes, inibidores de corrosão e oxidação, dentro outras (CDTM AUTOMOTIVE, 08 de jul, 2010).

2.1.3.3 Detergente

Os detergentes tem a função de neutralizar os gases ácidos (SOx e NOx) que se dirigem ao cárter (blowby) e reduzir a formação de laca, carbono e depósitos de verniz nos pistões do motor (GUIMARÃES, 2006, p 25).



Figura 4 - Formação de depósitos no pistão (In: ANDRE, 21 de jul. 2010).

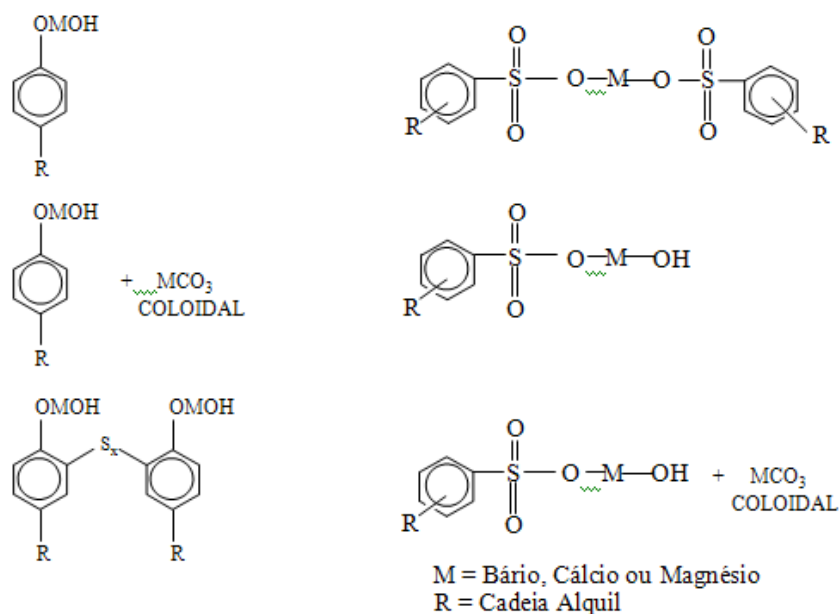


Figura 5 - Estruturas químicas de detergentes: fenóxidos e sulfonatos (In: GUIMARÃES, 2006, p.26).

2.1.3.4 Dispersante

A função do dispersante é manter em suspensão a fuligem formada, principalmente, em motores a diesel (partículas de carbono), reduzir o tamanho das partículas de borra e dispersá-las, sua solubilidade em óleo mantém a borras em suspensão e reduz a formação de verniz encontrado nos motores de combustão interna (GUIMARÃES, 2006, p 27).

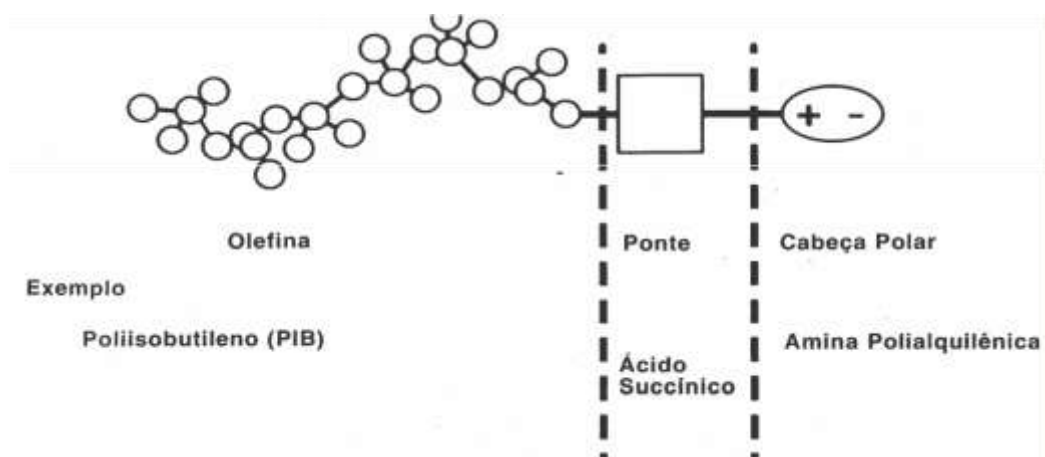


Figura 6 - Esquema da estrutura química dos dispersantes; polialquileno amina do ácido poli-isobutenil succínico (In: GUIMARÃES, 2006, p.27).

