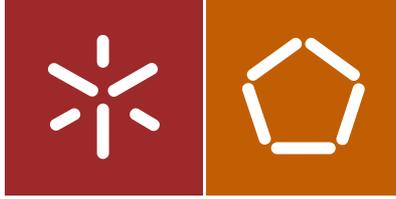




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Diogo Manuel Ferreira Machado Costa

fluidUM – Análise de Fluidos de um Automóvel



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Diogo Manuel Ferreira Machado Costa

fluidUM – Análise de Fluidos de um Automóvel

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Lúcio Machado

DECLARAÇÃO

Nome: Diogo Manuel Ferreira Machado Costa

Endereço eletrónico: a58827@alunos.uminho.pt Telefone: 912 851 764

Cartão do Cidadão: 13817305

Título da dissertação: fluidUM – Análise de fluidos de um automóvel

Orientadores:

Professor Lúcio Manuel Alves Machado

Ano de conclusão: 2016

Mestrado em Engenharia Mecânica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, 06/04/2016

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

À minha família, amigos e colegas.

Ao Professor Lúcio Machado e ao Professor Jorge Martins.

Aos funcionários da empresa Lúcio Machado Eng^a Lda.

À Cepsa Portugal, sobretudo ao Engenheiro Joaquim Gomes.

RESUMO

O projeto “*fluidUM: Análise de fluidos de um automóvel*” é um projeto de continuidade da UC de Integradora de Projeto VIII, do ciclo de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Trata-se de um projeto de análise dos fluidos de um automóvel, e estudo do sistema e componentes onde esses fluidos operam. Esses fluidos são o óleo do motor, óleo dos travões, fluido refrigerante do motor, óleo da caixa de velocidades, bem como o sistema de combustível e pneus.

Foram recolhidas amostras de vários fluidos a automóveis, com o objetivo de analisar o estado e perceber como esses fluidos se degradam, analisando e traçando conclusões com o teor de certos elementos químicos e o estado do fluido. Foi analisado o óleo do motor de 5 veículos pesados e 3 veículos ligeiros. Foi também conseguida uma análise ao fluido dos travões. Essas análises são acompanhadas de comentários aos resultados, e indicação de onde poderão estar problemas. Há também há alguma incompreensão em perceber porque é que não se fazem tantos testes aos fluidos, e qual o seu futuro, resposta que foi procurada ao longo do projeto.

Para acompanhar esta análise, foram estudados os fluidos na sua componente teórica: perceber a diferença entre os fluidos que existem para cada sistema, a sua composição e as suas condições de degradação. Assim podem ser estabelecidos paralelismos entre a análise prática e o conhecimento teórico.

Também foram apresentados alguns tópicos de resolução de problemas associados aos sistemas, bem como tópicos de manutenção. Toda a pesquisa convergiu para que pudesse ser usado como manual de manutenção, compilando informações técnicas para que possam ser entendidas pela maioria dos condutores.

Palavras-Chave: Automóvel; Fluidos; Análise; Manutenção; Óleo.

ABSTRACT

"Fluidum: Car Fluid Analysis" is a continuity project of *Integradora de Proyecto VIII*, for the Master of Science in Mechanical Engineering. It is a project of analysis fluids of an automobile, and the study of the system components where that fluids are involved. These fluids are the engine oil, brake fluid, engine coolant, transmission oil, and the fuel system and tires.

Some fluid samples were collected, in order to analyze their condition and see how these fluids degrade, analyze than and do conclusions from the content of certain chemical elements and the state of the fluid. Engine oil of 5 trucks and 3 cars were analyzed. An analysis of the brake fluid was also achieved. These analyzes are accompanied by comments on the results and indication of where problems may be. Also there is some misunderstanding in understanding why the analysis oil tests are not doing so frequently, and what its future for it.

To accompany this analysis, the fluids were studied in its theoretical: tell the difference between the fluids that exist for each system, its composition and its degradation conditions. So can be established parallels between the practice analysis and theoretical knowledge.

Also presented some troubleshooting topics relating to the systems and maintenance topics. All research converged so it could be used as a maintenance manual, compiling technical information so that they can be understood by most daily drivers.

Keywords: Automotive; Fluid; Analysis; Maintenance; Oil.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
1 - Manutenção e fluidos de um automóvel.....	17
2 - Normas europeias sobre emissões.....	19
3 -Especificação de lubrificação para motores.....	21
3.1 SAE.....	21
3.2 API.....	22
3.3 ACEA.....	22
3.4 Homologação dos construtores.....	22
4 - Circuito do óleo do motor.....	25
4.1. Funções do óleo do motor.....	27
4.2. Degradação do óleo.....	28
4.3. Quando devemos mudar o óleo do motor?.....	30
4.4. Diferentes óleos para diferentes tipos de motores.....	30
4.5. Óleos Sintéticos, Semissintéticos e Óleos Minerais.....	31
4.7. Que tipos de aditivos estão presentes no óleo do motor?.....	33
4.8. Viscosidade do óleo do motor.....	34
4.8. Manutenção do motor GPL Auto.....	37
4.9. Filtro de Partículas Diesel (FAP).....	40
5 - Sistema de Travagem de um automóvel.....	45
5.1. Travões de tambor.....	47
5.2. Travões de disco.....	48
5.2.1 Bomba de travões principal.....	49
5.2.2 Bomba principal de travão de dois circuitos.....	50
5.2.3 Bombas dos travões das rodas.....	50
5.3. Óleo de travões.....	51

5.4. Óleo de travões à base de Glicol	54
5.4.1 Presença de água no óleo de travões à base de Glicol	54
5.4.2. Como é que a água entra no sistema?	55
5.4.3. Onde se deposita a água?	56
5.4.4. Como prevenir a contaminação?	56
5.4.5 Quantidade de água.....	56
5.4.6 Efeito no ponto de ebulição	56
5.4.7 Um ponto de ebulição baixo representa um problema?.....	57
5.4.8 Quantos automóveis estarão dentro das normas de segurança?	57
5.4.9 Corrosão do sistema com a presença de água no fluido de travões.....	57
5.5 Óleo de travões à base de silicone	59
5.5.1 Absorção de água	60
5.5.2 Compressibilidade	60
5.6 Óleos de travões de origem mineral LHM.....	61
5.7 Bloqueio dos travões por vapor	61
6 - Caixa de velocidades	63
6.1 Caixa de velocidades manual	63
6.1.1 Óleo da caixa Manual.....	65
6.2 Caixa de velocidades automática	67
6.2.1 Óleo da Caixa Automática	71
7 - Sistema de Arrefecimento do motor	73
7.1 Motores arrefecidos a água/fluido de arrefecimento	73
7.1.1. Fluido arrefecimento do motor	76
8 - Sistema combustível.....	79
8.1 Filtro combustível	79
10 - Análises ao óleo do motor.....	81
10.1 Análises	82

10.2.1 Resultados das análises aos veículos ligeiros	84
Resultados das análises aos veículos ligeiros	85
10.2.2 Resultados das análises aos veículos pesados	88
Scania 124L 360	88
Mercedes OC500	89
Mercedes OH 1634	89
11 - Análises ao óleo dos travões	91
12 - Algumas considerações	93
13 - <i>Big Data</i>	95
13 - Conclusão	97
Bibliografia	99
Anexo I – Normas europeias sobre emissões (Veículos ligeiros a gasolina e diesel)	103
Anexo II - Classificação de viscosidade SAE para óleos de engrenagens Automotive	105
Anexo III - Classificação de serviço API para óleos	107
Anexo IV - Resumo dos níveis atuais de qualidade ACEA.....	111
Anexo V – Homologação dos construtores.....	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Folha de testes monocromático ProTec3.....	17
Figura 2: Folheto comparativo para análise do estado dos fluidos.....	17
Figura 3: Funcionamento da homologação dos óleos, entre as entidades	23
Figura 4: Ciclo de vida do óleo do motor – Idealmente deverá ser mudado quando o tempo de vida máximo for alcançado.	29
Figura 5: Luz de aviso do óleo de um automóvel.....	30
Figura 6:Compoaração da estrutura molecular de um óleo mineral e de um óleo sintético.....	32
Figura 7:Graduação do óleo do motor segundo as especificações SAE, com a temperatura de funcionamento	35
Figura 8:Desgaste da colaça do motor, devido à má escolha do óleo.....	36
Figura 9:Limites das emissões de PM e NOx, ao longo da evolução das Normas Euro	41
Figura 10:Funcionamento do FAP.....	42
Figura 11:Luz de aviso para reabastecimento de fluido do FAP.....	43
Figura 12:Funcionamento do Sistema hidráulico, durante uma travagem	46
Figura 13:Componentes de um sistema de travagem de tambor	47
Figura 14:Travões de pinças e calços.....	48
Figura 15:Discos de travões ventilados e não ventilados.....	48
Figura 16:Sistema hidráulico de um sistema de travagem de um circuito.	49
Figura 17:Funcionamento da Bomba do sistema de travagem.....	50
Figura 18:Bomba dos travões das rodas, ou Bombitos	51
Figura 19: Variação do ponto de ebulição, com a percentagem de água no sistema, para as classes DOT3, DOT4 e DOT5.....	55
Figura 20: Ponto de ebulição no depósito do fluido e junto das pinças de travão.....	57
Figura 21:Esquema de engrenamento de uma caixa de velocidades manual	63
Figura 22:Componentes e engrenamento de uma caixa de velocidades manual	64
Figura 23:Vista em corte de uma caixa de velocidades automática	67
Figura 24:Turbina, estator e bomba de uma caixa de velocidades automática	68
Figura 25:Funcionamento da bomba de uma caixa de velocidades automática.....	68
Figura 26: Componentes e funcionamento de uma caixa de velocidades automática	69

Figura 27:Componentes de uma caixa de velocidades automática.....	70
Figura 28: Esquema do funcionamento de um motor arrefecido com líquido refrigerante.....	74
Figura 29: Vista em corte de um motor, onde se podem ver as cavidades por onde o líquido refrigerante passa.....	75
Figura 30: Funcionamento da válvula termostática.....	75
Figura 31:Funcionamento do vaso de expansão.....	76
Figura 32:Filtro de combustível de um automóvel.....	79
Figura 36:Volvo A25D analisado.....	91
Figura 37: Cor da degradação do óleo, numa escala de 0 (novo) a 7 (muito degradado).....	91
Figura 38: Amostra do fluido de travões.....	92
Figura 39:Sistema Big Data.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução das normas Euro - Anexo I	19
Tabela 2: Componentes do sistema de óleo do motor	25
Tabela 3: Graduação do óleo segundo as especificações SAE (Temperatura e viscosidade)	35
Tabela 4: Componentes do sistema de GPL Auto	38
Tabela 5: Componentes do sistema de travagem de um automóvel	45
Tabela 6: Classes DOT de fluidos de travões e as suas propriedades. O wet boiling point refere-se ao ponto de ebulição em serviço, ou seja, equivale ao ponto de ebulição esperado após 2 anos de uso, quando as percentagens de água no fluido são cerca de 2%. (Kew Engineering, 2015)	53
Tabela 7: Classificação API para óleo da caixa de velocidades	65
Tabela 8: Componentes do sistema de arrefecimento do motor	73
Tabela 9: Dados dos veículos ligeiros analisados	81
Tabela 10: Dados dos veículos pesados analisados	81
Tabela 11: Elementos presentes no óleo do motor	84
Tabela 12: Resultados das análises ao óleo realizadas aos veículos ligeiros	85
Tabela 13: Resultados das análises realizadas aos veículos pesados	88
Tabela 14: Resultados da análise ao óleo dos travões	92

1 - MANUTENÇÃO E FLUIDOS DE UM AUTOMÓVEL

Desde que o automóvel em série foi criado – Ford T em 1908 - a manutenção esteve sempre acompanhando o seu processo de evolução. Assim a manutenção automóvel é um dos fatores de maior valor a ter em conta na compra de um automóvel: se o automóvel é novo, os fabricantes oferecem ao comprador um plano de manutenção; se o automóvel é usado o comprador requer os registos de manutenção, para saber o estado do automóvel. Pode dizer-se assim que além de um automóvel, é vendido também o plano e registos de manutenção.

Desde a alguns anos que estão disponíveis no mercado alguns testes que prometem identificar o estado de alguns fluidos, sobretudo testes monocromáticos, onde através de uma amostra do fluido, sob uma folha de teste (Figura 1), com a mudança de cor, comparando com uma folha de resultados (Figura 2), pode ter-se uma ideia do estado do óleo.

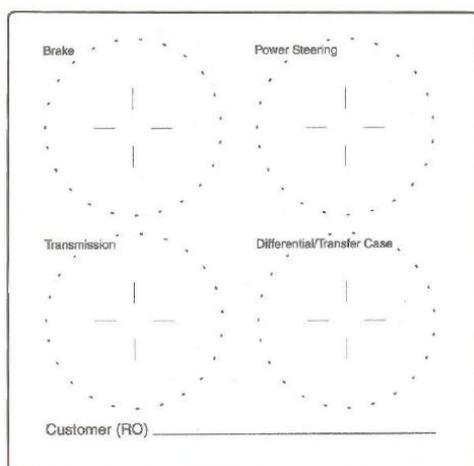


Figura 1: Folha de testes monocromático ProTec3

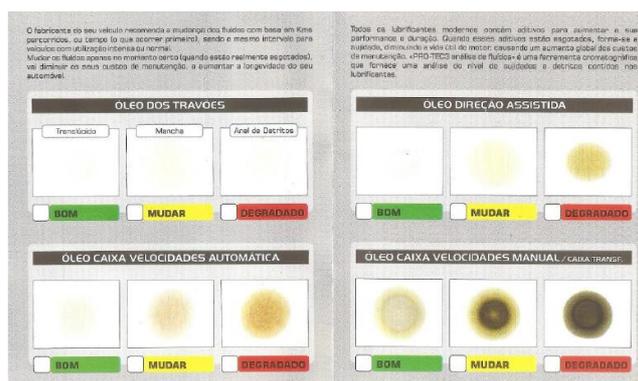


Figura 2: Folheto comparativo para análise do estado dos fluidos

O grande problema destes testes é a sua fiabilidade, não são bem aceites entre a comunidade automóvel. Foi testado um teste monocromático, "Pro-Tec3 Análise de Fluidos". Como era previsto, estes testes não garantiram precisão nos resultados, no entanto podem ser uma boa indicação do estado do óleo. Os resultados obtidos foram coincidentes com o registo prévio dos automóveis e do que era expectável do estado do fluido em questão. A grande questão é que o preço de um teste monocromático é um preço significativo tendo em conta o custo praticado pela mudança de fluido.

Ficou então decidido que o projeto iria ser aprofundado, versando mais sobre os fluidos em si e não tanto no sistema onde opera, e acompanhando com um estudo e análise de como ocorre a

degradação dos fluidos. Alguns tópicos de manutenção e resolução de problemas relacionados com os fluidos foram também abordados. Esta parte sobre os sistemas de fluidos e dos fluidos em si, foi concebida para poder ser quase como um manual de manutenção, onde qualquer condutor possa entender de um modo mais técnico a origem de alguns problemas, como são compostos e como se comportam os fluidos no sistema, e como se degradam ao longo do tempo. Para uma maior proximidade entre o condutor e os problemas que surgem mais frequentemente num automóvel, foram consultados fóruns e páginas com testemunhos reais.

2 - NORMAS EUROPEIAS SOBRE EMISSÕES

É, antes de tudo, importante fazer referência às normas europeias sobre emissões. Com a evolução dos motores, cada vez mais eficientes e menos poluentes, as regras têm vindo a adaptar-se a esta evolução.

Os principais gases poluentes emitidos pelos escapes são:

- Monóxido de Carbono (CO);
- Hidrocarbonetos não queimados (HC);
- Partículas Materiais (PM);
- Óxidos de Azoto (NOx).

Para combater esta toxicidade emitida pelos veículos, os construtores têm vindo a equipar os veículos com sistemas de pós-tratamento de gases de escape, nomeadamente:

- Sistema de recirculação dos gases de escape (EGR);
- Filtro de partículas Diesel (FAP);
- Catalisador de três vias (TWC);
- Catalisador de redução seletiva direta (SCR);
- Catalisador de oxidação Diesel (DOC).

Estes sistemas têm implicações diretas na conceção e formulação do óleo do motor. Isto porque os aditivos do óleo, sobretudo óleo do motor, vão influenciar o conteúdo tóxico dos gases de escape. Atualmente os fabricantes de lubrificantes desenvolveram uma gama de óleo chamada de “*Low Saps*” que são lubrificantes com aditivos com baixo teor de cinzas sulfatadas – Fósforo e Enxofre. Na Tabela 1 pode ver-se a evolução das normas Euro ao longo dos anos, na emissão de NOx e PM. (ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE EMPRESAS PETROLÍFERAS, 2015)

Tabela 1: Evolução das normas Euro - Anexo I

Norma	NOx	Partículas Materiais
Euro I (1993)	8,0	0,36
Euro II (1996)	7,0	0,15
Euro III (2001)	5,0	0,10
Euro IV (2006)	3,5	0,02
Euro V (2009)	2,0	0,02
Euro VI (2013)	0,46	0,01

3 -ESPECIFICAÇÃO DE LUBRIFICAÇÃO PARA MOTORES

Ao longo dos anos os lubrificantes foram sendo cada vez mais desenvolvidos e aprimorados, com cada vez mais fabricantes com novos produtos aclamados de inovadores. Assim foram criadas normas e padrões internacionais para a avaliação, certificação e homologação dos lubrificantes. Existem 3 entidades principais que administram:



SAE – *Society of Automotive Engineers*



API – *American Petroleum Institute*



ACEA – *European Automobile Manufacturer's Association*

3.1 SAE

A SAE organiza e classifica os graus de viscosidade de óleos de motor e de sistemas de transmissão de automóveis.

A classificação para óleo do motor é feita em 2 grupos de 12 graus de viscosidade. Existem os óleos *Winter* – como o próprio nome indica, mais apropriados para ambientes com temperaturas mais baixas – e os óleos não *Winter* – diferenciam-se na sua designação pela ausência da letra *W*. Esta classificação tem como base a viscosidade máxima, a baixa temperatura (arranque a frio), a temperatura máxima de limite inferior de funcionamento e a viscosidade à temperatura de funcionamento, cerca de 100°C.

- 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

Os óleos para engrenagens, a SAE está neste momento definida em dez diferentes graus de viscosidade. Tal como no óleo do motor, existem 2 grandes grupos, *Winter* e não-*Winter*, com a mesma lógica dos óleos do motor, *Winter* para temperaturas de funcionamento mais baixas, e não *Winter* para ambientes mais quentes (Anexo II)

3.2 API

O API estabelece padrões de performance para óleos de motor e de engrenagens para automóveis – Anexo III.

Esses padrões são expressos com base em duas letras e de acordo com o seguinte critério:

- Nos motores com ciclo de Otto são identificados pelo prefixo S – *Spark-Ignition*;
- Nos motores Diesel são identificados pelo prefixo C – *Compression Ignition*.

Em cada um destes dois grupos há diferentes níveis de tecnologia, identificados por uma letra, que representa o nível de evolução do lubrificante, após o S ou C.

Nos óleos de engrenagem automóveis são expressos na base do seguinte critério:

- API GL – “G” representa *Gear* e “L” *Lubricant*.

3.3 ACEA

A ACEA foi uma entidade criada na Europa, com o objetivo de ajustar a performance dos lubrificantes às condições de condução na Europa, para fabricantes de automóveis europeus. Atualmente já engloba também a companhia coreana *Hyundai Motor Europe* (Anexo IV).

Nesta norma, os lubrificantes estão agrupados em 3 categorias:

- “Ax” e “Bx” – lubrificantes para motores Otto e Diesel, para veículos ligeiros de passageiros e comerciais;
- “Cx” – lubrificantes para motores Otto e Diesel, para veículos ligeiros de passageiros e comerciais, que estejam equipados com Filtro de Partículas Diesel ou Catalisador;
- “Ex” – Lubrificantes para motores Diesel para veículos pesados.

No Anexo IV está a classificação de desempenho API dos óleos lubrificantes para ciclo Otto, Diesel e óleo para transmissão.

3.4 Homologação dos construtores

Para além das especificações internacionais apresentadas, alguns fabricantes de veículos, sobretudo para veículos pesados, criaram normas internas, onde para serem homologados por entidades exteriores, como as que vimos acima, devem ainda ser aprovados em testes e ensaios próprios. Exemplos: *MAN, Scania, IVECO, DAF, Renault, BMW, Mercedes-Benz*, etc (Ver anexo V)

Estas três entidades estão ligadas entre si, cooperam em função das necessidades da indústria automóvel, novas especificações, acompanhamento do desempenho e acompanhamento de novos métodos de análise. Para fácil compreensão, e muito resumidamente, se existe uma nova categoria que deve ser adicionada, é feita uma solicitação à *ACEA* para desenvolver e selecionar as técnicas de ensaio necessárias. O *API* é responsável por desenvolver o código do produto para o mercado, estabelecer a nomenclatura do fluido. Quando é atingido um consenso, o produto é publicado pela *SAE*. Na Figura 3 pode ver-se essa triangulação, esquematizada.

(ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE EMPRESAS PETROLÍFERAS, 2015)



Figura 3: Funcionamento da homologação dos óleos, entre as entidades
Fonte: Runge et al. (1994).

4 - CIRCUITO DO ÓLEO DO MOTOR

O circuito do óleo do motor é um sistema de extrema importância no funcionamento e locomoção do automóvel. Este sistema, é muitas vezes apelidado de sistema de lubrificação, erradamente, porque a lubrificação é apenas uma das funções do óleo do motor. Tira partido dos princípios da hidráulica, fazendo circular óleo num circuito fechado, e distribuir este lubrificante a todos os componentes que geram atrito e calor, que levam ao desgaste.

A bomba do óleo, que começa a bombear óleo no momento em que o automóvel é ligado, ou seja, é bombeado com a ajuda da rotação do motor. O óleo está depositado no cárter, e é então sugado pela bomba de óleo, através do pescador, filtrado e entra então para as galerias do bloco do motor, sob pressão. Em cada extremo da galeria, ou seja, quando o óleo sai do bloco do motor, existem válvulas que aliviam a pressão a que o óleo foi sujeito.

Dentro do bloco do motor o óleo é distribuído pelas peças que estão em movimento, como cilindros (onde os segmentos têm um papel importante na lubrificação entre o pistão e as paredes do cilindro), cambota e árvore de cames. Através do arrasto, o óleo percorre todos os pontos destes componentes, facilitando a sua operação.

Na Tabela 2 temos os componentes que fazem parte de um circuito do óleo do motor.

Tabela 2: Componentes do sistema de óleo do motor

<p>Cárter</p> 	<p>Componente onde é depositado o óleo, depois de filtrado, e pronto para ser sugado para o sistema novamente.</p> <p>É através do cárter que o óleo é também purgado, para adicionar novo óleo.</p>
<p>Pescador do óleo</p> 	<p>O pescador do óleo é o componente que suga o óleo que está no cárter, sob ação da bomba de óleo. A cabeça do purgador está imersa no óleo que está no cárter.</p>
<p>Bomba de óleo</p> 	<p>A bomba de óleo, como o próprio nome indica, bombeia o óleo para o sistema, sob pressão. É acionada pelo movimento de rotação do motor, desde o momento da ignição.</p>

<p>Filtro do óleo</p> 	<p>Elemento que filtra as partículas maiores que o óleo arrasta do sistema, antes de entrar no bloco do motor. Conta com uma válvula reguladora de pressão. É um componente de manutenção preventiva, deve ser mudado em cada substituição do óleo lubrificante.</p>
<p>Válvula de alívio</p> 	<p>Existem 3 válvulas de alívio no sistema: no filtro do óleo, na cabeça do motor (sendo que esta é de regulação de pressão também) e outro ainda quando o óleo sai das galerias do motor, antes de ser depositado no cárter.</p> <p>Como o próprio nome indica, estas válvulas controlam a pressão de entrada do óleo.</p>
<p>Bloco do motor</p> 	<p>Através das galerias do bloco do motor, este chega a todos os componentes que necessitam de lubrificação – cambota, cilindros, segmentos e árvore de cames.</p>
<p>Galerias do motor</p>  <p>Galerias da cabeça do motor (colaça)</p> 	
<p>Óleo</p> 	<p>O óleo do motor é o elemento vital neste sistema, que com a ajuda do resto dos componentes, é movimentado no sistema, dissipando o calor e evitando atrito elevado entre componentes.</p>

Existem ainda veículos que utilizam também um radiador de arrefecimento do óleo associado a este sistema. Sobretudo em automóveis arrefecidos a ar, onde o óleo tem um papel preponderante no arrefecimento do motor - devido à pouca eficiência do ar nesse processo. O funcionamento destes

radiadores é semelhante ao do radiador da água, no entanto a sua configuração interna é um pouco diferente devido à diferença de viscosidade e pressão de funcionamento.

Ao longo dos quilómetros há um desgaste progressivo destes componentes, devido ao esforço que são submetidas. A eficiência do motor vai ser cada vez menor, e alguns componentes irão precisar de ser substituídos. A manutenção preventiva é de grande importância, para preservar a vida do motor e dos seus componentes.

(Rocha, 2015)

4.1. Funções do óleo do motor

O óleo do motor não tem como única função lubrificar, também mantém o bom estado do motor ao longo do tempo/quilómetros. Um óleo do motor eficiente e duradouro deverá ter as seguintes propriedades:

- Ajudar a fricção, prolongando o tempo de vida útil dos componentes;
- Prevenir a corrosão e oxidação das superfícies, e a própria oxidação do óleo;
- Controlo da temperatura, dissipando o calor gerado pelo contacto de superfícies;
- Prevenir a contaminação com partículas que possam danificar o motor, lacas e depósitos;
- Proteção do sistema de distribuição contra desgaste – “scuffing”;
- Lavagem do motor, através dos aditivos detergentes;
- Polimento das paredes dos cilindros;
- Viscosidade dinâmica sob cargas elevadas;
- Compatibilidade com polímeros;
- Perdas por evaporação;
- Variação da viscosidade, principalmente a altas e baixas temperaturas;
- Inibição da formação de espumas;
- Degradação a altas temperaturas;
- Estabilidade física (separação de componentes de diferentes materiais);
- Solubilidade com outros fluidos como combustível e água;
- Reciclabilidade.

(Martins, Motores de Combustão Interna, 2013)

Fricção: quando um corpo se desloca em contacto com outro corpo, existe uma força associada, chamada de atrito. A essa força que está associado ao movimento dos 2 corpos, chama-se de fricção. Por atrito entende-se como a força que dificulta o movimento.

4.2. Degradação do óleo

Degradação do óleo é o processo que reduz a capacidade do fluido cumprir as suas funções para que foi dimensionado, sendo elas, sobretudo, lubrificar, proteger, limpar, vedar e arrefecer. Estas funções estão asseguradas pelas suas propriedades físicas e químicas a que é submetido durante a sua vida útil – altas temperaturas, altas velocidades de funcionamento, materiais corrosivos, contaminações, envelhecimento, etc.

Para determinar a degradação de um óleo do motor, devem ser analisados parâmetros como a sua aparência, a sua viscosidade, pH, oxidação, composição, aditivos, densidade relativa, entre outros.

Dependendo do tipo de óleo usado (mineral, sintético ou semissintético), todos os óleos se desgastam e precisam de ser mudados (os aditivos do óleo desgastam-se e perdem o efeito rapidamente). Ao longo dos quilómetros o óleo perde viscosidade e fica sujo com partículas metálicas, combustível, partículas exteriores, etc., perdendo as suas propriedades lubrificantes. Mesmo com o filtro do óleo fazendo a limpeza, retendo algumas partículas sólidas, com o sistema de arrefecimento do motor eliminando algum combustível presente e humidade, o óleo degrada-se rapidamente. Caso o óleo não seja mudado e atinja um ponto de degradação elevado, podem surgir problemas nos rolamentos, segmentos, nas paredes da bomba dos travões e válvulas, que se podem traduzir num problema grave e dispendioso.

Ao longo dos anos e quilómetros, o óleo oxida, dando aspeto escuro, até ao tom preto. Este processo ocorre naturalmente, e depende dos seguintes fatores:

- Temperatura – quanto maior a temperatura, menor a vida do óleo;
- Humidade – quanta maior a humidade maior será a velocidade da oxidação;
- Oxigénio – quanto maior for a presença de oxigénio em contacto com o fluido, maior a velocidade de oxidação;
- Reações catalíticas – são reações que aceleram a degradação do óleo, principalmente através da contaminação com cobre, pela deterioração de alguns componentes do sistema de lubrificação do motor;

- Estado do motor – estado dos componentes do motor, como a bomba dos travões, segmentos, pistões, etc.;
- Qualidade do óleo lubrificante, principalmente dos seus aditivos. Deve ser usado um óleo recomendado pelo fabricante, para uma boa relação entre o motor e o seu lubrificante.

Com a presença de humidade, a oxidação do óleo lubrificante é acelerada e é provável que apareçam os primeiros sintomas de problemas no motor. Inicialmente as moléculas de água diluem-se com o óleo, tornando o óleo mais espesso e pesado. Após algum tempo começam a formar-se ácidos, resultantes da oxidação. Estes ácidos aumentam o risco de corrosão dos componentes do circuito de lubrificação do motor. Por isso é recomendado para automóveis antigos e pouco usados, que se mude o óleo antes do Inverno, pois nesta estação chove mais, logo há mais humidade.

Na Figura 4 pode ver-se a cor do óleo, a sua vida, e a capacidade do óleo neutralizar essa degradação. Vemos que propriedades como viscosidade e aditivos vão diminuindo a sua eficiência ao longo do tempo, até à sua degradação total. Após isso e devido à grande contaminação com humidade, a viscosidade aumenta abruptamente pela mistura de água com o óleo lubrificante, além da acidez do óleo, pela degradação dos aditivos inibidores.

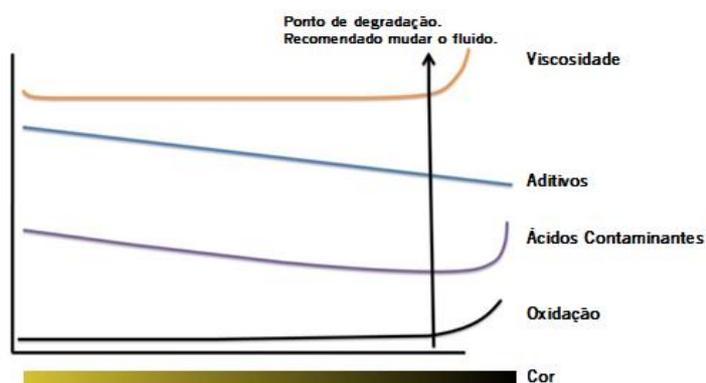


Figura 4: Ciclo de vida do óleo do motor – Idealmente deverá ser mudado quando o tempo de vida máximo for alcançado.

Uma grande parte dos aditivos presentes no óleo lubrificante têm como função neutralizar e retardar a sua acidez. Esses aditivos são aditivos base, com $\text{pH} > 7$. Uma das maiores fontes de acidez no óleo do motor, como já foi dito anteriormente, é a mistura de combustível com o óleo lubrificante. O combustível contém impurezas de enxofre, que reagem com a água durante a combustão, formando ácido sulfúrico (H_2SO_4), um ácido mineral com $\text{pH} = 2$ (estimado).

Quando é feita uma mudança de óleo há um pormenor que deve ser tido em atenção: mesmo drenando todo o óleo do sistema, ficam cerca de 20% de resíduos no sistema, especialmente no bloco

e cárter. Este resíduo de óleo irá contaminar o novo óleo que será adicionado ao sistema. Dependendo do estado do óleo antigo, ou seja, do nível de acidez, este pode afetar as propriedades dos aditivos, até uma redução de 10% da sua eficiência.

4.3. Quando devemos mudar o óleo do motor?

A mudança de óleo do motor depende essencialmente de 3 fatores: idade do veículo, quilómetros com que o motor fez com o óleo, e o tipo de óleo usado, mineral, sintético ou semissintético. Geralmente o prazo de mudança do óleo é determinado pelo fabricante do veículo, que deve ser fielmente respeitada. Geralmente, para automóveis que usem óleo do motor mineral, o período normal de mudança de óleo é aos 5.000 quilómetros; para os óleos semissintéticos a cada 15.000 quilómetros; para os óleos sintéticos este período já é um período entre 15.000 quilómetros a 40.000 quilómetros, dependendo dos aditivos. Isto depende também da “idade” do óleo, ou seja, caso o veículo faça poucos quilómetros, mas durante um período extenso de tempo, ou seja, anos, o óleo deve ser trocado a cada 6 meses, independente do tipo de óleo.

A mudança de óleo também deve ser acompanhada de uma troca do filtro do óleo, e deve também ser verificado o filtro de ar. Caso esteja muito sujo, vai contaminar o óleo do motor com poeiras, levando à criação de lama, diminuindo a potência e aumentando o consumo de combustível do automóvel.

Nos automóveis mais recentes, o período de manutenção é monitorizado pelo computador de bordo, com aviso através de uma luz no painel de instrumentos– esta luz de aviso é ativada quando o automóvel atinge um determinado número de quilómetros, determinado pelo fabricante - Figura 5.



Figura 5: Luz de aviso do óleo de um automóvel
Fonte: (Galleryship, 2015)

4.4. Diferentes óleos para diferentes tipos de motores

Atualmente existem óleos específicos para motores a gasolina/GPL (ciclo *Otto*), motores a gásóleo (ciclo *Diesel*), motores turbo-comprimidos, além de óleos para motores com elevada quilometragem, para motores com mais de 300 mil quilómetros.

Os motores com muitos quilómetros apresentam maior desgaste nos seus componentes, principalmente nos pistões, cilindros e guias de válvulas, que se traduz num maior consumo de óleo e

mistura de combustível com o óleo. Os óleos do motor para este tipo de motor são mais viscosos, menos voláteis e contêm aditivos capazes de selar as fugas (principalmente nas válvulas de admissão e vedantes da cambota e árvore de cames).

Hoje em dia os óleos para motores a gasolina, GPL ou gasóleo são muito semelhantes, sendo que a maior parte dos óleos podem ser utilizados nestes 2 ciclos de combustão, sem qualquer contrapartida. As poucas diferenças que existem estão nos aditivos presentes. Para veículos a gasolina com *kit* GPL é recomendado utilizar um óleo sintético com baixo teor de cinzas sulfatadas. Isto porque o GPL tem poucas moléculas de carbono, C_3H_8 , sendo o rácio de carbono/hidrogénio mais baixo, o que leva a uma combustão mais limpa, produzindo menos carvão (e remove o carvão que existe no motor).

Cinzas sulfatadas são resíduos resultantes da degradação do óleo devido à presença de ácido sulfúrico, através da calcinação.

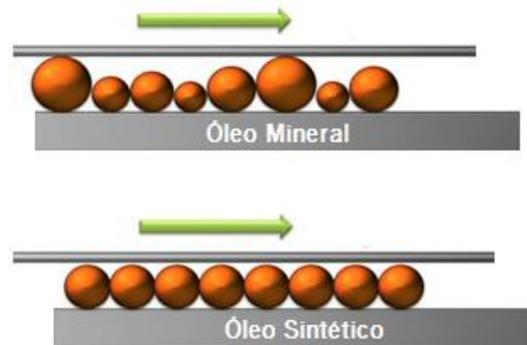
Para motores turbo-comprimidos deve apenas ser utilizado óleo semissintético, mas preferencialmente sintético. O turbo é ser lubrificado através de pequenos orifícios, e utilizando óleos minerais, é mais propenso a surgir lama, que obstrói as passagens, não arrefecendo e lubrificando o turbo, levando à sua rápida degradação.

Por vezes ocorre um fenómeno chamado de autoignição do motor, que acontece maior parte das vezes quando o nível do óleo é muito elevado. Quando durante o escape da combustão existe alguma resistência que não permite que os gases sejam retirados da camara de combustão, cria-se uma pressão no cárter que leva a uma perda do óleo através do turbo (componente que está após a camara de escape). Essa pressão impede que o óleo retorne ao cárter, aumentando assim a pressão do turbo e temperatura do óleo. Em casos extremos, o turbo “aspira” o óleo para a camara de combustão, fazendo com que haja uma combustão do óleo, mesmo com o motor desligado.

4.5. Óleos Sintéticos, Semissintéticos e Óleos Minerais

Atualmente, a maior parte dos motores funciona sob lubrificação com óleos sintéticos. A utilização dos óleos minerais foi abandonada porque apresentam um dimensionamento molecular inconsistente, como vemos na Figura 6. Os óleos sintéticos são obtidos por um processo de refinação

diferente, que oferecem melhor desempenho devido à sua estrutura molecular mais pura e consistente.



*Figura 6: Comparação da estrutura molecular de um óleo mineral e de um óleo sintético
Fonte: (Kew Engineering, 2015)*

Os óleos sintéticos não necessitam de tantos aditivos, em relação aos minerais, porque a sua composição já contém as propriedades necessárias. Enquanto os óleos minerais são formados por moléculas com tamanhos diferentes, os óleos sintéticos são formados por moléculas mais uniformes, o que lhes confere melhores propriedades, nomeadamente uma temperatura “*flash*” mais elevada e menor viscosidade a baixas temperaturas. Como os óleos minerais têm a referida mistura de componentes, alguns vaporizam a uma menor temperatura e outros solidificam a temperatura mais elevada.

Os óleos sintéticos apresentam as seguintes vantagens em relação aos de origem mineral:

- Podem trabalhar a temperaturas mais elevadas;
- Como a sua estrutura molecular é mais consistente, são melhores na fricção e o filme criado entre os componentes apresenta maior viscosidade;
- Índices de viscosidade mais elevados;
- São mais estáveis termicamente;
- Envelhecimento retardado.

(Martins, Motores combustao interna, 2013)

Estas vantagens traduzem-se para o condutor em consumo de combustível mais baixo, maior potência extraída do motor, além de um motor mais limpo e com menor desgaste. Como vimos, estes óleos apresentam vantagens significativas em relação aos óleos minerais, o que também tem influência no seu preço, custam cerca de três vezes mais

Os óleos semissintéticos, como o próprio nome indica, combinam propriedades do óleo mineral com o óleo sintético, ou seja, a sua base é de óleo mineral e óleo sintético. A combinação destes dois tipos de óleos, em termos percentuais não está regulada, podendo depender bastante, que irá influenciar o preço e o desempenho do óleo. É recomendado uma atenção especial na escolha do óleo em motores mais potentes, que trabalham a altas rotações, pois provocam menos carbonização interna.

(Fonseca, 2015)

4.7. Que tipos de aditivos estão presentes no óleo do motor?

Os aditivos são substâncias químicas ativas e são adicionados aos óleos para melhorar propriedades existentes ou adicionar novas propriedades. Os aditivos são uma das principais razões pelo que o óleo deve ser mudado ao fim de um certo número de quilómetros, ao longo do tempo e em condições de funcionamento extremas perdem a sua estabilidade. Por exemplo, os antioxidantes melhoram a estabilidade de envelhecimento, os aditivos de proteção contra desgaste protegem o motor contra desgaste elevado, os aditivos de limpeza libertam o motor de resíduos prejudiciais. Conforme a área de aplicação e desempenho exigido, ao óleo são adicionados aditivos dos mais diversos tipos e em quantidades variáveis. A percentagem de aditivos em óleos para motores modernos situa-se em valores entre 15 e 30 %. Os aditivos dependem do tipo ciclo do motor, *Otto* (gasolina ou GPL) ou *Diesel* (gasóleo).

Os aditivos mais comuns são:

- Modificadores de atrito – reduzem a fricção e atrito entre componentes em contacto;
- Detergentes – para manter as superfícies do sistema de lubrificação limpas. São geralmente produtos alcalinos ou base, para ajudar a neutralizar os ácidos provenientes da combustão, especialmente em motores Diesel;
- Dispersantes – para ajudar na filtragem de partículas sólidas. Estes aditivos “rodeiam” a partícula, que facilitam que fiquem retidas no filtro do óleo;
- Inibidores de corrosão – protegem dos ácidos e humidade;
- Antioxidantes – para retardar a oxidação e prolongar a vida útil do fluido;
- Anticongelantes – para que o óleo opere a temperaturas abaixo dos -30°;
- Melhoradores de Índice de Viscosidade – têm como função melhorar a viscosidade do óleo, para usos multi-sazonais.

4.8. Viscosidade do óleo do motor

Como já foi referido anteriormente, a especificação API (Instituto Americano do Petróleo): instituto que define padrões de desempenho dos óleos do motor, tendo em conta a sua capacidade de proteger contra o desgaste e formação de lama, em condições mais ou menos severas de uso. Este padrão é atualizado frequentemente, com melhorias nos aditivos do óleo.

Classificação SAE (Sociedade Americana dos Engenheiros Automóvel): classifica o óleo do motor de acordo com o seu comportamento sob diferentes temperaturas, mono ou multiviscosos, ou seja, tendo em conta a sua viscosidade. Viscosidade de um óleo é a resistência que o óleo tem sobre si mesmo, na sua movimentação. Um óleo mais viscoso tem maior resistência para movimentar entre as peças do motor, ou seja, é mais difícil de escorrer, mas tem maior capacidade de se manter entre duas peças móveis, formando uma película protetora. Um óleo demasiado viscoso pode atrapalhar o funcionamento do motor, fazendo com que ele fique “pesado” trabalhar a altas rotações, forçando a bomba de óleo, fazendo com que algumas partes do motor tenham uma lubrificação deficiente, causando desgaste acelerado e barulhos. Por este motivo é altamente recomendado que o óleo esteja de acordo com o recomendado para o veículo.

O “W”, *Winter* (inverno) é a viscosidade do óleo quando a frio. Quanto menor esse valor, mais fácil será para o fluido percorrer o motor na ignição a frio, diminuindo as rotações do motor ao ligar, quando o óleo ainda não chegou a todas os componentes do motor.