2.1.3.5 Anti-desgaste

A função do anti-desgaste é reduzir o desgaste no motor, particularmente no comando de válvulas. Forma-se uma película de lubrificante sólida, através de uma reação química com o metal, evitando a solda e o agarramento de superfícies, quando ocorre a ruptura da película de óleo (GUIMARÃES, 2006, p 27).

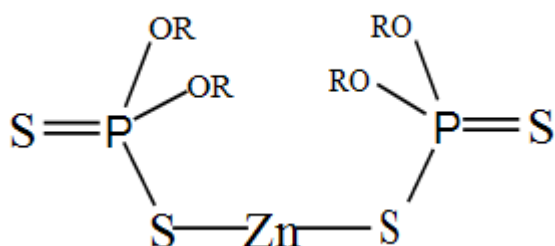


Figura 7 - Estrutura química do anti-desgaste: dialquil ditiofosfato de zinco (In: GUIMARÃES, 2006, p.27).

2.1.3.6 Inibidor de oxidação e corrosão

O inibidor de oxidação e corrosão tem o objetivo de reduzir a oxidação do lubrificante, medido pelo aumento da viscosidade e pela acidez total, prevenir a formação de verniz e reduzir a corrosão nos mancais de cobre/chumbo. Um aditivo altamente eficiente é o dialquil-ditiofosfato de zinco, como podemos verificar esse aditivo possui funções múltiplas como anti-desgaste, inibidor de oxidação e corrosão (GUIMARÃES, 2006, p 27).

3. PROPRIEDADES E CLASSIFICAÇÃO DO LUBRIFICANTE.

3.1 VISCOSIDADE

A viscosidade é fundamental em todos os estágios da indústria de lubrificantes, uma vez que ela possui caráter essencial em todos os aspectos da lubrificação, a viscosidade é muito influente em setores industriais como óleos, graxas, tintas, polímeros e outros (GUIMARÃES, 2006, p 28).

Conforme Freitas (2003 apud RINALDI, 2008 p. 66), “A viscosidade indica a resistência ao óleo a fluir entre duas superfícies sólidas. A manutenção de um filme fluido entre elas reduz o atrito, minimizando o desgaste e facilita o movimento relativo das peças.”

3.1.1 Viscosidade dinâmica

É a medida da resistência interna que o óleo lubrificante forma contra o fluxo como, por exemplo, o fluxo através de tubulações, fluxo na fenda de lubrificação. A viscosidade dinâmica (η) é definida como sendo a relação entre tensão de cisalhamento (τ) e grau de cisalhamento (S), é por vezes denominada viscosidade dinâmica (absoluta), cuja unidade é o milipascal segundo (mPa.s) ou centipoise (cP) em homenagem a Poiseuille. Para medir as viscosidades temos diversos aparelhos de medição (viscosímetros). A indicação é em mm²/s, antigamente se utilizavam graus Engler (°E) ou Centistokes (cSt) (BONAZZI; NETO, 14 de jul, 2010).

$$\eta = \frac{\tau}{S}$$

Figura 8 - Fórmula da viscosidade dinâmica (In: GUIMARÃES, 2006, p.18)

3.1.2 Viscosidade cinemática

A viscosidade cinemática (ν) é definida como sendo a relação entre a viscosidade absoluta (η) e a massa específica (ρ), cuja unidade é mm^2/s ou centistokes (cSt) em homenagem a George Stokes

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Figura 9 - Fórmula da viscosidade cinemática (In: GUIMARÃES, 2006, p.18)

Há fluidos newtonianos e não newtonianos, fluídos que possuem a sua viscosidade constante independente da força cisalhante e/ou da taxa de cisalhamento são chamados de fluidos newtonianos podendo obter essa característica alguns óleos de base mineral, sintéticos e aditivados do tipo monograu. A maioria dos óleos modernos e do tipo multigrau são chamados de não newtonianos, sua viscosidade diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. (MOURA; CARRETEIRO, 1987 p. 421-24).

A viscosidade é determinada em aparelhos denominados viscosímetros. Os viscosímetros normalmente são divididos em três tipos:

a) Viscosímetros capilares – A viscosidade é medida pela velocidade de escoamento do líquido através de um capilar de vidro e medido o tempo de escoamento do líquido entre duas marcas feitas no viscosímetro (BARBOSA, 2009, p. 21).

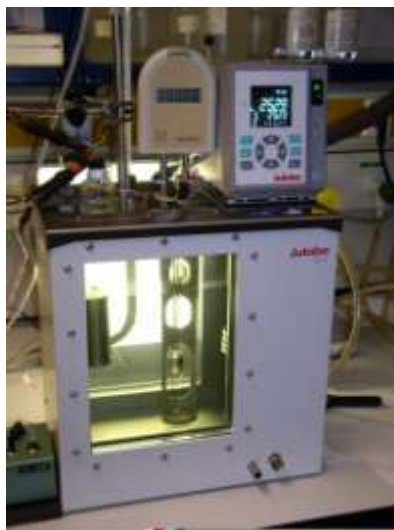


Figura 10 - Viscosímetro capilar. (In: CENTRO DE CIÊNCIAS MOLECULARES E MATERIAIS, 21 de jul. 2010)

b) Viscosímetros rotativos – Mede a viscosidade através da medição do torque necessário para girar um spindle submerso em um fluido a uma velocidade constante, onde o torque é proporcional a viscosidade. Os viscosímetros rotacionais são constituídos de duas partes básicas separadas pelo fluido que está sendo analisado. As partes podem ser de cilindros concêntricos (copo e rotor), de placas, de cone e placa ou de discos. Uma das partes gira em relação à outra e produz cisalhamento no fluido (POSSA, 2004, p. 15).



Figura 11 - Viscosímetro rotativo (In: MEDIÇÃO DE NIVEL, INTERFACE E VISCOSIDADE DE LIQUIDOS, 21 de jul. 2010).

Outros tipos de viscosímetros: viscosímetro saybolt, engler, redwood, hoppler etc. (POSSA, 2004, p. 15).



Figura 12 - Viscosímetro Saybolt (In: SOLOCAP GEOTECNOLOGIA, 21 de jul. 2010).

3.2 ÍNDICE DE VISCOSIDADE

O índice de viscosidade (IV) mede a variação da viscosidade com a temperatura, quanto maior o IV menos será a variação de viscosidade do óleo lubrificante quando submetido a diferentes temperaturas, no fundo o IV permite indicar qual a resistência de variação da sua viscosidade com relação à variação da sua temperatura, são necessários sempre altos índices de viscosidade, sempre que se pretende ter uma viscosidade relativamente constante a condições de temperaturas (SCHULLER; MARINS, 14 de jul, 2010).

Para determinar o índice de viscosidade são usadas duas equações:

Para $IV \leq 100$:

$$IV = \frac{L - U}{L - H} \times 100$$

Figura 13 - Fórmula 1 para o cálculo do índice de viscosidade (In: GUIMARÃES, 2006, p 20).

Onde IV é o Índice de Viscosidade, L é a viscosidade cinemática (cSt) a 40°C do óleo que o seu IV seja igual a zero, tendo a mesma viscosidade cinemática a 100°C que o óleo que se está calculando o IV, o H é a viscosidade cinemática (cSt) a 40°C de um óleo com IV igual a 100, que tenha a mesma viscosidade cinemática a 100°C que o óleo que se está calculando o IV. (GUIMARÃES, 2006, p 21).

Para $IV \geq 100$:

$$IV = \left[\frac{\text{anti log } N - 1}{0,00715} \right] + 100$$

$$IV = \left[\frac{10^N - 1}{0,00715} \right] + 100$$

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log Y}$$

Figura 14 – Fórmula 2 para o cálculo de índice de viscosidade(In: GUIMARÃES, 2006, p 21).

Onde Y é igual à viscosidade cinemática (cSt) a 100°C do óleo cujo IV está sendo calculado e os demais símbolos seguem os mesmos significados que na fórmula anterior. Os Valores de L e H encontram-se tabelados de acordo com o método ASTM D 2270. (GUIMARÃES, 2006, p 21).

3.3 DENSIDADE

A densidade do fluido e sua variação são fatores importantes para determinar a degradação do óleo lubrificante. (SILVIA, 2006, p. 50).

3.4 NORMAS APLICÁVEIS

A verificação das características dos óleos básicos far-se-á mediante o emprego das Normas Brasileiras Registradas - NBR dos métodos da American Society for Testing and Materials – ASTM e da Deutsche Norm - DIN, observando-se sempre os de publicação mais recente (BRASIL AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 25 de jun, 2010).

Viscosidade cinemática.

NBR 10441	Produtos de petróleo – Líquidos transparentes e opacos – Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica.
ASTM D 445	Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and the Calculation of Dynamic Viscosity).