A escolha da viscosidade é relacionada também com a temperatura ambiente a que o automóvel está sujeito. Na Figura 7 e Tabela 3 estão representadas as faixas de temperatura externa em que cada tipo de óleo é indicado.

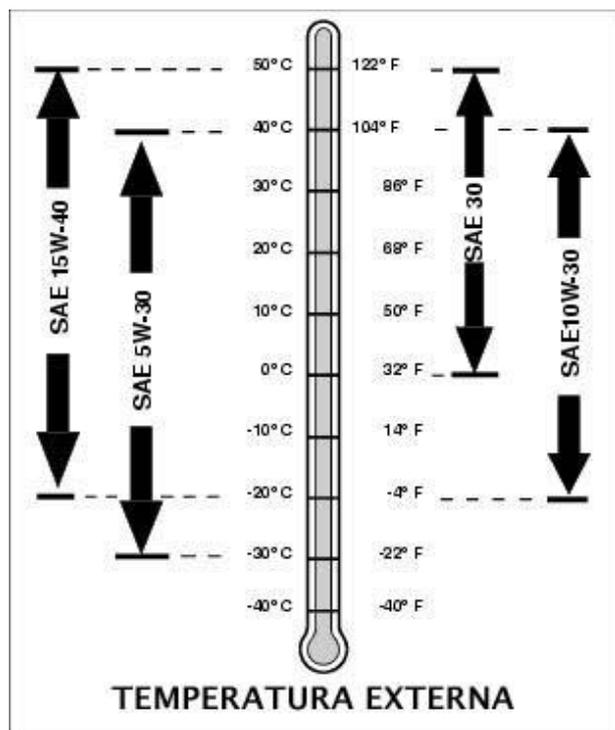


Figura 7: Graduação do óleo do motor segundo as especificações SAE, com a temperatura de funcionamento
 Fonte: Autozine.com.br

Tabela 3: Graduação do óleo segundo as especificações SAE (Temperatura e viscosidade)
 Fonte: ANP (2013).

Grau SAE	Partida a baixa Temperatura Viscosidade, cP Máx. (2)	Temperatura Limite de Bombeio Viscosidade, cP Máx. (sem tensão de escoamento) (3)	Viscosidade cSt a 100°C (4)		Viscosidade HTHS cP, a 150°C e 10 ⁶ S ⁻¹ (5)
			Mín.	Máx.	Mín.
0W	6200 a -35	60.000 a -40	3,8	-	-
5W	6600 a -30	60.000 a -35	3,8	-	-
10W	7000 a -25	60.000 a -30	4,1	-	-
15W	7000 a -20	60.000 a -25	5,6	-	-
20W	9500 a -15	60.000 a -20	5,6	-	-
25W	13000 a -10	60.000 a -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	< 12,5	2,9
40	-	-	12,5	< 16,3	2,9 (0W/40, 5W/40, 10W/40)
40	-	-	12,5	< 16,3	3,7 (15W/40, 20W/40, 25W/40)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

É recomendado que se utilize o óleo recomendado pelo fabricante. Geralmente os fabricantes recomendam vários tipos de óleo, no entanto deve ser tido em atenção a temperatura ambiente a que o automóvel vai circular:

- Para locais mais frios, com temperaturas máximas de 30°C, recomenda-se óleos com menor viscosidade, geralmente o 5W30;
- Para locais onde a temperatura é superior a 30°C recomenda-se um óleo mais viscoso, como por exemplo o 15W40;
- No entanto, e como já foi dito, são apenas exemplos e deve seguir-se o recomendado pelo fabricante.

Caso haja uma má escolha no óleo, segundo a temperatura de operação do motor, ou seja, escolher um óleo para temperaturas baixas, e usar o automóvel em ambientes quentes, pode ocorrer um desgaste rápido de todo o motor, como ilustra a Figura 8.



*Figura 8: Desgaste da colação do motor, devido à má escolha do óleo
Fonte: (Moreira, 2011)*

4.8. Manutenção do motor GPL Auto

Um motor a gasolina transformado para GPL Auto é cada vez mais comum nos dias de hoje. Com os elevados preços da gasolina, e o GPL Auto a um preço bem mais baixo, tem sido uma opção viável para muitos condutores. A manutenção de um carro a GPL Auto não é muito diferente de um carro a gasolina, apenas é preciso ter cuidado com alguns extras que o sistema acarreta.

Se o carro convertido para GPL Auto tiver alguns quilómetros, acima dos 100 mil quilómetros, é aconselhado que seja feita uma revisão aos vedantes e segmentos. Como o GPL não produz carvão, o carvão que foi acumulado pela combustão da gasolina irá ser limpo, o que pode levar ao aparecimento de fugas.

É comum nos tempos iniciais usar um aditivo à base de teflon (aditivo *PTFE - politetrafluoretileno*), um aditivo capaz de reduzir e tapar as fugas, embora não seja recomendado. Na verdade este aditivo cria uma película capaz de tapar as fugas, mas no entanto também irá criar essa película no filtro do óleo reduzindo o caudal que é vazado, e em outros componentes. Por isso é recomendado a utilização de um óleo sintético com aditivos adequados para motores GPL Auto, tendo em conta o recomendado pelo fabricante do automóvel.

Nos tempos iniciais após a instalação é sempre feito um acompanhamento do estado do carro, para uma melhor afinação. Esta afinação tem a ver com a pressão de injeção e mistura GPL + ar na câmara de combustão (estes ajustes são feitos na Centralina dedicada ao GPL Auto, ou então no carburador, para automóveis mais antigos que ainda usem este componente). Esta afinação é revista também a cada período de manutenção. Devido à descarbonização do motor, nos tempos iniciais, o óleo irá apresentar uma cor preta e com resíduos após poucos quilómetros. Por isso é recomendado que após 10 mil quilómetros desde a instalação do *kit*, seja mudado o óleo do motor.

Como o GPL Auto não produz resíduos, o óleo do motor e velas têm maior durabilidade, além de outros componentes. O óleo do motor apresenta uma duração superior em cerca de 25%, tanto nos óleos sintéticos como semissintéticos, ou seja, cerca de 25 a 50 mil quilómetros para os sintéticos, e cerca de 18 mil quilómetros para os óleos semissintéticos.

A única manutenção que deve ser feita a mais que um carro a gasolina é no próprio sistema, onde o filtro do combustível GPL deve ser trocado a cada 15 a 20 mil quilómetros. Na Tabela 4 pode ser consultado os componentes de um sistema de GPL. (AutoGas, 2015)

Tabela 4: Componentes do sistema de GPL Auto
 Fonte: (AutoGas, 2015)



<p>Redutor/Gaseificador</p> 	<p>O redutor/gaseificador tem como função transformar o GPL Auto, que está em estado líquido, em estado gasoso, para depois ser injetado no motor. Este componente também ajusta a pressão ótima para o combustível ser injetado, controlado pela Centralina. O processo de mudança de fase de líquido-gasoso do GPL Auto é auxiliado pelo sistema de arrefecimento do motor, pela temperatura da água.</p>
<p>Régua de Injeção ou Misturador</p> 	<p>Têm como principal função, dosear (misturador) e dividir (régua de injeção) corretamente a quantidade de GPL a ser injetado ou misturado, na câmara de combustão do motor. No caso de injeção, este recebe informação diretamente da Centralina de GPL, no entanto, no caso dos misturadores, é colocado antes uma válvula de modo a que a Centralina possa ajustar a quantidade de GPL que o motor precisa a cada microssegundo.</p>
<p>Filtro GPL e Eletrovalvula</p> 	<p>Filtro - Os depósitos de armazenamento de GPL, tanto o da viatura, como os dos postos de abastecimento, são feitos de aço. Ao longo do tempo vão ganhando partículas de aço e ferrugem no seu interior. Estas partículas não podem chegar ao motor, pois causariam danos graves no sistema de escape do veículo. Para evitar isto, é colocado um filtro, que deve ser trocado a cada ano ou 15.000 quilómetros.</p> <p>Electrovalvula - Tem como função, cortar a circulação de GPL proveniente do depósito, sempre que, por ordem da Centralina, ou por falta de energia elétrica, caso seja necessário.</p>

<p>Centralina GPL</p> 	<p>A Centralina GPL tem como função gerir todo o sistema de GPL, controlando todas as válvulas, calculando em paralelo com a do veículo a quantidade de combustível necessária e lendo os sensores. Este microcomputador, gere toda a informação captada, e coordena a injeção de GPL para o motor.</p> <p>Os emuladores e sensores fornecem à Centralina todas as informações necessárias do sistema, para que possam ser processados os dados.</p>
<p>Sistemas de Lubrificação GPL</p> 	<p>Tem como função administrar na admissão de ar um lubrificante, que previne o desgaste mais acentuado de componentes do motor (Cabeça do Motor, Válvulas, etc...).</p>
<p>Depósito GPL</p> 	<p>O depósito GPL é o recipiente onde é armazenado o GPL Auto, pronto a ser consumido pelo motor.</p> <p>Pode ser de forma de Pneu, onde é instalado no pneu suplente do automóvel, ou então como depósito cilíndrico, normalmente instalado na mala do veículo.</p> <p>Este não deve ser utilizado se a data do seu fabrico for superior a 10 Anos, ou seja, deve ser mudado a cada 10 anos.</p>
<p>Multiválvula</p> 	<p>A multiválvula é instalada no próprio depósito, e é responsável por limitar o enchimento a 80% da sua capacidade, abrir ou fechar a alimentação do motor, efetuar uma descarga controlada em caso de aumento de pressão interna originada por um acidente, ou por um incêndio, e ainda, controlar o abastecimento de modo a não efetuar retorno para o bocal de enchimento, contendo também um sensor que informa a Centralina do nível de GPL existente.</p>
<p>Bocal de enchimento</p> 	<p>O bocal de enchimento também é uma válvula, que permite apenas a circulação do gás num sentido. Normalmente instalado junto ao da gasolina, (como vemos na imagem) é composto por 2 peças, uma pequena fixa à viatura, e um adaptador que se coloca na altura do abastecimento.</p>
<p>Comutador</p> 	<p>O comutador é instalado no interior do veículo, e permite que o condutor possa escolher qual o combustível que quer usar. Possui normalmente 2 indicadores luminosos, que visualmente informam o estado em que o sistema de GPL se encontra, se a GPL, se a gasolina, ou ainda, se em fase de passar para GPL. Normalmente também contém outro indicador com 4 led's de cor verde e 1 vermelha, que indicam o nível de GPL no depósito.</p>

<p>Tipos de tubos que são utilizados</p> 	<p>Tubagem de água em borracha, tubagem de GPL na fase líquida em cobre e de GPL em fase gasosa em borracha. Quando é feita a revisão ao sistema de GPL, estes componentes devem ter especial atenção, pois podem surgir fugas.</p> <p>Nota: O GPL Auto tem um cheiro forte e intenso propositalmente para que seja fácil de detetar qualquer fuga.</p>
--	---

Ao longo dos quilómetros é comum o óleo do motor a GPL não alterar a sua cor, ao contrário dos motores a gasóleo e gasolina. Isto deve-se ao reduzido teor de enxofre - o GPL Auto tem um teor de enxofre de 10-20 *ppm*, enquanto a gasolina tem um teor de enxofre de cerca de 200 *ppm* e o gasóleo cerca de 350 *ppm* (embora já exista gasolina e gasóleo com baixo teor de enxofre, os conhecidos como combustíveis de performance – *Galp Gforce Diesel, Repsol e+10 Diesel, BP Ultimate*, etc., com cerca de 50 *ppm*). O enxofre é um elemento que quando na presença de água forma ácido sulfúrico (H_2SO_4), um composto altamente corrosivo. Quando o ácido sulfúrico é absorvido pelo óleo do motor, existe uma degradação acelerada do óleo, sobretudo pela neutralização de muitos aditivos, e leva também ao escurecimento do óleo ao longo do tempo. O ácido sulfúrico corrói também os componentes do motor, como podemos ver na Figura 6, um exemplo de uma válvula do motor.

Segundo o Decreto-Lei N° 235/2004 de 16 de Dezembro transpõe para o direito interno a Diretiva N° 17/CE/2003, estipula que, entre 1 de Janeiro de 2005 e 1 de Janeiro de 2009, deveriam ser disponibilizados no mercado nacional, gasolina e gasóleo com um teor máximo de enxofre de 10 *ppm*. (ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE EMPRESAS PETROLÍFERAS, 2015)

4.9. Filtro de Partículas Diesel (FAP)

O FAP é um componente do sistema de escape (obrigatório para cumprir as normas antipoluição Euro 5, desde 2010), que vem complementar o catalisador de oxidação que vinha a ser usado desde a vários anos, e que filtra as partículas nocivas resultantes da combustão do gasóleo. É um componente que ao longo do tempo tem vindo a ser cada vez mais eficiente, havendo já automóveis com filtros com uma taxa de filtragem de partículas nocivas perto dos 100%. Na Figura 9 podemos ver a evolução das normas – que já foram faladas anteriormente – a emissão de NOx e as partículas que são emitidas (PM).

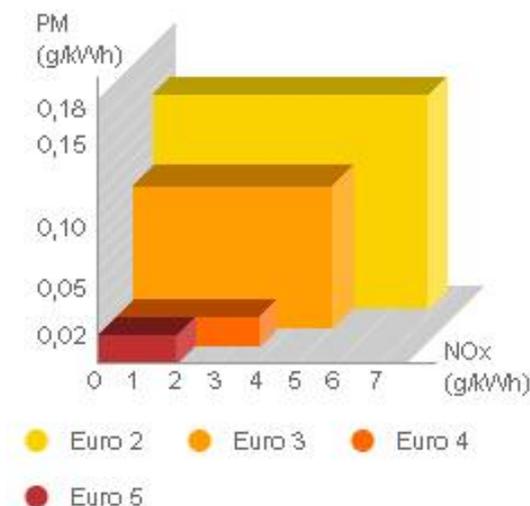


Figura 9: Limites das emissões de PM e NOx, ao longo da evolução das Normas Euro
 Fonte: (Galp Energia, 2015)

É um componente que exige manutenção periódica, deve ser feita uma limpeza a cada 100 mil quilómetros. Os FAP geralmente têm uma vida útil de 150 mil quilómetros (embora os filtros mais avançados têm uma vida útil similar à do veículo). A limpeza deve ser feita por uma oficina qualificada. Normalmente quando existem problemas associados ao FAP, o computador de bordo do automóvel dá o aviso através de uma luz no quadrante. Veículos que circulem a baixas rotações, trajetos pára-arranca e/ou curtos devem ter uma especial atenção. O automóvel a baixas rotações mais dificilmente atinge a temperatura para a máxima eficiência do FAP, que é de cerca de 1000°C.

O FAP faz a sua própria regeneração, eliminando as partículas resultantes da combustão do gasóleo que se acumulam no filtro. Esta regeneração consiste no aumento da temperatura dos gases de escape, promovendo a queima das partículas de carbono depositadas no filtro (cerca de 550 °C), transformando-as em Dióxido de Carbono. Existem dois tipos de regeneração:

- Regeneração passiva: é feita tipicamente em percursos longos que permitem que a temperatura dos gases de escape atinjam valores mais altos, e de uma forma natural queimar as partículas que estavam acumuladas no filtro;
- Regeneração ativa: quando a temperatura dos gases de escape não é suficiente para que a regeneração passiva seja iniciada, a Centralina do automóvel ativa a regeneração ativa, e em colaboração com o motor, força-o a injeções de combustível, em quantidade exata, que elevam a temperatura dos gases de escape para a temperatura ideal de funcionamento do FAP, cerca de 1000°C, iniciando desta forma o processo de regeneração do FAP. Estas injeções de

combustível são feitas quando o motor se encontra na fase de expansão. O combustível excedente que não é queimado na câmara de combustão, resultante da pós-injeção, entra em combustão no catalisador, fazendo a temperatura subir para o nível ideal. A regeneração ativa é feita automaticamente pelo automóvel a cada 400 a 800 quilômetros, variando de marca para marca. É importante também que o automóvel circule com o depósito de combustível a mais de $\frac{1}{4}$ do seu volume. Isto porque abaixo deste nível, o automóvel não faz as regenerações automáticas. Na Figura 10 está representado um esquema do funcionamento do FAP. (Manavella, 2015)

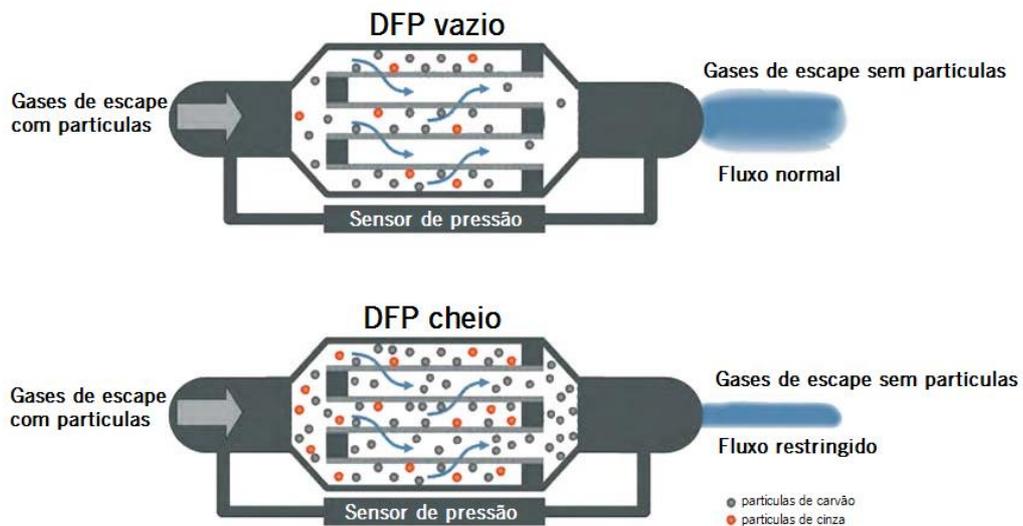


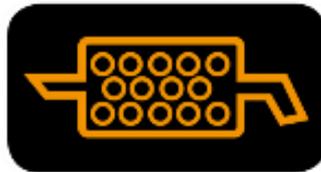
Figura 10: Funcionamento do FAP
(JSAutomotive, 2015)

Existe um problema associado ao mau estado do FAP, durante a regeneração ativa. Quando a regeneração ativa não é feita corretamente, com o gasóleo excedente que é injetado na câmara de combustão, para o circuito do óleo do motor, aumentando o nível. É injetado mais gasóleo para a câmara de combustão, e quando em excesso, algum desse combustível não é queimado e através dos segmentos, passa gasóleo para o sistema de óleo do motor. Em casos extremos, quando o nível de gasóleo + óleo do motor é muito elevado, podem surgir problemas graves no motor, devido à pressão criada.

Nos automóveis do grupo *PSA (Peugeot, Citroen, Ford e Fiat)* e *Volkswagen*, a regeneração ativa não se processa do mesmo modo: não há injeção de gasóleo para que a temperatura se eleve, o sistema está equipado com um reservatório de um fluido - *Eolys* para o grupo *PSA* e *Adblue*

para o grupo *Volkswagen*, que ajuda a limpar as partículas acumuladas no catalisador de NOx, com a injeção adicional de gásóleo também. Nestes automóveis, geralmente, os filtros de partículas ficam posicionados mais longe do motor e por isso a sua temperatura de funcionamento é menor, daí o uso destes fluidos aditivos que baixam o ponto de ignição das partículas em cerca de 150°C, e assim favorecem a sua rápida combustão.

Em média este fluido do filtro de partículas necessita de ser reabastecido a cada 80 mil quilómetros, mas dependendo muito do tipo de utilização do automóvel. Como foi descrito anteriormente, a regeneração ativa é apenas feita quando a regeneração passiva não acontece. É um fluido que não precisa de ser mudado, apenas reabastecido, porque é um consumível, vai-se gastando ao longo do tempo, a cada regeneração ativa. Nos automóveis que utilizam este fluido, quando é necessário reabastecer o depósito, o computador de bordo dá um aviso ao condutor, através de uma luz no quadrante – Figura 11.



*Figura 11: Luz de aviso para reabastecimento de fluido do FAP
(Envirox, 2015)*

5 - SISTEMA DE TRAVAGEM DE UM AUTOMÓVEL

O sistema de travagem de um veículo é um dos sistemas mais importantes na segurança de um veículo. Os travões podem ser de tambor ou de disco, e podem usar ou não um servofreio. Na Tabela 5 abaixo estão descritos alguns dos componentes mais importantes neste sistema.