Tabela 2 – Normas Aplicáveis Registradas – NBR (In: BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 25 de jun, 2010)

3.5 CLASSIFICAÇÃO SAE

Para facilitar a escolha do lubrificante correto para veículos automotivos várias são as classificações, sendo as principais SAE e API. Estabelecida pela Sociedade dos Engenheiros Automotivos dos Estados Unidos, classifica os óleos lubrificantes pela sua viscosidade, que é indicada por um número. Quanto maior este número, mais

viscoso é o lubrificante e são divididos em três categorias: (AUTO-MOTIVO, 16 de mai, 2010).

- Óleos de Verão: SAE 20, 30, 40, 50, 60
- Óleos de Inverno: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W
- Óleos multiviscosos (inverno e verão): SAE 20W-40, 20W-50, 15W-50

Obs.: a letra “W” vem do inglês “winter” que significa inverno.

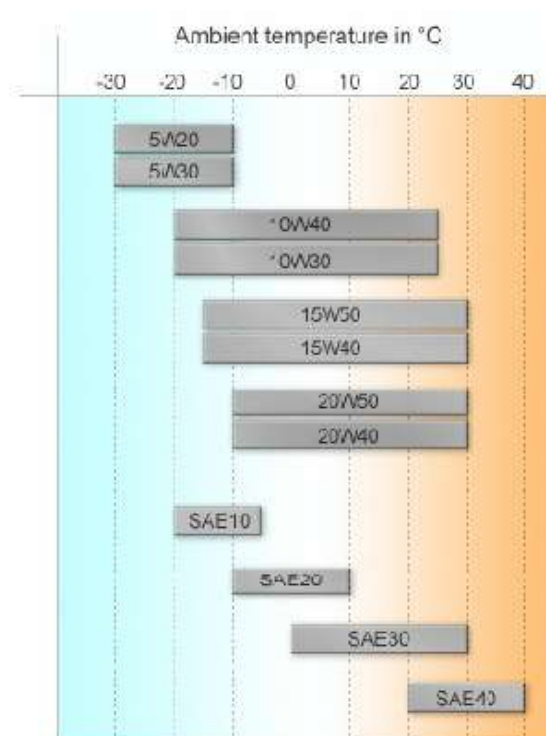


Tabela 3 - Classificação SAE de viscosidade para óleos de motor (In: BONAZZI, 14 de jul, 2010).

Existem outros institutos de classificação além do SAE, o AGMA e ISO VG (AUTO-MOTIVO, 16 de mai, 2010).

Os lubrificantes básicos minerais e básicos sintéticos (monograis) são utilizados a temperatura a que estão sujeitos a não apresentarem grandes variações, e também para aplicações constantes. Os óleos Compostos ou Semi-sintéticos (multigráu) são utilizados quando se tem variações baixas de temperatura, um grau de viscosidade

a quente e a frio. Assim, esses compostos no frio permitem uma partida a frio mais fácil do motor e a quente são mais espessos possibilitando um melhor desempenho satisfatório (In: BONAZZI; NETO, 14 de jul, 2010).

3.6 CLASSIFICAÇÃO API PARA ÓLEOS DE MOTORES A GASOLINA

Desenvolvida pelo Instituto Americano do Petróleo, também dos Estados Unidos, baseia-se em níveis de desempenho dos óleos lubrificantes, isto é, no tipo de serviço a que a máquina estará sujeita. São classificados por duas letras, a primeira indica basicamente tipo de combustível do motor e a segunda o tipo de serviço (BONAZZI; NETO, 14 de jul, 2010).

A letra “S” seguida de outra letra (por exemplo, SL) refere-se a óleo adequado para motores a gasolina, álcool, flex e GNV. Segundo a API, “S” é uma categoria para serviço de uso pessoal (service). Por coincidência, “S” pode representar “spark ignition” (ignição por centelha), que é a forma da combustão nos motores ciclo Otto. A segunda letra é atribuída alfabeticamente na ordem de desenvolvimento. Quanto mais alta a letra maior é o desempenho do lubrificante (BONAZZI; NETO, 14 de jul, 2010).

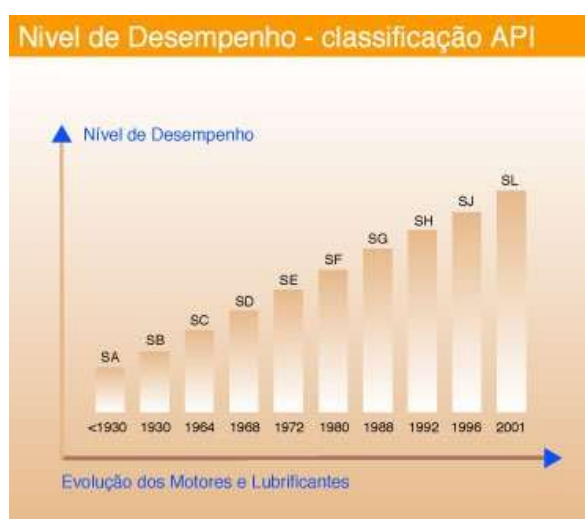


Tabela 4 - Evolução da classificação Service Station ou Spark (In: AUTO – MOTIVO, 16 de mai, 2010).

O motor flex é mais crítico que os motores convencionais em alguns aspectos como no processo de oxidação do óleo, que forma borras dentro do motor. No caso do motor flex quando usado álcool, o líquido em contato com o lubrificante tende a reagir com os seus aditivos, e também acelera o processo de oxidação do óleo. Desta forma, seu lubrificante está ainda mais sujeito a contaminações internas que podem diminuir a durabilidade dos pistões e outras peças, além de afetar o desempenho do motor. Os óleos mais recomendados para esse tipo de motor são os óleos sintéticos, pois eles são desenvolvidos de forma que a sua fórmula contém uma aditivação ultradispersante oferecendo uma resistência a oxidação e degradação, mantendo as propriedades do óleo e efetivando a sua proteção por mais tempo. Esses óleos são comercializados obedecendo à mesma classificação API e SAE dos motores a gasolina, álcool e GNV.

3.6.1 Classificação para óleos de motores a diesel

A letra “C” seguida de outra letra (por exemplo, CF) refere-se a óleo adequado para motores diesel. Segundo a API, “C” é uma categoria para uso comercial (commercial). Por coincidência, a letra “C” representa “Compression Ignition” (ignição por compressão), que é a forma de ignição dos motores diesel. A segunda letra também é atribuída alfabeticamente na ordem de desenvolvimento. Quanto mais alta a letra maior é o desempenho do lubrificante (BONAZZI; NETO, 14 de jul, 2010).

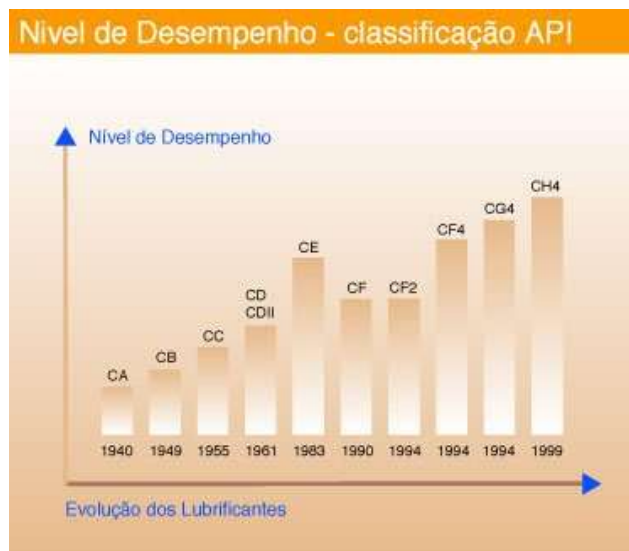


Tabela 5 - Evolução da classificação Commercial ou Compression. (In: AUTO – MOTIVO, 16 de mai, 2010)

A API classifica ainda óleos para motores dois tempos e óleos para transmissão e engrenagens (AUTO-MOTIVO, 16 de mai, 2010).

O Instituto Americano do Petróleo (API) estabelece estes parâmetros de desempenho, através de uma sequência de testes complexos e específicos, de acordo com metodologias padronizadas pela ASTM (American Society for Testing and Materials) (BONAZZI; NETO, 14 de jul, 2010).