Tabela 5: Componentes do sistema de travagem de um automóvel

<p>Pedal do travão</p> 	<p>Elemento onde o condutor pressiona, fazendo a travagem do automóvel.</p>
<p>Bomba principal dos travões</p> 	<p>Responsável pela conversão da força mecânica gerada pelo pedal, em força que irá gerar a travagem. É na bomba principal de travagem que é adicionado mais óleo ao sistema.</p>
<p>Repartidor da travagem</p> 	<p>Componente do sistema de travagem que reparte o esforço de travagem pelo trem dianteiro e traseiro conforme a distribuição de peso no veículo.</p>
<p>Bomba dos travões da roda (Bombitos)</p> 	<p>É aqui que é recebida a pressão criada pela bomba principal dos travões e atua sobre as pinças/maxilas do sistema de travagem</p>
<p>Servofreio</p> 	<p>Elemento que facilita a ação de travagem, permitindo que para uma certa força de travagem, o condutor tenha de desenvolver um menor esforço sobre o pedal de travão.</p> <p>O princípio de funcionamento de funcionamento normal dos servofreios é por diferença de pressão de ar, que pode ser uma fonte de vácuo ou uma fonte de ar comprimido.</p>

<p>Calços</p> 	<p>Utilizado nos travões de disco. Quando o condutor trava, estes apertam o disco, criando fricção, reduzindo a velocidade nas rodas.</p>
<p>Pinças</p> 	<p>Elemento onde estão acoplados os calços, em sistemas travagem de disco.</p>

Basicamente o funcionamento de um sistema de travagem hidráulico é o seguinte: o condutor ao premir o pedal de travão vai fazer atuar na bomba de óleo, criando pressão através do óleo. Nesta fase, essa pressão é distribuída para o eixo traseiro e frontal, através do repartidor. Para cada roda existe uma bomba de óleo, mais conhecido como bombito, que transfere essa pressão da bomba principal de óleo para o sistema de travagem, os tambores ou disco. Nos sistemas com servofreio, este está acoplado à bomba principal do óleo.

O efeito básico do sistema hidráulico de travões baseia-se na aplicação da lei de Pascal que diz que a pressão que atua sobre um líquido dentro de um recipiente é propagada uniformemente em todos os sentidos.

Assim, como se vê na Figura 12, o pistão intermédio (2) submete o líquido a uma carga, dependendo da força atuada sobre o pedal de travão. Em cada um dos pistões (1), atua assim a mesma força a que é submetido o pistão intermedio (2).

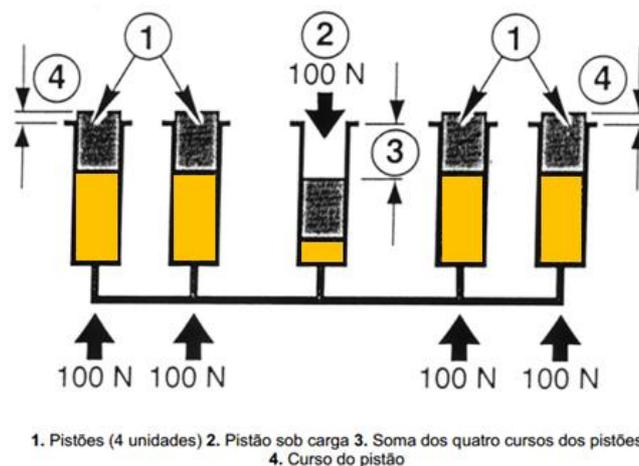
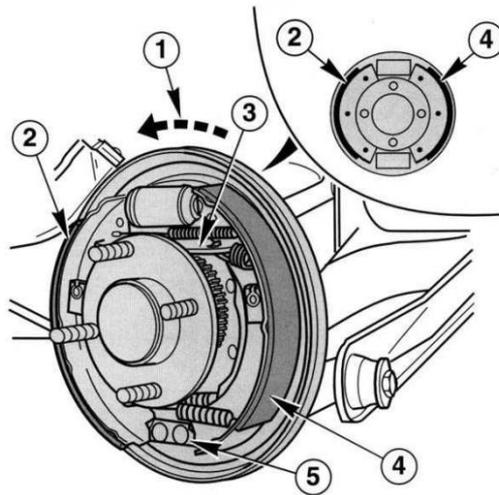


Figura 12:Funcionamento do Sistema hidráulico, durante uma travagem

5.1. Travões de tambor

Os travões de tambor é um tipo de travão que atua por fricção, onde as forças são aplicadas na superfície interna de um tambor que está acoplado à roda. Este tipo de sistemas é constituído por um tambor, unido ao cubo da roda através de parafusos e por sua vez, à jante da roda. O tambor em alguns casos tem alhetas ou nervuras que melhoram a sua rigidez e facilitam o arrefecimento. Na Figura 13 está representado um esquema.



1. Sentido de rotação em frente 2. Calço dianteiro 3. Dispositivo de regulação automática 4. Calço traseiro 5. Maxila do travão

Figura 13: Componentes de um sistema de travagem de tambor

Quando o automóvel está em andamento, o tambor gira conjuntamente com a roda. O condutor quando pressiona o pedal de travão vai fazer a bomba auxiliar atuar, através do circuito hidráulico, que empurra as maxilas contra a superfície interna do tambor. A força de travagem resultante é proveniente da fricção entre os calços da maxila e a superfície interna do tambor. Quando o condutor alivia o pedal de travão, o circuito hidráulico perde pressão e as molas de recuperação colocam de novo as maxilas no estado de repouso.

5.2. Travões de disco

No final dos anos 50 foram introduzidos na indústria automóvel os travões de disco, que acabaram por substituir os travões de tambor, apresentando ser uma opção mais viável, mais barata e com menos manutenção – Figura 14.



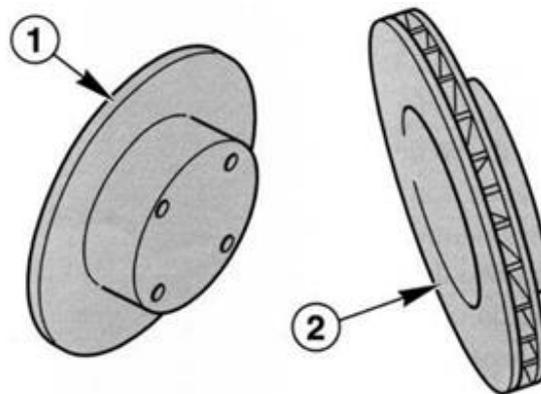
Figura 14: Travões de pinças e calços

Fonte: (Yorks Of Houlton, 2014)

Nos travões de disco, o calor gerado durante uma travagem é mais facilmente dissipado, do que nos travões de tambor. Estes são mais ventilados e a dilatação do disco devido à temperatura ajuda ainda mais à eficácia de travagem.

Os travões de disco são constituídos essencialmente por um disco fixo no cubo da roda e uma pinça onde se alojam as pastilhas que se comprimem contra o disco, gerando fricção e efetuando a travagem.

Existem 2 tipos de discos: maciços, que são os mais utilizados para satisfazerem as exigências de travagens mais comuns e os discos ventilados, geralmente instalados em automóveis com grandes solicitações de travagem, ou seja, automóveis mais potentes - Figura 15. Estes dispõem de condutas de ar no seu interior e criam um efeito de ventilação e conseqüente arrefecimento.



- 1 - Disco de travão maciço
- 2 - Disco de travão ventilado

Figura 15: Discos de travões ventilados e não ventilados

Fonte: (Yorks Of Houlton, 2014)

5.2.1 Bomba de travões principal

A bomba de travões principal tem como função primária proporcionar a devida pressão de funcionamento ao circuito para o óleo poder atuar os êmbolos dos travões e, ainda, a de diminuir instantaneamente a pressão no circuito ao soltar o pedal de travão.

As bombas de travões hoje mais utilizadas possuem circuitos e depósitos independentes para assegurar a travagem do veículo no caso de falha de um dos circuitos. No caso de as bombas apenas possuírem um circuito, caso haja uma fuga de óleo, a travagem através do pedal de travão fica comprometida. Com circuitos independentes, no caso de falha de um dos circuitos, o outro assegura a travagem, embora não sendo tão eficaz.

Na Figura 16 está representado um esquema de uma bomba de travão de circuito único. Em repouso, o orifício de dilatação está aberto e a biela (3) não está em contacto com o pistão, entre o extremo da biela (3) e do pistão (2) deve existir um espaço livre (a). Quando o condutor aciona o pedal, a biela entra em contacto com o pistão empurrando-o para a esquerda. O curso morto dura até ao momento em que o orifício (6) é fechado. Continuando o seu movimento para a esquerda, o pistão pressiona o óleo nas tubagens que vai deslocar os êmbolos das bombas das rodas, os bombitos, através da válvula (8). Durante o movimento de aproximação, a pressão em (A) é ligeiramente superior à tensão da mola (9). Quando os calços entram em contacto com os discos ou com os tambores, a pressão aumenta e é exercida a força de travagem.

Quando o condutor tira o pé do pedal do travão, o pistão da bomba volta imediatamente para a sua posição de repouso devido à ação da mola (9). Cria-se uma depressão no compartimento (A), devido à passagem pelos orifícios do pistão e à sua volta, de uma parte do óleo contido no compartimento (B). No final do curso, o orifício (6) fica descoberto. A mola está regulada de maneira a provocar nas canalizações uma pressão residual na ordem dos 0,7 a 0,9 bar, com a finalidade de evitar qualquer entrada de ar no sistema de travagem.

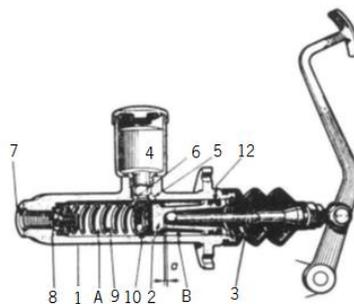


Figura 16: Sistema hidráulico de um sistema de travagem de um circuito.

5.2.2 Bomba principal de travão de dois circuitos

Este tipo de bomba permite acionar um dos circuitos de travagem, em caso de avaria de outro, garantindo a travagem da viatura. São os sistemas mais usados desde a alguns anos nos automóveis.

Na posição de repouso, a bomba principal de travão de dois circuitos, Figura 17, o óleo encontra-se distribuído entre os orifícios de compensação, os orifícios de retorno e as camaras de pressão. Nesta posição o óleo dos travões não se encontra sobre pressão.

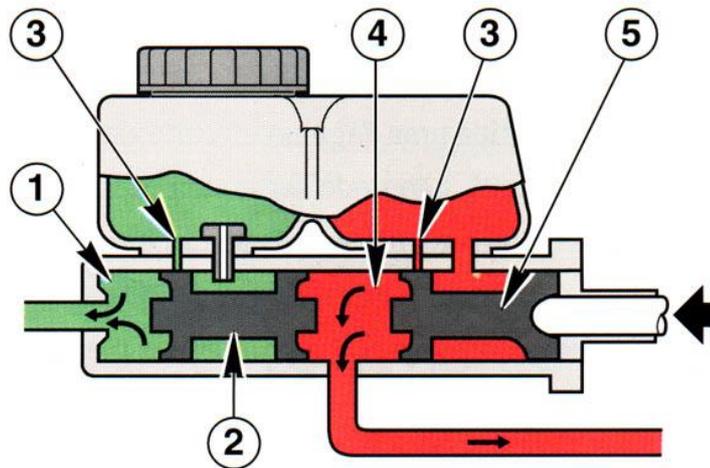


Figura 17:Funcionamento da Bomba do sistema de travagem

Fonte: <http://supermoto-portugal.motionforum.net/t6466-sistema-de-travagem-hidraulico-funcionamento-e-componentes>

Quando o pedal do travão é atuado pelo condutor, a biela do pistão é deslocada no sentido do pistão intermedio. O retentor principal passa pelo orifício de compensação e fecha a camara de pressão do circuito de travões (1), ficando assim o óleo sob pressão.

Essa pressão a que o óleo fica sujeito, atua sobre o pistão intermedio e empurra-o para a direita. O retentor principal do pistão intermedio, depois de passar pelo orifício de compensação, é estabelecida a mesma relação de pressão em ambas as câmaras de pressão.

5.2.3 Bombas dos travões das rodas

A função das bombas dos travões das rodas, mais conhecidas como bombitos, é transmitir às maxilas dos travões a pressão criada na bomba principal do travão. Podem ser bombas simples ou de duplo efeito. As bombas de travões das rodas simples são usados em alguns tipos de travões de tambor e travões de disco, estando incorporados nas pinças. No caso dos travões de tambor, principalmente para as rodas traseiras, são usados quase exclusivamente as de duplo efeito.

As bombas dos travões das rodas de duplo – Figura 18 - efeito são compostas por dois pistões opostos (1), podendo ser de diâmetros iguais ou diferentes. A estanquicidade consegue-se através de retentores (2) aplicados contra os pistões devido ao efeito da mola (3). Na parte superior do cilindro encontra-se um orifício (4) que permite evacuar o ar especialmente depois do enchimento do circuito de travões.

Durante a travagem, o óleo injetado pela bomba principal para as bombas das rodas provoca a separação dos pistões, que por sua vez vão atuar sobre os calços dos travões através da peça (5). As extremidades do cilindro estão protegidas com borrachas (6).

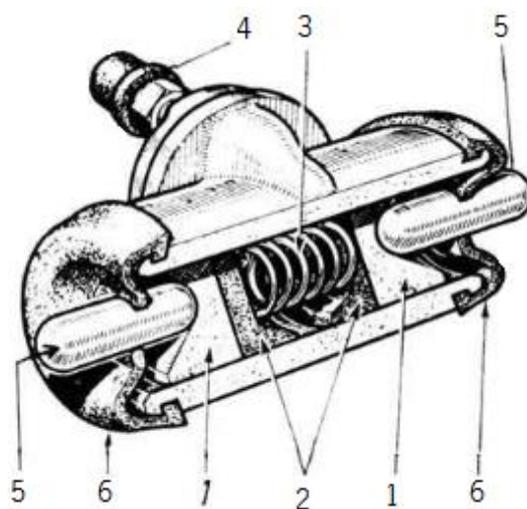


Figura 18: Bomba dos travões das rodas, ou Bombitos

5.3. Óleo de travões

O fluido de travões é geralmente motivo de pouca atenção pelos condutores de automóveis no que toca à sua manutenção. Mas a atenção sobre este sistema deve ser periódica, caso haja uma falha durante uma travagem, pode facilmente ocorrer um acidente. O fluido de travões é uma mistura de químicos orgânicos e sintéticos que transmitem pressão hidráulica do pedal de travão para o mecanismo de travagem das rodas – às maxilas ou aos tambores, dependendo do tipo de sistema. Para que ocorra uma travagem em segurança, o fluido não pode ser compressível, ou seja, não pode diminuir o seu volume quando submetido a pressão. Mas existem bastantes fatores que diminuem a eficiência da travagem, sendo a presença de água e de cobre no sistema os fatores mais problemáticos. O fluido de travões deve cumprir os seguintes requisitos:

- Ponto de ebulição: O calor gerado pela travagem pode atingir os 700°C, com os discos atingindo a incandescência. Este calor é transferido para o fluido através das pinças, que mesmo não estando a tanta temperatura como os discos, estão a temperaturas altíssimas. Caso o fluido dos travões atingisse o ponto de ebulição, iria tornar-se compressível, impossibilitando uma travagem segura (muito provavelmente a travagem seria mínima ou quase nula). Assim, o ponto de ebulição de um fluido de travões é de cerca de 200°C, dependendo da classe DOT do fluido.
- Viscosidade: o fluido dos travões não deve alterar a sua viscosidade com a temperatura, não deve ficar mais fino a altas temperaturas, nem mais viscoso a baixas temperaturas.
- Lubrificante: deve ser capaz de lubrificar as peças móveis presentes no sistema de travagem durante um longo período.
- Não-corrosivo: deve ser capaz de proteger da corrosão os vários metais e ligas do sistema de travagem.
- Compatível com a borracha: como no sistema de travagem existem componentes de borracha, o fluido não deve causar aumento nem diminuição do volume da borracha, fazendo com que se degrade e hajam fugas.
- Estável: o fluido deve manter estável todas as propriedades mencionadas ao longo do seu tempo de vida.

O tempo de vida do fluido de travões é limitado. Não só devido à absorção de humidade, mas também porque os aditivos inibidores de corrosão e inibidores se degradam ao longo do tempo, além de partículas de desgaste dos componentes, que podem ser metal ou borracha. Geralmente os fabricantes de automóveis recomendam que o fluido dos travões deve ser mudado em intervalos de 12 a 24 meses. Este intervalo de tempo depende do tipo de clima do local onde o automóvel é usado: para ambientes mais húmidos e frios (o frio faz com que haja condensação da água), o fluido deve ser mudado no mínimo período de 12 meses. A humidade, como está descrito nos próximos capítulos, é um dos principais fatores de degradação do fluido.

Atualmente o fluido de travões é composto por uma base química de éter de glicol, ésteres de borato e poliglicóis e aditivos que melhoram as propriedades necessárias para um bom e prolongado funcionamento. Hoje em dia a base química do fluido é totalmente sintética, e não deve ser misturado com fluidos de origem mineral.

Éter de glicol: é um composto orgânico, de cor clara, higroscópico e sem odor, miscível com a água.

Ésteres de Borato são compostos orgânicos, basicamente um óleo vegetal que contém borato.

Poliglicól é um tipo de óleo de base sintética usado em lubrificantes, derivados do etileno hidrocarbonetos, ou de propileno. Distinguem-se principalmente pelo seu excelente comportamento de viscosidade-temperatura e um baixo coeficiente de atrito.

Ao longo do tempo os sistemas de travagem têm vindo a ser cada vez mais eficientes e avançados, com discos maiores e capazes de maior força de travagem, ABS, sistemas de redução de temperatura dos discos, além de cada vez mais existirem, sobretudo na Europa, de veículos com caixa de velocidades automática. Isto é um fator a ter em conta, pois com o uso deste tipo de transmissão não há tanta redução da velocidade com o motor e havendo mais travagens. Com tudo isto, o fluido dos travões também foi forçado a evoluir, para pontos de ebulição mais elevados.

As propriedades do fluido de travões são controladas na Europa pela ISO 4925 e globalmente pela SAE J1703. Os fluidos estão classificados por classes DOT. A diferença destas classes está no ponto de ebulição, sendo que os fluidos de DOT 3 e 4 são fluidos à base de glicol e os DOT 5 à base de silicone. Na Tabela 6 pode ver-se os vários DOT e caracterização do ponto de ebulição, *wet boiling point*, e viscosidade.

Tabela 6: Classes DOT de fluidos de travões e as suas propriedades. O wet boiling point refere-se ao ponto de ebulição em serviço, ou seja, equivale ao ponto de ebulição esperado após 2 anos de uso, quando as percentagens de água no fluido são cerca de 2%. (Kew Engineering, 2015)

Classe	Ponto ebulição °C, min	<i>Wet boiling point</i> °C, mín.	Viscosidade @ -40°C, max.
DOT 3	205	140	1500
DOT 4	230	155	1800
DOT 5	260	180	900
SAE J1703	205	140	1800
ISO 4925	205	140	1500

Existem dois tipos de base na composição de um fluido de travões: o glicol (DOT 3, DOT 4 e DOT 5) e os fluidos à base de silicone (DOT 5). Existem também fluidos de origem mineral, LHM, mas estão obsoletos no mercado.

Como dito anteriormente, os fluidos de travões DOT 3 e DOT 4 são à base de glicol. No entanto o DOT 4 tem ésteres de borato, que o DOT 3 não tem. Os DOT 5, como já foi referido anteriormente, são à base de silicone. As classes DOT representam apenas as especificações determinadas. Com isto

não quer dizer que um fluido de classe DOT 3 não possa ter esteres de borato, que dizer que está de acordo e pode ser aplicado a automóveis onde o fabricante recomendou o DOT 3.

O fluido de travões é um fluido neutro-alcálico, ou seja, o seu pH varia desde o pH=7.0 até pH=11,5. Com o tempo e desgaste o pH tende a tornar-se ácido, promovendo a corrosão, sendo retardado por aditivos.

(Kew Engineering, 2015)

5.4. Óleo de travões à base de Glicol

Os óleos de travões à base de Glicol, DOT 3 e DOT 4 caracterizam-se por serem higroscópicos, ou seja, absorvem e misturam-se com a água. Teoricamente são melhores que os fluidos à base de silicone porque são mais resistentes à compressão, no entanto, com a absorção da água, o ponto de ebulição é reduzido, perdendo as suas propriedades que o fazem ser compressível.

Contêm cerca de 0,2% de peróxido de benzoilo (*diphenylperoxyanhydride*) e 5% de água destilada (os minerais iriam acelerar o processo de degradação do fluido). Os fluidos à base de silicone contêm cerca do dobro do peróxido de benzoilo, 0,4%, e 6,2. A presença deste elemento é proporcional à resistência à oxidação do óleo.

(Kew Engineering, 2015)

5.4.1 Presença de água no óleo de travões à base de Glicol

O fenómeno da higroscopicidade dos fluidos à base de Glicol reduz substancialmente a eficiência da travagem, especialmente no ponto de ebulição do fluido e viscosidade, além da acelerada corrosão do sistema. Na Figura 19 abaixo pode ver-se a variação do ponto de ebulição, com a percentagem de água no sistema, para as classes DOT3, DOT4 e DOT5.1 – fluidos com base de silicone.

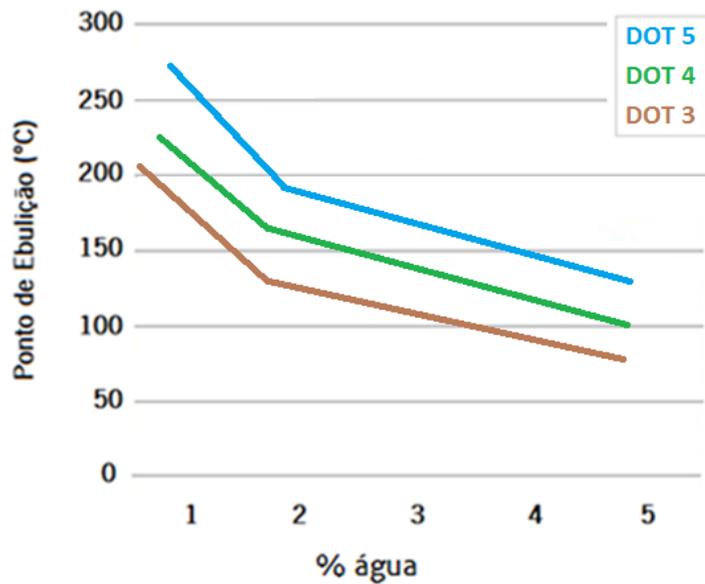


Figura 19: Variação do ponto de ebulição, com a percentagem de água no sistema, para as classes DOT3, DOT4 e DOT5

Fonte: (Kew Engineering, 2015)

Qualquer sistema de travagem requer um fluido incompressível para que quando o pedal de travagem é pressionado, haja uma travagem, através do sistema hidráulico que transfere essa pressão às pinças ou tambores das rodas. Se existir humidade ou água no sistema, essa transmissão de pressão é reduzida ou pode até falhar completamente. Existe um problema comum chamado de bloqueio por vapor, que afeta bastantes veículos atualmente em circulação nas estradas em todo o mundo, pelo descarte de manutenção ao sistema de travagem. Mais à frente este problema será melhor explicado.

A presença de uma pequena quantidade de água, além da redução da eficiência na compressão do fluido, provoca também corrosão dos metais envolvidos, criando fugas no sistema. Geralmente o local onde é mais propício para a contaminação do sistema é nas borrachas das mangueiras e pelo reservatório. (Kew Engineering, 2015)

5.4.2. Como é que a água entra no sistema?

A contaminação do fluido de travões com água na grande maioria dos casos é feita pela tampa do reservatório ou pela ação da condensação da parte da tubagem acima do nível do fluido no sistema hidráulico. Até mesmo quando a tampa do reservatório permanece aberta durante bastante tempo, é o suficiente para que uma quantidade considerável de humidade contamine o fluido.

Pelas tubagens de borracha também existe penetração de moléculas de água, através dos poros microscópicos. Atualmente algumas destas mangueiras já têm forros capazes de evitar essa incursão de água. De menor escala, pode também haver contaminação através das pinças e juntas das bombas dos travões. (Kew Engineering, 2015)

5.4.3. Onde se deposita a água?

Uma vez em contacto com o fluido dos travões, a água dispersa-se pelo sistema. Esta ação é benéfica, caso a água se concentrasse em um só local, iria aumentar e acelerar a corrosão nesse local, além dos problemas de compressibilidade quando feita uma travagem.

5.4.4. Como prevenir a contaminação?

Nos fluidos à base de glicol, a contaminação do fluido de travões com água é um fenómeno impossível de controlar, podendo apenas ser retardado. Os fabricantes deste fluido adicionam aditivos químicos que fazem com que o fluido seja «um pouco higroscópico», ou seja, com que a quantidade de água se disperse por todo o fluido de travões, minimizando os problemas que podem surgir pela contaminação.

(Kew Engineering, 2015)

5.4.5 Quantidade de água

Em média, um fluido de travões absorve cerca de 1%, ou mais, de humidade por ano de vida útil do veículo. Em casos extremos, o teor de água pode atingir os 7 ou 8%, sendo este um valor de sério risco para a segurança do veículo. Os fabricantes recomendam a mudança a cada 2 anos, traduzindo-se em 2 a 3% de humidade no fluido de travões.

(Kew Engineering, 2015)

5.4.6 Efeito no ponto de ebulição

Como já foi dito anteriormente, a contaminação da água reduz significativamente o ponto de ebulição do fluido de travões. Com apenas 1% de água o ponto de ebulição, para os DOT 3, baixa para cerca de 160°C, com 2% para 140°C e com 3% para 137°C, o que já é um valor crítico, muito próximo dos requisitos mínimos do DOT.

Como vemos pela Figura 20, os valores da redução do ponto de ebulição não são lineares ao longo do tempo, durante os 12 primeiros meses é mais significativo. Traduzindo em percentagens, 76% da queda do ponto de ebulição aconteceu nesse período.

Estes valores são meramente indicativos. A taxa de absorção depende bastante do fluido utilizado, o seu fabricante, a sua exposição à atmosfera, o clima, entre outros fatores. (Kew Engineering, 2015)

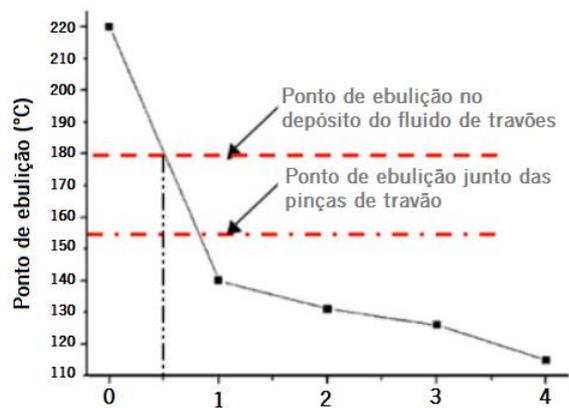


Figura 20: Ponto de ebulição no depósito do fluido e junto das pinças de travão
Fonte: (Kew Engineering, 2015)

5.4.7 Um ponto de ebulição baixo representa um problema?

A redução dos valores do ponto de ebulição do fluido dos travões não será um problema se o fluido não aquecer demasiado. Isto depende sobretudo do calor gerado pelas pinças e bomba dos travões. Se a travagem requerer pouco esforço, pouco calor será gerado, e pouco desse calor irá afetar a temperatura do fluido de travões.

As pinças do travão podem facilmente atingir temperaturas de 150°C-200°C, caso submetido a uma travagem a velocidade elevada. É recomendado que o fluido de travões suporte, estavelmente, temperaturas de 170°C. (Kew Engineering, 2015)

5.4.8 Quantos automóveis estarão dentro das normas de segurança?

Um estudo desenvolvido pela *Technischer Überwachungsverein*, (organização alemã que valida a segurança de produtos), concluiu que cerca de 60% dos veículos têm um teor de água acima de 4%, o que reduz o ponto de ebulição para cerca de 100°C, o que é um valor de alto risco.

(Kew Engineering, 2015)

5.4.9 Corrosão do sistema com a presença de água no fluido de travões

A redução do ponto de ebulição do fluido de travões, pela presença de água, traz também outro problema: a corrosão do sistema hidráulico. A corrosão apesar de lenta, em casos extremos pode causar falhas no sistema de travagem. Geralmente, após 1 ano de uso, um veículo que utilize um

fluido de travões do tipo DOT 3, e os DOT 4 apresentam 2-3% de água no sistema. Com estas percentagens de presença de água o ponto de ebulição do fluido diminui a cerca de 40%, o que pode causar sérios riscos à segurança na travagem. Por isso, o fluido de travões deve ser mudado em períodos máximos de 1 ano.

Como ao longo do tempo a presença de água no sistema é crescente, podem surgir problemas de corrosão nos tubos dos travões, bomba dos travões e nas pinças. Geralmente os vedantes do sistema começam a deteriorar-se o que leva a fugas do fluido, gripagem das bombas de travões e acumulação de lixo com o fluido.

A corrosão é um fenómeno onde, neste caso, um metal não se encontra no seu estado atómico mais estável, e em contacto com o oxigénio oxida para ganhar essa estabilidade. Assim, forma-se uma pequena camada de óxido no metal, comumente chamada de “ferrugem”. Este processo é acelerado pelo calor e por alguns ácidos presentes no fluido de travões. A presença de água (H₂O) no fluido de travões irá expor o metal a mais oxigénio, o que leva a uma corrosão mais acelerada. Alguns fabricantes de fluido de travões adicionam aditivos capazes de neutralizar alguns ácidos através da adição de produtos alcalinos – pH do fluido é de 7 a 11,5. Também adicionam produtos aditivos capazes de criar uma barreira entre o fluido e o metal, retardando o processo de corrosão.

Os metais como o aço e o ferro são cobertos por uma película de zinco, que sofre menos corrosão que os dois metais anteriores. Quando esta proteção de zinco se esgota, os metais ficam expostos ao oxigénio do sistema, acelerando abruptamente o processo de corrosão. Nos elementos de cobre e ferro, tal como a proteção de zinco, o ferro irá ser primeiro corroído do que o cobre – o cobre é mais estável que o ferro. Mas quando esta proteção de ferro termina, irá ser o cobre a ser corroído, espalhando partículas pelo fluido de travões. O maior problema está no cobre dissolvido no líquido de travões, ele irá corroer todos os outros metais presentes no sistema. Os aditivos inibidores de corrosão presentes no fluido de travões não protegem contra este fenómeno do cobre, que não necessita de oxigénio nem de ácido para corroer os outros metais. Assim, a presença de cobre no fluido acelera bastante a corrosão de todo o sistema. Em cerca de 2 anos e meio os aditivos inibidores de corrosão baixam a sua eficiência para apenas 10%.

O cobre está presente na superfície interior dos tubos dos travões. Este circuito num automóvel ligeiro é de cerca de 14m de tubagem (contando com a tubagem de borracha junto das rodas), para cerca de 0,9 L de fluido (além de que as soldas da tubagem são feitas com cobre). O fluido de travões é exposto a cerca de 0,12m² de cobre, o que para fluidos do tipo DOT 3 pode resultar em excesso de iões de cobre para o volume de fluido.

O teor de cobre presente no fluido de travões não varia apenas com a sua idade, mas também com o tipo de condução. Para conduções mais severas, como já falado anteriormente, onde há um uso frequente do sistema de travagem, é normal haver um maior desgaste do fluido e dos seus componentes, desgaste dos aditivos do fluido, especialmente dos aditivos anti corrosão, havendo uma maior concentração de cobre.

A SAE indica que após 30 meses de serviço, geralmente, um veículo apresenta cerca de 150 a 300ppm, sendo que o recomendado para que seja feita uma mudança do fluido é quando o teor de cobre é superior a 200ppm.

(Kew Engineering, 2015)

5.5 Óleo de travões à base de silicone

Os óleos à base de silicone, classificados como DOT 5, e seus sucessores 5.x, têm na sua base um polímero chamado de *polidimetilsiloxano (PDMS)*. Este material polimérico, mais conhecido como silicone, é destinado para utilizações mais intensas do sistema de travagem, usado sobretudo na competição automóvel. Tem uma aparência diferente das outras classes de fluido de travões, uma tonalidade roxa, para fácil identificação. Este tipo de fluido é compatível com qualquer tipo de sistema de travões, no entanto, deve haver uma especial atenção quando se deseja mudar, o fluido anterior deve ser totalmente drenado, pois este fluido à base de silicone não se mistura com o fluido de travões à base de glicol. Caso haja uma drenagem ineficiente e estes dois fluidos se misturem, pode haver uma transferência de aditivos resultando num desempenho reduzido na travagem.

Os fluidos de travões DOT 5 apresentam as seguintes vantagens:

- Um ponto de ebulição mais elevado dos restantes fluidos DOT, cerca de 260°;
- É de fácil manuseamento, não apresenta riscos caso se verta sobre qualquer superfície, são inertes e não corrosivos (mesmo assim requer algum cuidado quando em contato com a pele);
- Não é higroscópico;
- Tem um tempo de vida útil superior em cerca de 3 vezes;
- Tem um índice de viscosidade elevado, dando uma sensação constante de pressão no pedal, independentemente da temperatura, ou seja, têm pouca variação de viscosidade.

As desvantagens são:

- É inadequado para sistemas *ABS*;
- Não é, ainda, aprovado por fabricantes de automóveis;
- Como é higroscópico, a água vai depositar-se nos bomba dos travões do sistema de travagem, que leva a uma maior deterioração deste componente;
- Como este tipo de fluido tem sílica na sua composição, e esta é inflamável na presença de fogo e oxigénio, pode ser um problema, caso os discos de travões estejam incandescentes e vaze algum fluido para estes. Mas esta situação é muito pouco provável que aconteça, não deve ser apresentada como uma preocupação;
- Tem uma maior tendência para ocorrer fugas no sistema.

Como os fluidos de travões DOT 5 têm um índice de viscosidade mais elevado, a compressão do fluido será menor, e recomenda-se que a bomba dos travões mestre do sistema de travagem seja substituído por um de maior tamanho possível, para prevenir que durante as travagens o pedal de travão tenha um curso demasiado grande.

(Kew Engineering, 2015)

5.5.1 Absorção de água

Ao contrário dos fluidos à base de glicol, os fluidos à base de silicone não são higroscópicos, são hidrofóbicos portanto. Existe, de facto uma absorção de água da humidade, (cerca de 0,0028%), mas este valor não é significativo.

Como estes fluidos não se misturam com a água, esta tende a acumular-se nas partes mais baixas das tubagens. Esta resistência à absorção de água é uma grande vantagem para veículos que são utilizados apenas sazonalmente.

(Kew Engineering, 2015)

5.5.2 Compressibilidade

Devido ao ar dissolvido, os fluidos à base de silicone são cerca de três vezes mais compressíveis do que os fluidos com base de glicol. Isto traduz-se num pedal de travão mais “esponjoso”, com sensação de travagem mais linear.

5.6 Óleos de travões de origem mineral LHM

Antigamente, fabricantes de automóveis como a *Citroen* e a *Rolls Royce* usaram em alguns dos seus modelos um sistema que partilhava o sistema hidráulico da suspensão e dos travões, chamada de suspensão hidropneumática. Este sistema usava óleo mineral (LHM - Fluido Hidráulico Mineral). Este sistema estava equipado com componentes especiais de borracha compatíveis com os produtos petrolíferos de onde era extraído o fluido para o sistema hidráulico.

Estes sistemas não são compatíveis com os atuais fluidos sintéticos.

(Kew Engineering, 2015)

5.7 Bloqueio dos travões por vapor

Durante a travagem, é gerado uma grande quantidade de calor. O fluido de travões, além de transmitir a pressão hidráulica do pedal do travão para o mecanismo de travagem, também ajuda a dissipar esta energia gerada sob a forma de calor. O fluido de travões, como já vimos anteriormente, tem um ponto de ebulição bastante superior ao da água, mas quando no circuito hidráulica existe água, este ponto de ebulição baixa bastante.

Assim, quando o calor gerado é suficiente para que a água existente no circuito hidráulico se evapore, geram-se bolhas gasosas. Como este vapor de água é mais compressível que o líquido dos travões, é provável que o condutor ao pressionar o pedal de travão não sinta pressão, o que resulta numa perda total da força de travagem - a este fenómeno é o chamado bloqueio por vapor.

Assim, para que este problema, e outros, sejam evitados, a escolha do fluido de travões deve ser um ponto a ter em atenção. Geralmente o fabricante do automóvel recomenda um fluido de travões específico, que deve ser respeitada.

6 - CAIXA DE VELOCIDADES

A caixa de velocidades de um automóvel é o elemento que permite desmultiplicar a rotação do motor para as rodas. Podem ser manuais, onde o condutor é responsável e tem o controlo na mudança da velocidade engrenada, ou podem ser automáticas, onde o automóvel automaticamente muda a velocidade da caixa. A grande diferença na condução entre um automóvel com caixa manual e caixa automática está na ausência do pedal de embraiagem nas automáticas (sendo esta também controlada pelo automóvel).

6.1 Caixa de velocidades manual

De uma forma geral e simplificada, quanto maior a rotação do motor em relação à rotação do eixo, maior será a força e, quanto menor a rotação do motor em relação à rotação do eixo, maior será a velocidade. Note-se que o eixo não gira à mesma rotação nem da cambota, nem da saída do diferencial (semieixos). Assim, a cada velocidade da caixa a proporção rotação do motor/rotação do eixo varia solidariamente – como ilustrado na Figura 21.

Geralmente as caixas de velocidades são compostas por 3 séries de carretos:

- Veio principal, que recebe a rotação do volante do motor, por intermédio da embraiagem;
- Veio intermédio, que recebe a rotação do veio principal e passa ao veio secundário as respetivas mudanças;
- Veio secundário, que fornece ao eixo a rotação que é fornecida às rodas.

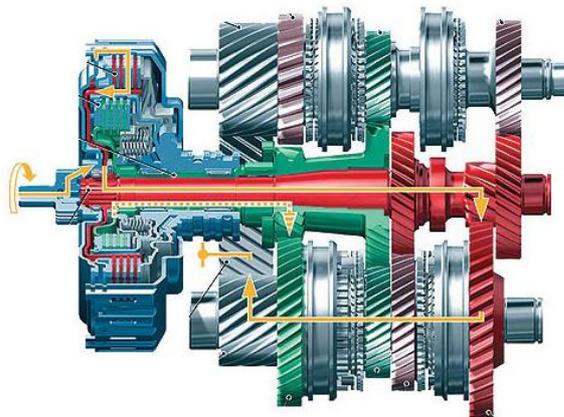


Figura 21:Esquema de engrenamento de uma caixa de velocidades manual

Fonte: (Eda Development, 2014)

No veio principal os carretos encontram-se em rotação livre, o que permite que, em ponto morto não haja transferência da rotação. No entanto, os carretos do veio secundário encontram-se ligados ao veio secundário, com exceção do carreto da marcha atrás. A cada carreto do veio primário corresponde um outro carreto, devidamente engatado, do veio secundário. Aqui, são as dimensões dos carretos que especificam a proporção da multiplicação (ou desmultiplicação) desejada.

Quando é feita a seleção de uma mudança através da alavanca das velocidades, é engatado um carreto ao veio principal por meio de um bloqueador (do movimento livre do carreto para o veio) que, nos dias de hoje, desempenha a função de sincronizador. Com um funcionamento semelhante ao da embraiagem (transmissão por acoplagem), embora os carretos disponham de dentes que facilitam o encaixe do sincronizador, a força do veio principal transmite-se do carreto bloqueado para o carreto correspondente do veio secundário – Figura 22.

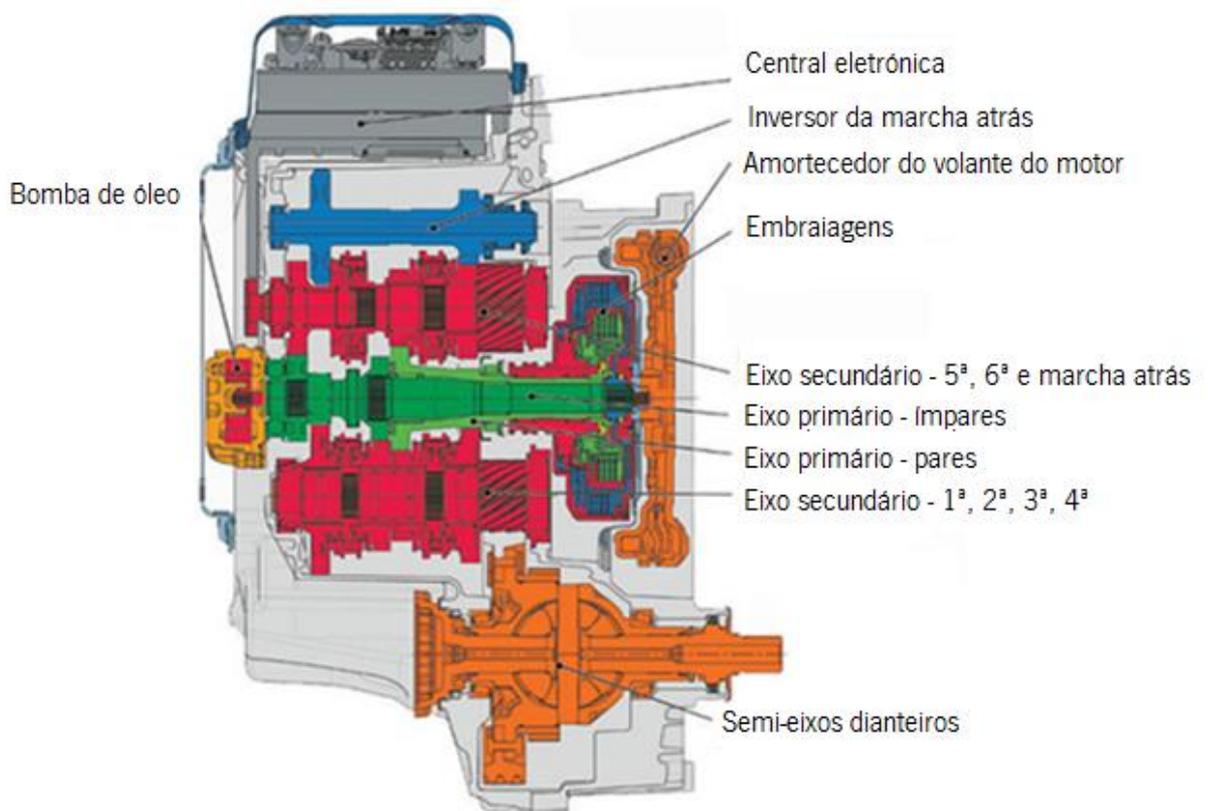


Figura 22: Componentes e engrenamento de uma caixa de velocidades manual

Fonte: (16 Valvulas, 2008)

No caso da marcha atrás, entra em contacto um carreto suplementar do bloco secundário responsável pela mudança de direção da rotação do eixo, e conseqüentemente, da marcha do veículo.