O API não é o único órgão que homologa e testa lubrificante, temos também:

-ACEA: Association of Constructors of European Automobiles;

-ILSAC: International Lubricant Standardisation & Approval Committee,

-Montadoras: os fabricantes de veículos e de motores também têm desenvolvido testes e especificações próprias para lubrificantes (AUTO-MOTIVO, 16 de mai, 2010)

4. O TEMA PETRÓLEO NO ENSINO DE QUÍMICA.

O petróleo é um assunto que está sempre em evidência e é de extrema importância para a sociedade. Mas o que poucos conhecem são os inúmeros conceitos que podem ser desenvolvidos, em sala de aula, a partir desse tema. O capítulo mostra como associar tópicos da Química Orgânica as informações do petróleo e ao óleo lubrificante como um de seus muitos derivados. Situações relacionadas com a disciplina de Química estão presentes no dia-a-dia de todas as pessoas, sendo assim importante o ensino de Química, a partir de um bom aprendizado, assim o aluno pode tornar-se um cidadão com melhores condições de analisar criticamente situações do cotidiano e se interagir de forma mais consciente com o mundo. Alunos do ensino médio nem sempre percebem essa importância, talvez seja por que a Química ensinada não os oferece atrativos suficientes para a aprendizagem. Um dos motivos pode ser a metodologia usual e tradicional de ensino, ou seja, memorização de fórmulas, regras de nomenclatura, classificação de compostos e outros que são necessários sim para o ensino, mas que também quando presos a essa metodologia, diminuem o interesse dos alunos ao aprendizado. Aí que está a necessidade de temas que envolva o cotidiano dos alunos com assuntos que são de seu interesse, partindo sempre da realidade. Há muito tempo e atualmente, o petróleo é um dos recursos naturais dos quais nossa sociedade é bastante dependente, comprovados pelos inúmeros materiais pelos quais são fabricados a partir dessa matéria prima. Sua influência na Economia faz com que o petróleo seja discutido na televisão e nos jornais frequentemente (SANTA MARIA, C. et al. 2002, p.1).

Este capítulo tem como proposta utilizar o tema petróleo para incentivar na aprendizagem ao ensino de Química, no estudo de hidrocarbonetos, propriedades químicas e físico-químicas e a nomenclatura dos alcanos tendo como intermediador os óleos lubrificantes que são constituídos de derivados do petróleo.

Os óleos lubrificantes têm como constituição básica os óleos básicos, que são hidrocarbonetos derivado do petróleo. São hidrocarbonetos de caráter parafínicos, naftênicos ou aromáticos. A partir deste derivado do petróleo, pode-se trabalhar em

sala de aula o que são hidrocarbonetos e assim entrar mais aprofundadamente no conteúdo, mostrando que esses hidrocarbonetos são compostos constituídos exclusivamente por carbono e hidrogênio, apresentando também a fórmula geral e as propriedades químicas destes hidrocarbonetos tal como a sua estrutura física e nomenclatura. E de uma forma mais lúdica através de figuras e vídeos mostrar os processos de obtenção desses óleos que são na verdade hidrocarbonetos, métodos que quando apresentados de forma diferente a prender a atenção do aluno, possa trazer ótimos resultados em sala de aula. Se tratando de um derivado do petróleo é interessante mostrar que esses hidrocarbonetos constituem os óleos lubrificantes e que suas propriedades físico-químicas são de extrema importância desde a fabricação até a compra do produto comercializado, desta forma trazendo a química para a realidade tão próxima dos alunos.

5. METODOLOGIA

5.1 MATERIAIS

- Béqueres de 600 ml

5.2 REAGENTES

- óleo lubrificante de base sintética (Syntec e ELF)

- óleo lubrificante de base mineral (AC Delco)

5.3 EQUIPAMENTOS

Viscosímetro Rotativo Digital (Quimis)

5.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram coletadas duas amostras de óleos lubrificantes automotivos de marcas diferentes, de automóveis que passaram por sua troca de óleo obrigatório após a rodagem de 5000 km.

Em laboratório foi adicionado 500 ml do óleo lubrificante usado de base mineral em um béquer de 600 ml e levado para análise de viscosidade no viscosímetro rotativo digital e anotou-se os valores obtidos.

Repetiu-se o mesmo processo com os óleos novos (comprados) de base sintética e mineral e anotaram-se os valores obtidos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as propriedades físico-químicas do óleo lubrificante, a viscosidade foi escolhida para ser avaliada no laboratório. O critério de seleção foi a importância da propriedade e recursos técnicos para analisar.

Inicialmente foi feita a análise da viscosidade de óleos sintéticos e mineral. O objetivo desta determinação foi verificar se o equipamento do laboratório tinha capacidade e sensibilidade para identificar a diferença na viscosidade de diferentes tipos de óleo.

Na tabela 6 encontra-se a viscosidade, a 22°C, de dois óleos sintéticos e um mineral. O equipamento detectou diferença significativas de viscosidade para o três óleos avaliados. Portanto, o equipamento atende as necessidades.

Óleo lubrificante a 22 °C		
Óleo novo	viscosidade (Pa.s)	viscosidade (Cp)
sintético 15W-40	0.154 Pa.s	154 Cp
sintético 5W-30	0.085 Pa.s	85 Cp
mineral 5W-30	0.097 Pa.s	97 Cp

Tabela 6 – Viscosidade a 22°C do óleo sintético e mineral.

Foi selecionado o óleo sintético 5W30 para verificar se há variação do valor da viscosidade após o uso. As amostras de óleo novo e usado foram obtidas na mesma concessionária.

Não foi possível detectar variação na viscosidade do óleo após o uso. A concessionária informou que o óleo usado fornecido para avaliação tinha sido tirado de dois tipos de automóveis durante a revisão dos primeiros 5.000 km.

Viscosidade – óleo 5W-30 a 22 °C		
Carro	Viscosidade (Pas. S)	Viscosidade (cp)
Novo	0.097 Pa.s	97 Cp
Captiva	0,107 Pa.s	107 Cp
Astra	0.095 Pa.s	95 Cp

Tabela 7 – Comparativo da viscosidade antes e após o uso do óleo.

Os dados de viscosidade obtidos no viscosímetro é dado em (Pas.s) e foi transformado em cP (centipoise) pois é a unidade referente a viscosidade dinâmica (absoluta). Embora o Poise seja uma unidade em desuso, a sua equivalência Pascal por segundo: 1 Pa.s = 1000 mPa.s; 1 P = 1000cP; 1000 mPa.s = 1000 cP; 1 Pa.s = 1P; 1 mPa.s = 1 cP.

7. CONCLUSÃO

O viscosímetro disponível no laboratório do curso de Química Industrial da FEMA pode ser utilizado nas determinações de viscosidade de óleo lubrificantes automotivos.

No teste preliminar não foi possível identificar diferença entre a viscosidade de um óleo novo e do usado.

Sugestão para trabalho futuro e ampliar a amostragem e se possível avaliar o comportamento de um tipo de óleo em veículos com diferente quilometragem.

REFERÊNCIAS

ANDRE BLOG. **Formação de depósitos no pistão**. Disponível em:<http://andrecerberus.files.wordpress.com/2010/06/alcool_02-pistao.jpg>. Acesso em 21 jul. 2010.

AUTO - MOTIVO . **Óleos Lubrificantes Automotivos**. Disponível em: <http://escolademecanica.wordpress.com/2007/11/18/oleos-lubrificantes-automotivos-e-algumas-classificacoes/>. Acessado em: 16 mai. 2010.

AZEVEDO, J. B; CARVALHO, H. L; FONSECA, V. M. **Efeito da Degradação em Motor Automotivo nas Propriedades Termogravimétricas de Óleos Lubrificantes Minerais e Sintéticos**. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 10, 2005. Salvador. Brasil. **Resumos**. Salvador: ABPG, 2005. Res. 6.

AZEVEDO, J. B; VONSECA, V. M; LOPES, E. H. O; CARVALHO, H. L. **Caracterização da Degradação de Óleos Lubrificantes Minerais em Diferentes Quilometragens de Uso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAS, 17, 2006, Foz do Iguaçu, Brasil. **Resumos**. Foz do Iguaçu: IPEN, 2006. Res. 8521.

BARBOSA, Deise. **Curva de Destilação de Petróleo Pesado: Extensão de Valores para Altas Temperaturas**. 2009. 50. Dissertação (Monografia de Graduação) – Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BONAZZI, Luiz; NETO, Roque. **Óleos Lubrificantes Automotivos (motor e transmissão: tipos, classificação e desempenho)**. Universidade Estadual Paulista – UNESP (Campus Universitário Bauru). Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_15.pdf>. Acesso em 14 jul.2010.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo. **Estabelece o Regulamento Técnico ANP nº 004/99, que especifica os óleos lubrificantes básicos de origem nacional ou importado para comercialização em território nacional**. Portaria n. 129, de 30 de julho de 1999. Diário Oficial da União, 30 de setembro de 1999. Disponível em: http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round1/Docs/LDOC19_pt.pdf. Acesso em: 25 jun. 2010.

CARNEIRO, Elizabete; LOPES, Ada; FILHO, João; MAZZETTO, Selma; CARIOCA, Jose. **Síntese, Caracterização e Análise Termogravimétrica de Aditivo Oriundo de Fonte Natural e Renovável**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 10, 2005. Salvador. Brasil. **Resumos**. Salvador: ABPG, 2005. Res. 5

CARRETEIRO, R. P; MOURA, C. R. S. **Lubrificantes e Lubrificação**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Markron - Books, 1998.