Este carreto é normalmente de dimensões semelhantes ao da primeira velocidade, o que permite ao automóvel dispor de força para realizar manobras em superfícies íngremes, que exijam maior binário.

6.1.1 Óleo da caixa Manual

A caixa de velocidades é um órgão complexo de um automóvel, contém um grande número de peças móveis. Algumas dessas peças estão submersas em óleo, outras são lubrificadas pelo arrasto do óleo, através de outras peças.

A lubrificação é feita para que não haja um contacto direto entre duas peças de metal, ficando um filme de óleo lubrificante entre elas, protegendo do calor gerado, proporcionando passagens entre mudanças mais confortáveis possível. Tal como existe um fluido específico para o motor e para o sistema de travagem, a caixa de velocidades também tem o seu fluido, óleo lubrificante de caixa de velocidades.

É importante referir que, devido à semelhança entre os mecanismos, os diferenciais de transmissão e caixa de velocidade partilham dos mesmos óleos, da mesma especificação.

A verificação do estado de óleo da caixa de velocidades geralmente deve ser feita a cada 50.000 quilómetros, para avaliar o seu estado. Caso apresente resíduos sólidos ou aparência demasiado envelhecido, como cor muito escura, deve ser mudado, e após a mudança verificar minuciosamente se não podem existir problemas maiores no sistema. Ao longo dos quilómetros, devido ao desgaste, as verificações devem tornar-se mais periódicas.

A classificação do óleo da caixa de velocidades está normalizada pela API. Esta classificação está definida com base nas condições de aplicação e tipos de caixas e diferenciais mais frequentemente usados – Tabela 7.

Tabela 7: Classificação API para óleo da caixa de velocidades
Fonte: (Fuchs, 2015)

API	Condições de utilização	Utilização	Validade
GL-1	Baixas velocidades; baixo binário e deslizamento limitados entre os dentes das engrenagens.	Engrenagens do tipo parafuso sem-fim sujeitas a cargas de baixa pressão.	Obsoleto
GL-2	Cargas mais elevadas do que na especificação API GL-1.	Roscas sem-fim sujeitas a grandes cargas.	Obsoleto
GL-3	Velocidade de rotação e binário moderado.	Conjuntos com engrenagens cónicas e caixas de velocidades manuais sujeitas a cargas intermédias.	Obsoleto

GL-4	Velocidade de rotação alta e baixo binário, ou velocidade de rotação baixa e binário elevado; deslizamento limitado entre dentes da engrenagem.	Caixas de velocidades manuais sujeitas a cargas elevadas; engrenagens do tipo hipóide sujeitas a cargas moderadas	Válido (para automóveis mais antigos)
GL-5	Velocidades elevadas e binários altos; velocidade de rotação alta e binário baixo ou velocidade de rotação baixa e binário elevado.	Caixas de velocidades manuais e engrenagens do tipo hipóide sujeitas a cargas elevadas.	Válido
MT-1	Caixas de velocidades com engrenagens de dentes retos.	Transmissões manuais não sincronizadas em camiões e autocarros.	Válido
<p>GL: <i>Gear Lubricant</i>: eixo fixo ou transmissão final</p> <p>MT: <i>Manual Transmission</i>: transmissões manuais não sincronizadas</p>			

A diferença entre estas especificações, além do tipo de engrenagem em questão, está nos aditivos do fluido. Os óleos API GL-5 têm maior teor de aditivos.

Caso se utilize um óleo não apropriado para um automóvel, irá gerar problemas de engate durante a troca de mudanças, arranhando-a, comprometendo a vida útil da caixa de velocidades.

Geralmente cada fabricante de automóveis especifica o tipo de óleo de caixa de velocidades que deve ser utilizado.

O óleo da caixa de velocidades deve reunir as seguintes características:

- Alto desempenho anti desgaste;
- Alto índice de viscosidade;
- Eficiência na transmissão da força.

Um dos sintomas que derivam de uma caixa de velocidades com problemas é o seu aquecimento descontrolado. Estes sintomas podem ser detetados inspecionando a parte exterior da caixa de velocidades de um modo simples:

- Há vestígios de fumo a sair da caixa de velocidades;
- Se verter água sob a parte exterior da caixa, esta evapora rapidamente;
- Componentes de plástico que estão próximo da caixa estão derretidos;

- Resíduos de óleo no exterior da caixa (este sintoma pode ter a haver com as juntas, podem estar em mau estado).

Entre outros sintomas há muitos outros. Para uma avaliação mais certa deve ser aberta a caixa de velocidades, embora seja apenas recomendado para pessoal especializado, devido à complexidade do sistema.

(Fuchs, 2015)

É necessário salientar que o exemplo acima da caixa de velocidades é meramente exemplificativo, ou seja, existem outras caixas manuais que podem diferir na sua composição e funcionamento.

6.2 Caixa de velocidades automática

A transmissão de velocidades automáticas distingue-se da manual por não existir um pedal de embraiagem nem alavanca de velocidades mecânica, uma vez que a própria caixa faz a troca de mudança automaticamente. Hoje em dia é possível, além do funcionamento totalmente automático, ser o próprio condutor a selecionar a relação de caixa que pretende. Na Figura 23 está representado uma imagem de uma caixa de velocidades automática.



Figura 23: Vista em corte de uma caixa de velocidades automática

Fonte: (Gapura Raya, 2015)

As caixas de velocidades automáticas são compostas por 2 partes: a caixa de velocidades e o conversor de binário - Figura 24. O conversor de binário é composto por uma turbina, que está ligada à caixa de velocidades; o estator, que fica entre a turbina e a bomba; e a bomba, que se encontra ligada ao motor. Para que este conjunto funcionar, existe um fluido hidráulico.



*Figura 24: Turbina, estator e bomba de uma caixa de velocidades automática
Fonte: (Iranian Tuning, 2014)*

Nestes sistemas, o movimento do motor vai fazer girar a bomba, provocando uma força centrífuga e fazendo com que o fluido que se encontra no centro do conversor seja expelido para o seu extremo. O fluido ao ser expelido, é direcionado (através de lâminas da bomba) para que seja criado movimento na turbina, que é transmitido à caixa de velocidades. Na Figura 25 temos um esquema do funcionamento da bomba



*Figura 25: Funcionamento da bomba de uma caixa de velocidades automática
Fonte: (Mechanical Engineering Website, 2000)*

Como a bomba está acoplada à turbina, a saída do fluido da turbina coincide com a entrada de fluido na bomba, logo a força da bomba é transmitida em sentido contrário à turbina. O estator tem um papel fundamental neste processo: este encontra-se fixo ao eixo da transmissão através de uma embraiagem unidirecional, que lhe permite rodar no sentido oposto ao do fluido. Então, quando o fluido entra em contacto com as lâminas do estator, é forçado a inverter a sua direção, entrando novamente na bomba com a direção desejada. Na Figura 26 pode ver-se um esquema dos componentes e funcionamento deste sistema.

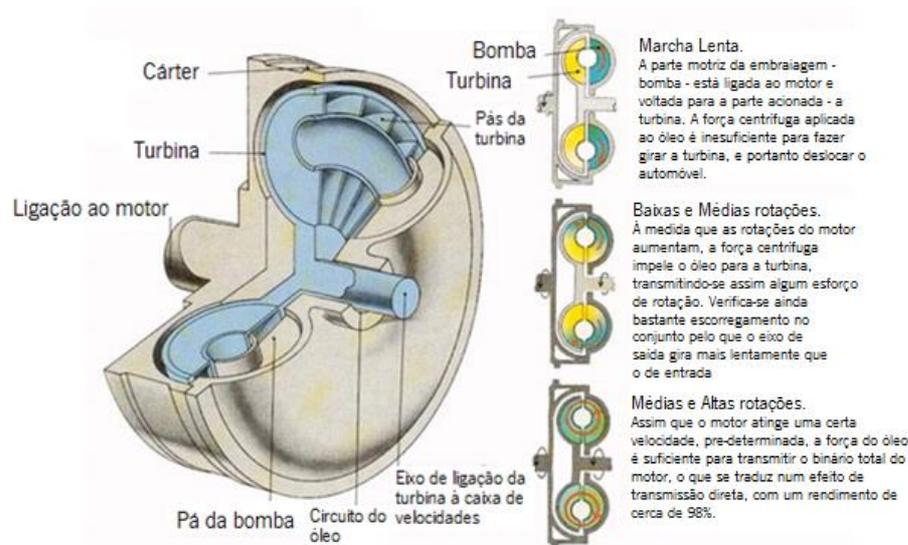


Figura 26: Componentes e funcionamento de uma caixa de velocidades automática
 Fonte: (Costa, 2002)

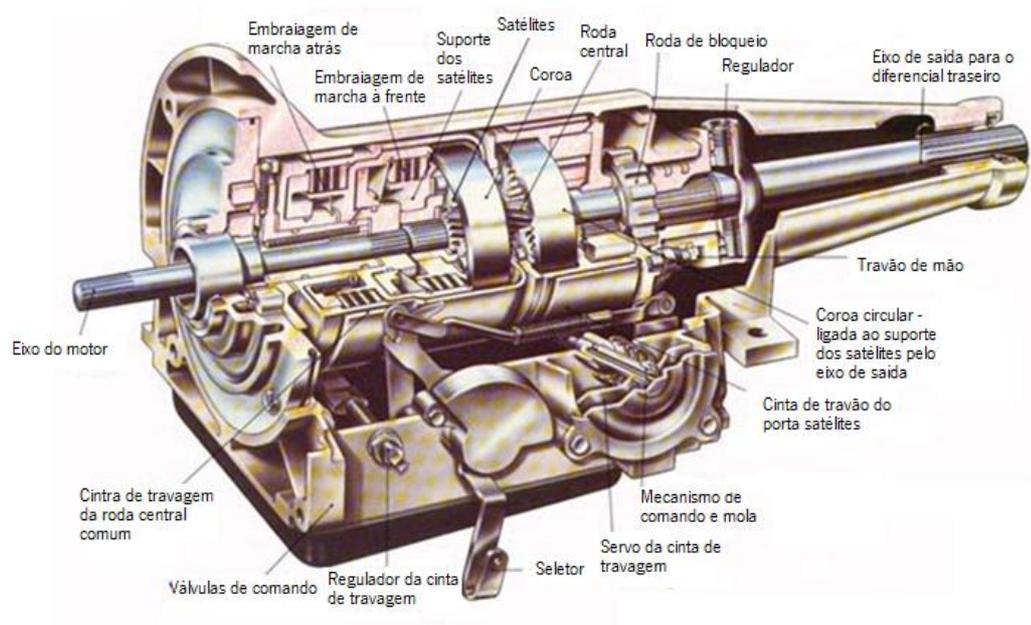
As caixas de velocidades automáticas são compostas por um conjunto de engrenagens planetárias, assim composto por uma engrenagem planetária, à volta da qual rodam engrenagens satélites e uma coroa exterior.

A engrenagem planetária está montada no centro. Nas engrenagens epicicloidais, um par de satélites gira em eixos, apoiados no suporte das engrenagens satélite, o qual está montado num eixo que corresponde ao mesmo da engrenagem planetária. À medida que o suporte roda, as engrenagens satélites giram nos seus eixos, em volta da roda central, onde estão engrenadas. As engrenagens satélite estão também engrenadas nos dentes interiores da coroa circular, a qual pode girar à volta da roda central e das engrenagens satélites, também em torno do mesmo eixo. Quando uma das engrenagens é imobilizada, as restantes podem ser rodadas de modo a permitir obter diferentes reduções, conforme as dimensões das engrenagens.

Para obter um número necessário de combinações de engrenagens, uma caixa de velocidades automáticas tem dois, três ou até quatro trens epicicloidais. Algumas partes de cada um dos conjuntos estão permanentemente ligadas entre si; outras são ligadas temporariamente ou são detidas por um sistema de cintas de frenagens e embraiagens selecionadas por válvulas hidráulicas de mudanças, situadas na parte inferior da caixa de mudanças. O óleo, sob pressão, para acionar as cintas de frenagem e as embraiagens, é fornecido por uma bomba alimentada com óleo de lubrificação da caixa de mudanças. Por vezes utilizam-se duas bombas movidas a partir das extremidades dos eixos primários e secundário da caixa de mudanças. O seletor de mudanças comanda diretamente as válvulas hidráulicas, a menos que se selecione a marcha automática para frente. Neste caso, o funcionamento das válvulas é comandado pela abertura da borboleta do acelerador e pela velocidade

do automóvel. Quando a borboleta se encontra aberta, a pressão do óleo é reduzida e as engrenagens permanecem numa posição de velocidade baixa. Quando o automóvel atinge a uma velocidade pré-selecionada, um regulador anula o comando da abertura da borboleta, o que permite a passagem para uma velocidade mais elevada.

Na Figura 27 está representado o esquema e componentes de uma caixa de velocidades automática.



*Figura 27: Componentes de uma caixa de velocidades automática
Fonte: (Costa, 2002)*

Tanto nos sistemas manuais como automáticos, a lubrificação é feita por duas bombas de pistão, movidas, uma por uma polia ligada ao motor e outra por uma polia ligada ao eixo de transmissão: desta forma assegura-se uma lubrificação abundante, mesmo no caso de o motor estar parado. O óleo utilizado deve ser o especificado pelo fabricante. Deve ser de pH neutro para não prejudicar a ação das engrenagens.

É necessário salientar que o exemplo acima da caixa de velocidades é meramente exemplificativo, ou seja, existem outras caixas automáticas que podem diferir na sua composição e funcionamento. Com a evolução deste componente, há cada vez mais fabricantes a optar pela sua própria solução.

6.2.1 Óleo da Caixa Automática

As caixas automáticas têm vindo a ser a escolha de muitos condutores nos últimos anos. É uma excelente opção principalmente porque é comodo e confortável na condução urbana ou para viagens de longo curso. No entanto, no caso de uma avaria, como é um sistema mecânico complexo, pode revelar-se bastante dispendioso. Assim é importante uma manutenção adequada.

A caixa de velocidades automática tem manutenção simples e longa vida útil. O óleo lubrificante é, teoricamente vitalício, diferente de outros sistemas, e não precisa ser trocado, apenas inspecionado a cada 60 mil quilómetros (dependendo da caixa em questão). Caso em alguma inspeção haja falta de óleo, deve ser feita uma inspeção mais minuciosa, podem haver fugas ou outros problemas associados. Para uma boa performance e durabilidade da caixa é imprescindível a utilização do óleo especificado pelo fabricante.

Outro elemento a ter em atenção nos sistemas de caixa de velocidades automáticas é o filtro do óleo. Em cada operação de revisão do estado do óleo é também recomendado que seja mudado o filtro do óleo.

Um teste simples que pode ser feito para verificar se a caixa de velocidades tem problemas graves é:

- Ligando o automóvel com a caixa de velocidades na posição “P” (Park), com o pé pressionado no pedal de travão, mudar para a posição “D” (Drive), para iniciar a marcha. Neste instante deve sentir o carro andar para a frente, suavemente e sem qualquer soluço. Ao mudar para a posição “N” (Neutro), a transmissão fica desengatada. De seguida com o pé no travão, colocar na posição “R” (Rear). A transmissão deve, tal como na posição “D”, mover o automóvel, para trás, de modo suave.
- Depois de efetuar estes testes, deve verificar se existe algum atraso ou ruído no arranque. Caso algum destes sintomas ocorra, está na presença de uma caixa de velocidades automática com problemas.
- Deve também testar, no modo “D”, as passagens de caixa, em todas as velocidades. Estas passagens devem ocorrer de modo natural, sem soluços ou pancadas fortes.

Outro indício de avaria é o escorregamento. Se a transmissão for deslizando, isto é, ao acelerar, o aumento de rotação do motor não faz aumentar a velocidade. Isto significa que a transmissão está desgastada ou tem alguma avaria mecânica ou eletrónica.

Deve ter também atenção é que este teste seja preferencialmente feito com o automóvel “a quente”. Por vezes a transmissão funciona perfeitamente sem problemas com o automóvel a frio, mas depois de aquecer surgem os sintomas de avaria.

(Geuns, 2003)

7 - SISTEMA DE ARREFECIMENTO DO MOTOR

O sistema de arrefecimento do motor é de extrema importância para o seu funcionamento. A temperatura de explosão de um motor é de cerca de 2000°C dentro dos cilindros, que é bem superior à temperatura de fusão do bloco do motor. É sabido que cerca de 25% a 35% do calor gerado nos cilindros é aproveitado como energia mecânica. Assim, e cada vez mais, os sistemas de arrefecimento do motor têm vindo a ser otimizados e cada vez mais eficientes.

Existem três tipos de sistemas de arrefecimento do motor: arrefecimento a ar, arrefecimento a ar-óleo e arrefecimento a água. Atualmente, e desde alguns anos, grande parte dos motores são arrefecidos a água: estes são mais eficientes e permitem um melhor controlo da temperatura. Neste projeto vão apenas ser aprofundado o estudo sobre os motores a água.

7.1 Motores arrefecidos a água/fluido de arrefecimento

Os sistemas de arrefecimento de água ou fluido de arrefecimento são os sistemas usados em todos os automóveis desde alguns anos, por serem mais eficientes. São compostos geralmente por um radiador, um ventilador, um reservatório de água ou de expansão, uma válvula termostática e uma bomba de água. A água circula pelas cavidades existentes no bloco do motor. Na Tabela 8 estão representadas as funções de cada um desses componentes.

Aos sistemas que utilizam a bomba de água chamam-se sistemas de arrefecimento de circulação forçada, porém há outro sistema mais simples, de termossifão, onde a circulação da água é promovida pela sua pressão. Este estudo irá centrar-se mais no sistema de ventilação forçada, pois são mais atuais, mais eficientes e há muitos mais automóveis a utilizar este sistema.

Tabela 8: Componentes do sistema de arrefecimento do motor

 <p>Radiador</p>	É o componente responsável pela troca de calor entre o líquido de arrefecimento que vem do motor quente, com o ambiente a fim de manter a temperatura do motor dentro da temperatura ideal de funcionamento (entre os 85°C e os 95°C).
 <p>Vaso de expansão</p>	Componente que controla a pressão do líquido de arrefecimento, através da válvula de expansão. Como o volume da água quando aquecida aumenta, esse excesso é depositada neste reservatório.

<p>Válvula termostática</p> 	<p>Quando o motor ainda está a frio, a válvula termostática faz como que o líquido de arrefecimento não passe pelo radiador, a fim de facilitar o seu aquecimento. Quando a temperatura ideal de arrefecimento é atingida, a válvula faz com que o líquido retome o seu circuito normal e passe pelo radiador, a fim de manter a temperatura ideal. Podem ser de 2 tipo: de fole, que são os mais usados, e os de cera, encontrados em automóveis mais antigos.</p>
<p>Ventilador</p> 	<p>Cria um fluxo de ar que passa pelo radiador, e faz com que a temperatura da água baixe. Pode ser movido por uma correia ligada diretamente ao motor, ou, nos automóveis mais recentes, movida por eletricidade do automóvel.</p>
<p>Bomba de água</p> 	<p>Faz circular o líquido de arrefecimento pelo motor. Pode ser acionada pelo motor, ou, nos automóveis mais recentes, ser movida eletricamente.</p>

A bomba de água bombeia o líquido de arrefecimento para o bloco do motor. Aqui, o líquido passa pelas camisas dos cilindros, subindo para a cabeça, arrefecendo as válvulas de escape e admissão. De seguida, o líquido sai do bloco do motor vai para o radiador, onde é arrefecido e volta novamente a ser bombeado. Na Figura 28 está um esquema do funcionamento e dos componentes deste sistema.