CAVALCANTI, Eduardo; MORA, Nora; SERRA, Thiago. **Estudo do Desempenho do Óleo Lubrificante em Pontos Diferentes da Turbina**. Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – (UNIOESTE) – Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/publicoleolub/oleolubc3n2007.pdf>. Acesso em: 17 de mai, 2010.

CDTM AUTOMOTIVE. **Óleos lubrificantes**. Disponível em: http://www.mecanica2000.com.br/artigostecnicos_v.asp?Contador=33. Acesso em 08/07/10.

CENTRO DE CIÊNCIAS MOLECULARES E MATERIAIS. **Viscosímetro Capilar**. Disponível em: <http://ccmm.fc.ul.pt/images/2006-09-15%2015-50-43.JPG>. Acesso em 21 jul. 2010.

DANTAS, Michelle; OLIVEIRA, Erika; NETO, Afonso; DANTAS, Tereza. **Avaliação Antioxidativa de Derivados do β -Naftol Aplicados a Lubrificantes**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 10, 2007. Campinas. Brasil. **Resumos**. Campinas: ABPG, UNICAMP, 2007. Res. 6.

GUIA MERCADO LIVRE. **Por que utilizar óleo sintético no motor do seu veículo**. Disponível em: <http://guia.mercadolivre.com.br/utilizar-oleo-sintetico-motor-veiculo-11704-VGP>. Acesso em 17 mai. 2010.

GUIMARÃES, Jairo. **Refino de óleos lubrificantes de motores de combustão interna pelo processo de ultrafiltração e adsorção**. 2006. 95p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MEDIÇÃO DE NIVEL, INTERFACE E VISCOSIDADE DE LIQUIDOS. **Viscosímetro rotativo**. Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~instmed/Nivel_Viscosidade.htm. Acesso em 21 jul. 2010.

MOURA, C. R. S; CARRETEIRO, R. P. **Regeneração de óleo usado;**

Lubrificantes e lubrificação; Rio de Janeiro; Editora Técnica Ltda; 1987. p.421-24.

POSSA, Mario. **Tratamento de Minérios**, 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Signus, 2004.

REIS, A. P. C; QUEIROZ, G de C; GARCIA, E. E. C; GONCALVES, R. C. **Análise do Comportamento de Embalagens Plásticas para Óleos lubrificantes Contendo PEAD Pós – Consumo em Relação ao Stress Cracking Ambiental**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIENCIAS DOS MATERIAS, 17, 2006, Foz do Iguaçu, Brasil. **Resumos**. Foz do Iguaçu: IPEN, 2006. Res. 8408.

RINALDI, Fernando da Silva Bulcão. Programa de Energias Perigosas: **Estudo em Caso de Atividade de Manutenção Numa Refinaria de Petróleo**. 2008. 167p. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico Curso de Mestrado de Sistema de Gestão – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

SANTA MARIA, C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de Química. **Química Nova na Escola**, 15, maio, 2002, 1 e 5.

SANTOS, J. C. O. **Estudo Termoanalítico e Cinético da Degradação Térmica de Óleos Lubrificantes Automotivos** . 2004. 162 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2003.

SCHULLER, Daniel; MARINS, Thiago. **Viscosidade e Índice de Viscosidade em Óleos Lubrificantes**. Universidade Estadual Paulista – UNESP (Campus Universitário Bauru). Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_14.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2010.

SILVA, Marcus. **Efeito do Uso do Biodiesel Sobre Propriedades do Óleo Lubrificante Usado em um Motor de Ignição por Compressão**. 2006.107 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SOHN, Hassan. **Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados**. São Paulo: Gráfica do SENAI/SP, 2005. Disponível em: <http://www.apromac.org.br/OLEO_LUBRIFICANTE_USADO_GUIA.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2010.

SOLOCAP GEOTECNOLOGIA. **Viscosímetro Saybolt**. Disponível em:< http://www.solocap.com.br/ampliacao.asp?idcod=RP1_Viscosimetro_saybolt_2p.1.jpg>. Acesso em 21 jul. 2010.

TORNADEIROS BLOG. **Carbonização no cabeçote de um pistão**. Disponível em:< <http://img141.imageshack.us/img141/4294/s2010007cx9.th.jpg>>. Acesso em 21 jul. 2010.