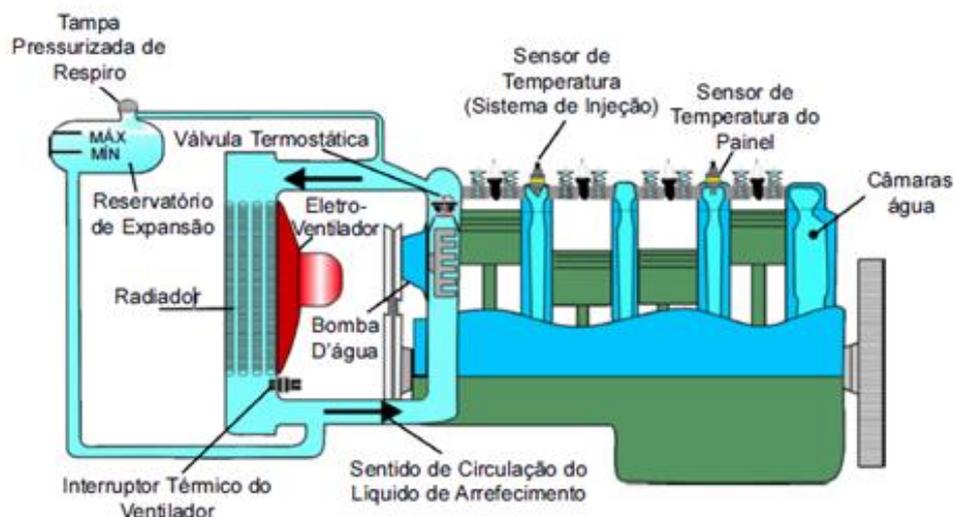


Figura 28: Esquema do funcionamento de um motor arrefecido com líquido refrigerante

Fonte: (Reparando Seu Carro, 2014)

Enquanto o motor não atinge a sua temperatura ideal de funcionamento, entre os 85°C e os 90°C, o líquido de arrefecimento circula por um circuito mais pequeno, que percorre somente o bloco

do motor. Este circuito é controlado pela válvula termostática. Quando a temperatura é alcançada, esta válvula abre-se e o líquido de arrefecimento começa a circular pelo circuito completo, passando pelo radiador, fazendo com que a temperatura se mantenha. Na Figura 29 está representado uma fotografia de um motor em corte, onde podem ver-se as câmaras do fluido de arrefecimento.



Figura 29: Vista em corte de um motor, onde se podem ver as câmaras por onde o líquido refrigerante passa

O reabastecimento de água + aditivo pode ser feito através do radiador ou da base de expansão. No entanto nos automóveis mais recentes já não é possível fazer pelo radiador, apenas pelo vaso de expansão.

A válvula termostática – Figura 30 - é um componente geralmente instalado entre o radiador e o motor, e a sua função é proporcionar um aquecimento do motor mais rápido e depois manter a temperatura ideal de funcionamento.

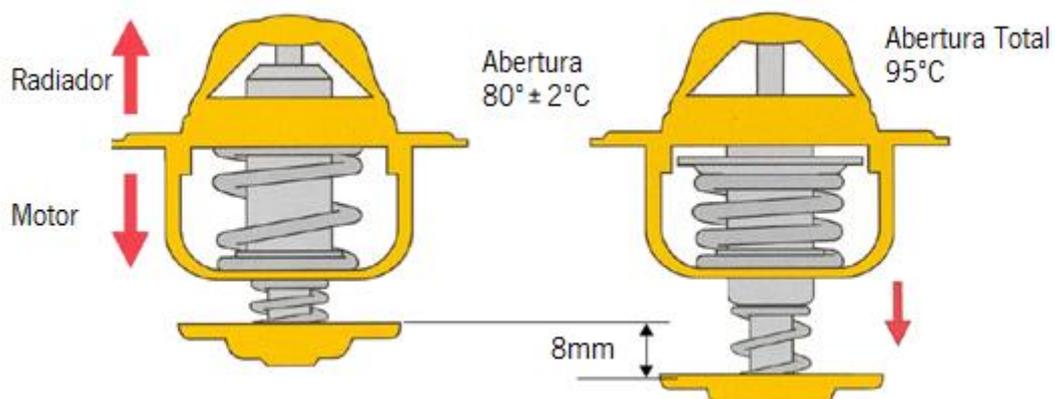


Figura 30: Funcionamento da válvula termostática

Fonte: (MTE-Thompson, 2014)

Quando a temperatura do líquido de arrefecimento aumenta, o seu volume e pressão também aumentam. Estes sistemas têm válvulas localizadas no reservatório de expansão que controlam essa

pressão. Na Figura 31 está representado um esquema de funcionamento do reservatório de água e da válvula de expansão.

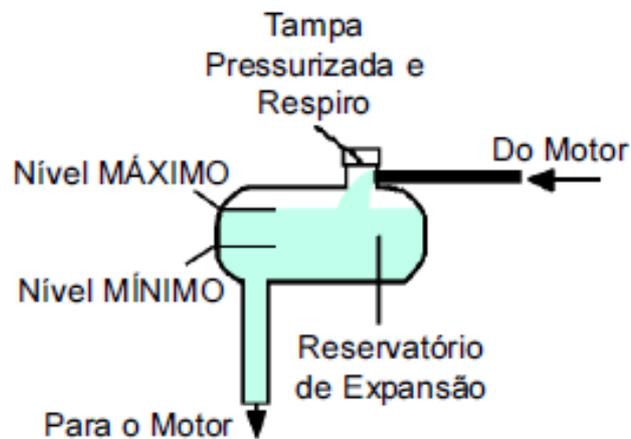


Figura 31: Funcionamento do vaso de expansão

Fonte: (MTE-Thompson, 2014)

7.1.1. Fluido arrefecimento do motor

O motor, composto de diferentes materiais, com diferentes coeficientes de dilatação, que funcionam em atrito constante, precisa de ser mantido a uma temperatura controlada. O fluido de arrefecimento do motor tem como objetivo, após o motor atingir a temperatura ideal de funcionamento, manter e distribuir essa temperatura pelo motor.

Com a evolução dos motores e dos sistemas de arrefecimento, há a necessidade de adicionar à água aditivos. Esses aditivos, geralmente à base de etileno glicol (um produto que entra em ebulição aos 197° C), possuem qualidades antioxidantes que vão mantendo o sistema limpo, evitando a criação de crosta que dificulta a circulação do fluido, depositando-se nos sensores e interruptores térmicos, modificando as suas reações. Com a adição deste composto aditivo, o fluido entra em ebulição a cerca de 120 °C, reduzindo assim a possibilidade de formação de vapor no interior das galerias do sistema. Outra função do aditivo é atuar no ponto de congelamento da água (aos 0 °C). Quando a água congela o seu volume aumenta, criando problemas no sistema. Assim, consegue-se que a água aguente em estado líquido até aos -25 °C

O fluido de arrefecimento do motor deve reunir as seguintes características:

- Em geral deve ser composto por 60% de água destilada e desmineralizada e 40% de aditivo (ou na proporção sugerida pelo fabricante);
- pH entre 7,5 e 8,5 na temperatura ambiente, e entre 8 e 9, no máximo, na temperatura de funcionamento do motor;
- Capacidade de conduzir eletricidade de 0,3 Volts no máximo, a qualquer temperatura;
- O máximo tempo de utilização de um líquido de arrefecimento no motor é de cerca de 1 ano ou 30 mil quilómetros.

(MTE-Thompson, 2014)

8 - SISTEMA COMBUSTÍVEL

8.1 Filtro combustível

O filtro de combustível de um automóvel – Figura 32 - tem a importante tarefa de filtrar as impurezas presentes no combustível, na sua passagem para o motor, para evitar danificar os componentes da injeção. O depósito de combustível acumula resíduos ao longo do tempo. Problemas como falhas no motor, e falhas na aceleração, são comuns quando este componente está em mau estado. Atualmente a maior parte dos veículos são de injeção eletrônica, e caso o filtro não esteja a cumprir o seu trabalho pode entupir os injetores, levando a problemas graves e dispendiosos.

Não está estabelecido um padrão na manutenção do filtro de combustível, cada marca estabelece um período, em quilómetros, para a mudança deste componente. Geralmente, os fabricantes de automóveis tendem a verificar o estado do filtro em cada revisão, sendo esta, normalmente, a cada 30 mil quilómetros.



Figura 32: Filtro de combustível de um automóvel
Fonte: dudiesel.com.br

Os automóveis mais recentes, com injeção eletrônica, estão equipados com um sensor – sonda Lambda – que controla a quantidade de combustível que deve ser enviada para o motor. Caso o filtro de combustível apresente problemas, este sensor irá detetar uma falha e irá acender no painel de instrumentos do automóvel um aviso.

10 - ANÁLISES AO ÓLEO DO MOTOR

Foram realizadas análises ao óleo do motor a 3 veículos ligeiros (Tabela 9) e 5 veículos pesados (Tabela 10).

Tabela 9: Dados dos veículos ligeiros analisados

<p><i>Suzuki Swift 1.3 DDiS</i></p> 	<p>Ano: 2006 Cilindrada: 1.300 cc³ Quilómetros: (Não há registo) Motor: L4 Diesel, Turbo comprimido</p>	<p><u>Historial do óleo</u> (Não há registos)</p>
<p><i>Toyota Dyna</i></p> 	<p>Ano: 2008 Cilindrada: 2.500 cc³ Motor: D-4D common rail, turbo diesel</p>	<p><u>Historial do óleo</u> BP Vanellus Max ECO 15W40</p>
<p><i>Toyota Dyna</i></p> 	<p>Ano: 2010 Cilindrada: 2.500 cc³ Motor: D-4D common rail, turbo diesel</p>	<p><u>Historial do óleo</u> BP Vanellus Max ECO 15W40</p>

Tabela 10: Dados dos veículos pesados analisados

<p><i>Scania 124L 360</i></p> 	<p>Ano: 1997 Cilindrada: 12.000 cc³ Quilómetros: 1.794.918 Motor: V8 Diesel, Turbocomprimido</p>	<p><u>Historial do óleo</u> Cepsa Eurotrans SHPD 10w40 Quilómetros: 10.221</p>
<p><i>Mercedes OC500</i></p> 	<p>Ano: 2012 Cilindrada: 11.967 cc³ Quilómetros: 307.409 Motor: L6 Diesel, Turbocomprimido, <i>Intercooler</i>.</p>	<p><u>Historial do óleo</u> Cepsa Eurotech LS 10w40 Plus Quilómetros: 34.553</p>
<p><i>Mercedes OH 1634</i></p> 	<p>Ano: 2002 Cilindrada: 4249 cc³ Quilómetros: 296.205 Motor: V6 Diesel, Turbocomprimido</p>	<p><u>Historial do óleo</u> Cepsa Diesel Turbo SHPD 15w40 Quilómetros: 30.000</p>

<p>DAF CF 410</p> 	<p>Ano: 2007</p> <p>Cilindrada: cc3</p> <p>Quilómetros: 1,156,030</p> <p>Motor: 6.700 cc³ Turbo-comprimido</p>	<p><u>Historial do óleo</u></p> <p>Cepsa Eurotech LS 10W40 Plus</p> <p>Quilómetros: 44.880</p>
<p>DAF CF 410</p> 	<p>Ano: 2008</p> <p>Cilindrada: cc3</p> <p>Quilómetros: 1,034,093</p> <p>Motor: 6.700 cc³ Turbo-comprimido</p>	<p><u>Historial do óleo</u></p> <p>Cepsa Eurotech LS 10W40 Plus</p> <p>Quilómetros: 26.193</p>

10.1 Análises

Para realizar uma análise a um óleo de motor é necessário recorrer a várias técnicas. Com a ajuda da *Cepsa*, através do *Programa Sigpat*, foi possível conseguir as análises aos veículos já referidos. Este programa consiste num sistema de análise para avaliar as características dos lubrificantes em serviço, e obter informação detalhada sobre o estado do lubrificante. O diagnóstico tem como base os seguintes parâmetros:

- Características físico-químicas de lubrificação;
- Nível de desgaste;
- Nível de contaminação;
- Nível aditivação;
- Provável localização de anomalias.

Este programa utiliza várias técnicas, atualmente automatizadas, para a determinação dos parâmetros dos lubrificantes. São elas:

Titulação *Karl Fischer*

É um método analítico de titulação, usado para determinar o teor de água (humidade) em solventes e outros produtos. Este método usa como reagente uma solução com iodo e dióxido de enxofre. Com a presença de água, estes dois elementos são consumidos pela água, onde é medida o teor de água na amostra. Atualmente a a titulação *Karl Fischer* é realizada com tituladores automáticos, com recurso a elétrodos de platina.

Fotometria

A fotometria consiste na medição da luz emitida sobre um produto ou material. Assim, é possível determinar os elementos presentes numa amostra de fluido, e a sua concentração.

Quimiometria

A quimiometria é a aplicação de métodos estatísticos em dados de origem química. Através de uma amostra de fluido, com o cruzamento de algumas variáveis, é possível extrair, através da quimiometria, ainda mais informação. Atualmente com a sofisticação das técnicas instrumentais de análise química, é de fácil acesso uma análise quimiometria, bem como mais precisa e barata que os métodos tradicionais.

ASTM

A ASTM (*American Society for Testing and Materials*) refere-se a um conjunto de normas para regular técnicas de análise a materiais e produtos. Utilizados nas análises para este projeto temos:

- ASTM D3524: percentagem de gasóleo e biodiesel no óleo, através de cromatografia por gás;
- ASTM D2896 – basicidade, determina o total de compostos básicos presentes no óleo. Mede a reserva de alcalinidade do óleo;
- ASTM D445 - medição da viscosidade, medida da resistência ao movimento de fluir.

ICP

O método ICP - *Inductively Coupled Plasma* – é uma técnica de análise química que faz uso de uma fonte de excitação de plasma de argon, a alta temperatura, que faz com que os átomos excitados emitam uma radiação. Pela medição do comprimento de onda, a sua intensidade, por meios de detetores de radiação, é possível saber a concentração de elementos químicos numa solução, com rigor.

10.2.1 Resultados das análises aos veículos ligeiros

Os resultados dos testes são apresentados em 3 campos distintos: características físico-químicas, nível de aditivação (*ppm*) e presença metais de desgaste (*ppm*). Na Tabela 11 está indicado, através do valor dos resultados dos elementos químicos presentes, onde poderá estar o problema do óleo.

Tabela 11: Elementos presentes no óleo do motor

Elemento	Proveniência
Boro - B	Aditivo utilizado no óleo anti desgaste e antioxidante.
Bário – Ba	Aditivo detergente que também atua como inibidor de corrosão. Apenas utilizado em alguns óleos sintéticos.
Cálcio – Ca	Aditivo detergente e dispersante.
Magnésio – Mg	Aditivo detergente e dispersante.
Molibdénio - Mo	Utilizado no óleo como aditivo anti desgaste, no óleo do motor, para criar um coeficiente de atrito mais baixo
Fósforo – P	Aditivo anti desgaste, antioxidante e inibidor de corrosão.
Zinco – Zn	Aditivo anti desgaste, antioxidante e inibidor de corrosão (peças galvanizadas).
Alumínio – Al	Pistões, chumaceiras, radiadores de óleo, pistões, bronzes e em alguns blocos do motor.
Cobre - Cu	Presente em muitos componentes como na cambota, árvore de cames, pinos dos pistões e radiador do óleo.
Crómio - Cr	Principalmente segmentos dos pistões, mas também presente no fluido de arrefecimento do motor, cambota, engrenagens e chumaceiras.
Ferro – F	Geralmente provem das camisas dos cilindros, árvore de cames, cambota e bomba de óleo.
Chumbo – Pb	Chumaceiras e cambota.
Silício – Si	Poeiras, devido a filtragem de ar ineficiente. Também encontrado em alguns aditivos antiespumantes.
Estanho – Sn	Normalmente ligado com o cobre e chumbo, encontra-se na cambota e biela.
Sódio – Na	Usado como aditivo inibidor de corrosão, e presente também no líquido arrefecimento.
Prata – Ag	É usado como revestimento em alguns componentes para reduzir a fricção, devido à sua excelente condutibilidade térmica.
Níquel – Ni	Apesar de não ser muito utilizado, pode ser encontrado em alguns componentes de ligas de aço de peças internas do motor, como segmentos, válvulas e veios.
Vanádio - V	Presente em algumas ligas metálicas com o aço.

Na Tabela 12 e Tabela 13 estão apresentados os resultados aos testes realizados. Na última coluna de cada tabela, está indicado o valor ótimo para os resultados. Estes valores podem variar em cada fabricante, são apenas uma referência.

Nota: O Numero de Base (mg KOH/g) dá uma indicação da capacidade do óleo neutralizar os produtos que têm combustão ácida, como o H₂S, o cloro e o flúor.

Resultados das análises aos veículos ligeiros

Tabela 12: Resultados das análises ao óleo realizadas aos veículos ligeiros

Características Físico-Químicas	Técnica de análise	Suzuki Swift	Toyota Dyna 75-LD-56	Toyota Dyna 27-FB-15	Intervalo ótimo
Teor em Água - %(m/m)	KARL FISCHER	<0,010	< 0,1	<0,1	<0,2
Viscosidade 100 °C – mm ² /s	ASTM D D445	4,138	6,95	8,78	12,5 a 16,3
Viscosidade 40 °C – mm ² /s	ASTM D445	16,13	34,24	50,6	55 a 80
Número de Base - mg KOH/g	ASTM 2896	2,9	3,6	5,6	4 a 7
% Gasóleo	ASTM 3524	>20	23	19,6	< 2
% Biodiesel	ASTM 3524	5,7			< 1
Aditivação					
Boro - ppm WT	ICP	4	37	27	10 a 300
Bário - ppm WT	ICP	<1	<1	<1	< 2
Cálcio - ppm WT	ICP	673	1092	2256	800 a 3500
Magnésio - ppm WT	ICP	5	9	10	7 a 15
Molibdénio - ppm WT	ICP	<1	110	34	10 a 120
Fosforo - ppm WT	ICP	262	480	943	360 a 1500
Zinco - ppm WT	ICP	353	566	1079	500 a 2000
Metais de desgaste e contaminação					
Alumínio - ppm WT	ICP	11	3	6	< 15
Cobre - ppm WT	ICP	<1	4	9	< 10
Crómio - ppm WT	ICP	1	1	1	< 6
Ferro - ppm WT	ICP	49	54	40	< 60
Chumbo- ppm WT	ICP	<1	42	16	< 15
Silício - ppm WT	ICP	25	16	8	< 30
Estanho - ppm WT	ICP	<1	1	1	< 2
Sódio - ppm WT	ICP	<1	<1	2	< 3
Prata - ppm WT	ICP	<1	<1	<1	< 3
Níquel - ppm WT	ICP	1	<1	1	< 4
Vanádio - ppm WT	ICP	<1	<1	<1	< 1

Não há qualquer registo de quilómetros do motor ou do óleo.

Diagnóstico

- Baixo índice de viscosidade aos 100°C, e no limite aos 40°C;
- Elevada percentagem de gasóleo e biodiesel no óleo;
- De forma geral, os elementos aditivos estão com um valor baixo.

A diminuição de viscosidade do óleo do motor está geralmente relacionada com a contaminação com gasóleo (diluição do gasóleo no óleo), degradação dos aditivos (também presente nos resultados) ou então problemas no sistema de admissão de ar do motor. Caso o sistema de admissão de ar esteja obstruído, a mistura de gasóleo + ar será desequilibrada (um motor diesel tem uma taxa estequiométrica de 15,2:1, ou seja, 15,2 partes de ar para 1 de gasóleo), ou seja, demasiado gasóleo para a quantidade de ar, o que leva a um excesso de gasóleo que não queima.

Existe um desequilíbrio muito acentuado nas viscosidades a 40 °C e a 100 ° C. A percentagem de gasóleo diluída no óleo leva a que a viscosidade a altas temperaturas seja afetada, diminuindo a sua viscosidade. Este problema pode estar nos injetores de combustível, segmentos desgastados ou então numa fuga junto de um ou mais pistões, onde pode estar a verter gasóleo. A diluição de gasóleo no óleo leva a que a amostra tenha a aditivação também diluída, ou seja, há uma quebra nos valores dos aditivos.

Caso haja uma obstrução no sistema de admissão de ar, é possível que o condutor consiga reparar neste problema, pela falta de potência no automóvel.

Apesar de não haver registo dos quilómetros do óleo, é provável que tenha muitos quilómetros, pois o nível de aditivação está demasiado baixo, o que indica desgaste no óleo, pela diluição com gasóleo. Sobre o motor, não há disparidades nos valores de metais de desgaste e contaminantes, estão todos lineares, o que leva a crer que não seja um motor com muito desgaste. Essa linearidade nos valores dos metais de desgaste e contaminantes também do estado do motor, ou seja, não parece haver desgaste acentuado em nenhum componente.

Toyota Dyna 75-LD-56

Não há qualquer registo de quilómetros do motor ou do óleo.

Diagnóstico

- Contaminação por gasóleo elevada, o que leva a uma quebra nos valores da viscosidade, para valores baixos.
- Alto teor de chumbo.

Este veículo tem um excesso considerável de gasóleo no óleo do motor (23%, num máximo de 2%). Isto faz com que, conseqüentemente, os valores da viscosidade, aos 40 °C e 100 °C, estejam demasiado baixos. Há um excesso de partículas de chumbo no óleo, podendo significar um problema na cambota ou numa chumaceira.

Toyota Dyna 27-FB-15

Não há qualquer registo de quilómetros do motor ou do óleo.

Diagnóstico

- Contaminação por gasóleo elevada, o que leva a uma quebra nos valores da viscosidade, para valores baixos.

O excesso de gasóleo no óleo do motor (19,6%, num máximo de 2%), faz com que a viscosidade aos 40 °C e 100 °C estejam demasiado abaixo dos valores de referência. Pode observar-se que existe um excesso de cobre e chumbo, elementos de desgaste. Isto pode indicar que existem problemas na cambota, árvore de cames, pinos dos pistões.

É notório também que os elementos de aditivção estão em bom estado, o que pode indicar que a contaminação do óleo com gasóleo é recente.

10.2.2 Resultados das análises aos veículos pesados

Tabela 13: Resultados das análises realizadas aos veículos pesados

Características Físico-Químicas	Scania 124L 360	Mercedes OC500	Mercedes OH 1634	DAF 37-DI-05	DAF 37-FP-96		Intervalo ótimo
					Análise 1	Análise 2	
Teor em Água - %(m/m)	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,2
Viscosidade 100 °C – mm ² /s	11,2	13,52	13,86	13,54	14,2	13,77	12 a 21
Número de Base - mg KOH/g	13,2	10,4	9,3	8,8	10,8	12,8	9,5 a 16,3
% Gasóleo	5,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	< 2
% Biodiesel	0,56	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	< 1,3
Aditivção							
Boro - ppm WT	257	88	27	76	85	144	10 a 300
Bário - ppm WT	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<2
Cálcio - ppm WT	4129	1423	1117	1360	1325	1258	600 a 5000
Magnésio - ppm WT	63	814	963	866	917	867	100 a 1500
Molibdénio - ppm WT	2	44	50	49	49	44	2 a 80
Fosforo - ppm WT	1043	622	1105	606	696	677	600 a 2000
Zinco - ppm WT	1254	887	1387	899	936	887	500 a 2000
Metais de desgaste e contaminação							
Alumínio - ppm WT	42	1	3	3	<1	<1	< 25
Cobre - ppm WT	7	4	62	38	3	1	< 20
Cromio - ppm WT	1	2	2	2	1	<1	< 8
Ferro - ppm WT	30	17	19	111	12	2	< 40
Chumbo - ppm WT	3	1	10	72	3	<1	< 10
Silício - ppm WT	16	16	8	7	4	4	< 30
Estanho - ppm WT	<1	<1	<1	5	<1	<1	< 2
Sódio - ppm WT	14	4	48	20	8	7	< 50
Prata - ppm WT	<1	1	1	<1	<1	<1	< 3
Níquel - ppm WT	2	1	1	1	<1	<1	< 4
Vanádio - ppm WT	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Scania 124L 360

Quilómetros motor: 1.794.918 km

Quilómetros óleo: 10.221 km

Diagnóstico

- Viscosidade ligeiramente inferior ao valor de referência;
- Número elevado de partículas de alumínio.

Pela presença de um elevado número de partículas de alumínio, parece existir um desgaste nos pistões, chumaceiras, radiador do óleo ou no bloco do motor.

Observando os valores dos aditivos do óleo, é notório que estes ainda estão em bom estado, com valores altos, exceto no valor de molibdénio. Devido à presença das partículas de alumínio, uma partícula de desgaste, o molibdénio, um aditivo anti desgaste, tem um valor baixo, quase no limite mínimo. A percentagem de gasóleo no óleo também é elevada, o que leva a crer que haja um desgaste

acentuado num componente que contém alumínio, que deixa vaziar gásóleo para o circuito de óleo do motor, o que leva a que a viscosidade do óleo a 100 °C seja inferior ao valor ótimo.

Dado o número de quilómetros do motor, é normal haverem componentes com grande desgaste, que precisam de ser substituídos, estão a contaminar o óleo (com ainda poucos quilómetros).

Mercedes OC500

Quilómetros motor: 307.409

Quilómetros óleo: 34.553

Diagnóstico:

- Todos os valores estão dentro dos valores de referência.

Apesar de todos os valores estarem dentro dos valores de referência, é notório o desgaste do óleo. Não há nenhum valor de aditivos ou de metais de desgaste que esteja desajustado, demasiado alto ou demasiado baixo, o que leva a crer que não existem problemas mecânicos que possam estar a acelerar a degradação. No entanto todos os valores estão mais próximos do limite mínimo do que do limite máximo. Isso é compreensível dado o número de quilómetros do óleo.

Mercedes OH 1634

Quilómetros motor: 296.205

Quilómetros óleo: 30.000

Diagnóstico

- Elevada presença de cobre.

O valor do Boro (ppm), um aditivo anti-desgaste e antioxidante, está próximo do limite mínimo. Devido ao desgaste deste elemento, não há proteção, há um desgaste acentuado, provavelmente, num componente que contém cobre, um metal de desgaste. O valor do chumbo, uma partícula de desgaste, está elevado (não fora dos limites, mas próximos do valor máximo de referência), onde também acelera o desgaste do Boro. O chumbo é geralmente encontrado em chumaceiras ou na cambota. Reparando também que o valor do sódio está elevado, leva a crer que existe uma fuga no sistema de arrefecimento do motor, onde líquido refrigerante vaza para o óleo do motor.

DAF CF 410

Análise 1

Quilómetros motor: 1.034.093

Quilómetros óleo: 26.193

Análise 2

Não há qualquer registo de quilómetros do motor ou do óleo.

Para este modelo foram conseguidas duas análises, em períodos diferentes, o que permite ter uma boa noção do desgaste ao longo do tempo. No entanto, sabe-se a quilometragem do motor da primeira análise, mas não da segunda. Assim torna-se um desafio saber se as análises são do mesmo óleo, ou então de óleos diferentes.

Pela observação das análises, ambas com valores dentro dos limites, ou seja, o óleo está em bom estado, não havendo grande disparidade entre os valores analisados, ao exceto no Boro. Este elemento, um elemento de aditivção, da primeira para a segunda análise, tem um aumento considerável (de 85 ppm para 144 ppm). Isto é um contrassenso, pois ao longo dos quilómetros este elemento tende a desgastar-se (é um aditivo anti desgaste e antioxidante). Como este elemento não está presente (em quantidades consideráveis) em nenhum componente do motor, onde poderia haver um desgaste e estaria assim explicado o aumento deste valor, leva á conclusão de que estas duas análises são de óleos diferentes, para o mesmo veículo. Além disso, pela análise dos valores dos elementos de desgaste e contaminação pode observar-se que estes têm um decréscimo notório, bem como os valores dos elementos de aditivção têm um aumento, o que não é normal.

DAF CF 410 (37-DI-05)

Quilómetros motor: 1.156.030

Quilómetros óleo: 44.880

Diagnóstico

- Presença de partículas de desgaste elevada – Ferro, Chumbo e Cobre

Existe um excesso de Ferro, Cobre e Chumbo no óleo, partículas de desgaste. Pela análise aos elementos aditivos, pode ver-se um nível baixo de Fósforo, e um geral desgaste em todos os restantes elementos aditivos, facilmente explicado pela quilometragem do óleo (44.880 quilómetros).

O problema para este camião (pelo excesso de ferro, cobre e chumbo) poderá estar no turbo, bronzes ou então nas chumaceiras.

11 - ANÁLISES AO ÓLEO DOS TRAVÕES

Não é muito comum serem feitas análises a fluidos de travões, dado o custo da análise ao fluido face ao custo da mudança/manutenção do sistema hidráulico de travagem. Foi conseguida apenas uma análise a este tipo de fluido, onde é interessante analisar os elementos químicos, o seu peso na constituição do fluido e a sua degradação.

O veículo analisado foi um Volvo A25D – Figura 33. Trata-se de um camião de carga, um ótimo exemplo a ser analisado pois opera sob as mais adversas condições, meteorológicas, com grande poeira e sob constante carga.



Figura 33: Volvo A25D analisado

O óleo de travões analisado é um DOT4, fluido à base de glicol, sendo assim higroscópico. Neste tipo de análises, o aspeto da amostra do óleo é um bom indicativo para o estado do óleo. O óleo novo tem cor amarelada em (1), como se vê na Figura 34. Nesta imagem pode ver-se a degradação do aspeto do óleo.

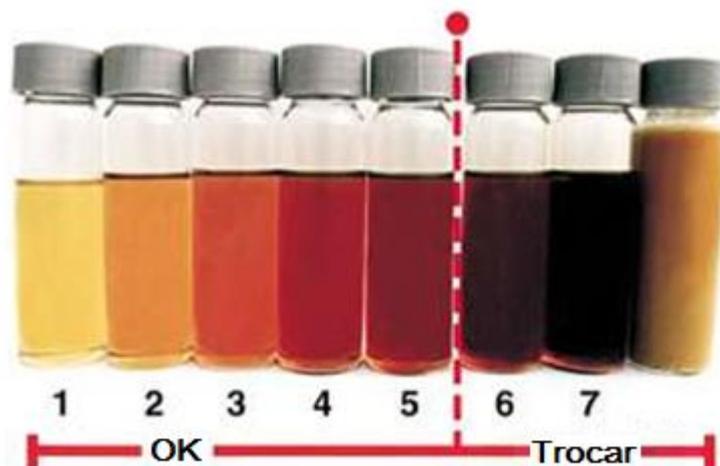


Figura 34: Cor da degradação do óleo, numa escala de 0 (novo) a 7 (muito degradado)

Comparando a cor da amostra que foi analisada, da Figura 38 (1), há uma forte indicação que o óleo não está em boas condições parece estar demasiado contaminado e desgastado. Na Figura 38 pode ver-se também a análise de fluido ampliada em 100x, onde pode observar-se algumas partículas contaminantes. O aspeto do óleo da Figura 35 assemelha-se à amostra (6).



Amostra do fluido de travões



Amostra do fluido de travões ampliada a 100x

Figura 35: Amostra do fluido de travões

A análise dos valores de viscosidade e contaminação estão presentes na tabela 14. Estes valores vêm confirmar o que já a análise visual da amostra indicava.

Tabela 14: Resultados da análise ao óleo dos travões

Viscosidade 40°C	8,83 mm ² /s
Teor em água	15%

É então um facto a elevada contaminação do óleo com água, o que leva a um valor alto de viscosidade alto aos 40°C. Confirma-se assim que o fluido está desgastado e contaminado. Deve ser verificada a estanquicidade do circuito hidráulico, devido à elevada contaminação do óleo com água.

A análise do aspeto da amostra de óleo juntamente com o teor em água é suficiente para determinar o estado bom ou mau do óleo.

12 - ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Óleo do motor

É importante referir algumas considerações sobre estas análises. Este projeto sempre foi direcionado mais para veículos ligeiros, e não tanto para veículos pesados. Foram conseguidas apenas 3 análises de óleo do motor de veículos ligeiros e 5 de veículos pesados. Para análises mais próximas ao propósito deste projeto deveriam ter sido feitas análises a mais veículos ligeiros, com motores Otto (gasolina e GPL), mais veículos Diesel (gasóleo e biodiesel), turbo-comprimidos e não turbo-comprimidos, para que fosse possível uma melhor perceção dos resultados e mais fiáveis, podendo assim traçarem-se perfis para cada tipo de motor.

Os veículos pesados, devido às suas baixas rotações de funcionamento, e um número de horas contínuas de trabalho do motor, utilizam óleos um pouco diferentes dos automóveis ligeiros. Isso é notório pelas diferenças nos «intervalos ótimos» entre os veículos pesados e o ligeiro.

É mais comum estas análises específicas aos fluidos de veículos pesados pois as regras de manutenção são mais controladas (muitos deles têm normas de segurança apertadas, especialmente os transportes públicos) e pelo custo de substituição/reparação de componentes ser mais elevado, e também porque um problema que impossibilite, por exemplo, o transporte de pessoas/mercadoria é um prejuízo enorme, levando a que o investimento numa análise deste tipo seja compensatório.

O registo da substituição de peças para cada veículo seria também interessante de analisar, dado que dois casos apresentam desgaste em componentes.

Óleo dos travões

Há apenas uma análise ao óleo dos travões, de um veículo pesado. Assim, tal como nas análises do óleo do motor, não é possível estabelecer um perfil a características de sistemas travagens diferentes.

A parte hidráulica do sistema de travagem é um sistema isolado, por isso não há grandes interferências exteriores, nem grandes diferenças entre os fabricantes de automóveis. As variáveis mais significativas para a degradação do óleo de travões é a utilização que o condutor lhe dá, ou seja, o tipo de condução/travagem. Existem condutores que preveem a travagem, por isso pressionam com menos força o pedal de travão, e condutores com uma atitude mais brusca, onde travam em menor espaço, pressionando o pedal com força. As condições meteorológicas onde o automóvel circula

também é um fator importante neste sistema – o clima e a humidade. Geralmente em ambientes mais húmidos, o sistema hidráulico está mais suscetível a absorver humidade do exterior, levando a uma degradação do óleo. Portanto, apenas com registos rigorosos destas variáveis é que se poderiam estabelecer relações, com o fim de traçar um perfil de desgaste.

13 - *BIG DATA*

Depois de todos os dados do projeto serem analisados, sentiu-se que este devia ser conduzido para uma conclusão que tivesse impacto e uma prática real no dia-a-dia. Então surgiu um dos conceitos que estão a definir o século XXI, o *Big Data*.

Big Data, em português a tradução é megadados, refere-se a um grande conjunto de dados armazenados. Diz-se que o *Big Data* se baseia em 5 V's: velocidade, volume, variedade, veracidade e valor. (Wikipédia, 2015). Segundo a SAS, Big Data « é o termo que descreve o imenso volume de dados – estruturados e não estruturados – que impactam os negócios no dia a dia. Mas o importante não é a quantidade de dados. É sim o que as empresas fazem com os dados que realmente importam. Big Data pode ser analisado para a obtenção de insights que levam a melhores decisões e direções estratégicas de negócio.» (SAS, 2016)

É sabido que 90% dos dados armazenados até 2015, foram obtidos no período de 2011 até 2015, 4 anos. Para uma fácil compreensão, na Figura 36 está uma explicação do que é o *Big Data*.



Figura 36: Sistema Big Data

Através da grande quantidade de dados obtidos nos registos contínuos do automóvel, através de modelo estatísticos e tratamento dos dados, esses podem revelar-nos previsões de problemas que poderão vir a ocorrer, para este caso em concreto. Estas previsões trariam ao fabricante do automóvel mais eficiência e produtividade no uso dos seus recursos, ou seja, uma produção de componentes mais fiáveis, podendo até assim haver uma segmentação da produção de automóveis tendo em conta algumas variáveis, para uma melhor adaptação do veículo à sua realidade, como por exemplo a temperatura e humidade do país onde o automóvel circula. Assim, os riscos são também minimizados, com decisões mais precisas e fiáveis.

Como exemplo, uma marca define que 1 em cada 10 automóveis da oficina do representante da marca devem ser submetidos a uma análise ao óleo do motor. Em cada revisão, a cada 30 mil quilómetros, estes mesmos automóveis são submetidos a análises do óleo, podendo-se assim verificar se há desgaste acentuado de algum elemento químico. Este sistema poderia também, após em pleno funcionamento, “escolher” condutores alvo, ou seja, condutores com perfis de condução diferentes – condutor que faz muitos quilómetros, condutor que anda só em cidade, automóvel com condutores diferentes, etc.

Mais à frente no tempo, com os avanços tecnológicos, onde haverá uma monitorização em tempo real dos fluidos do automóvel, através do GPS, sensores e Centralina, estes dados poderão ser acedidos a qualquer momento pelo condutor através do *smartphone* ou pelo computador, com avisos prévios da previsão de acontecer algum problema no automóvel. Ou seja, uma manutenção mais minuciosa. Também poderá haver interesse neste tipo de sistemas pela parte das seguradoras automóveis, com um registo mais preciso do automóvel e do condutor, pode ser dado um custo de seguro mais adaptado à realidade.

13 - CONCLUSÃO

Antes do projeto “*fluidUM: Análise de fluidos de um automóvel*” ter sido iniciado, havia uma certeza: a manutenção automóvel é de extrema importância não só para a saúde do automóvel, bem como para a segurança do condutor e passageiros, bem como de todos os condutores que partilham a mesma estrada. Após esta etapa do projeto estar concluída, terem sido estudados os fluidos, como se comportam durante os quilómetros e ao longo do tempo, há uma visão mais esclarecedora sobre o cuidado a ter durante a escolha e períodos de manutenção, sinais que podem indicar problemas, entre outros fatores.

A ideia principal deste projeto, para esta etapa, foi perceber como funcionam as análises, o seu nível de detalhe, como é apresentada a informação, e tentar a partir da informação, chegar a conclusões mais específicas. Assim, no caso dos óleos dos automóveis ligeiros, na ótica do condutor/proprietário ficou-se com a ideia de que estes testes não compensam devido à relação ao custo de uma análise com o custo da mudança de óleo e revisão do automóvel. Mas na ótica dos fabricantes de automóveis, estes testes, de modo regular, podem ser interessantes. Durante as revisões dos automóveis, com o registo bem detalhado do automóvel e do seu estado, por parte dos fabricantes, podem ser previstos alguns problemas que surgem geralmente após muitos quilómetros. Com um sistema *Big Data*, a informação recolhida seria importante para os fabricantes poderem otimizar os seus componentes.

No caso do óleo dos travões, na ótica do condutor/proprietário do veículo não parece haver qualquer interesse em analisar o fluido. O custo de mudança é baixo e apenas a análise à cor do fluido é um bom indicativo para saber o seu estado. Análises mais específicas seriam, como já falado no caso do óleo do motor, para os fabricantes otimizarem os componentes.

Esta foi a sensação que ficou após este projeto. Na era em que vivemos, era da otimização, faz todo o sentido interpretar as análises desta forma. Assim, a resposta às perguntas “Porque é que não se fazem análises aos fluidos dos automóveis com frequência e como utilizar as análises com bom proveito?” fica respondida.

BIBLIOGRAFIA

Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas. (2015). *APETRO: Informação de Lubrificantes*. Consultado em 15 de Agosto de 2015. Disponível em: http://www.apetro.pt/documentos/inf_lubrificantes.pdf

Autovenice. (2014). *Tudo o que precisa de saber sobre óleo para motor*. Consultado em 7 de Junho de 2015. Disponível em: <http://autovenice.com.br/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-oleo-para-motor/>

Automóveis Online. (2013). *Como testar um acaixa de velocidades automática num carro usado?*. Consultado em 2 de Julho de 2015. Disponível em: <http://noticias.automoveis-online.com/sabe-como-testar-uma-caixa-de-velocidades-automatica-num-carro-usado/>

Autozine (2014). *Guia completo sobre óleos*. Consultado em 3 de Junho de 2015. Disponível em: <http://autozine.com.br/informacao/um-guia-completo-sobre-oleos>

Auto Gás. (2013). *O que compõe um kit GPL*. Consultado em 14 de Agosto de 2015. Disponível em: <http://www.autogas.pt/>

Arias-Paz, Manuel (1980) – *Manual de automóveis*. 4ª ed . São Paulo : Mestre Jou, 1980

Briosa, F. (1984). *Glossário ilustrado de mecanização agrícola*. Sintra. Galucho.

CEPRA (2013) – Desenvolvimento Curricular - “Sistemas de Travagem Hidráulicos”. Lisboa: CEPRA –

Direção (2000). Consultado em 14 Abril de 2014.

Estévez, S. (1976). *Tecnologia do automóvel*. Lisboa. Plátano Editora.

Fuchs (2014). *Catalogo Automotive: Catálogo de Tecnologia Avançada*. Consultado em 2 de Agosto de 2015. Disponível em: http://fuchs.pt/upload/produtos/pdf/Catalogo_Automotive_maio2015.pdf

Fuchs 2014. *Oleos para Caixas de Velocidades e Diferenciais*. Consultado em 3 de Julho de 2015. Disponível em: [http://fuchs.pt/upload/Flyer_Oleos_para_Caixas_de_Velocidades_e_Diferenciais_\(Mar14\).pdf](http://fuchs.pt/upload/Flyer_Oleos_para_Caixas_de_Velocidades_e_Diferenciais_(Mar14).pdf)

Ferodo (2014). *Bloqueio por vapor nº1*. Consultado em 19 de Julho de 2015. Disponível em: http://www.cosimpor.pt/downloads/file17_pt.pdf

Galp Energia (2014). *Adblue*. Consultado em 11 de Setembro de 2015. Disponível em: <http://www.galpennergia.com/PT/ProdutosServicos/Produtos/Paginas/Adblue.aspx>

Goodyear (2015). *Caring for your tyres*. Consultado em 22 de Agosto de 2015. Disponível em: http://www.goodyear.eu/po_pt/all-about-tires/understand-your-tire/caring-for-your-tires/

Goodyear (2015). *Caring for your tyres*. Consultado em 8 de Setembro de 2015. Disponível em: http://www.goodyear.eu/po_pt/all-about-tires/understand-your-tire/caring-for-your-tires/

HM Autotronica. (2014). *Filtro de Particulado*. Consultado em 7 de Setembro de 2015. Disponível em: <http://www.hmautotron.eng.br/zip/c16-emiss-filtropart.pdf>

How Car Works. (2014). *Checking the gearbox oil level draining and refilling*. Consultado em 4 de Julho de 2015. Disponível em: <http://www.howacarworks.com/transmission/checking-the-gearbox-oil-level-draining-and-refilling>

Infomotor. (2010). *Sistema de direção*. Consultado em 27 de Março de 2014. Disponível em: <http://www.infomotor.com.br/>

Kew Engineering. (2014). *Oil Additives*. Consultado em 15 de Junho de 2015. Disponível em: http://www.kewengineering.co.uk/Auto_oils/oil_additives.htm

Lubegard. (2014). *Automatic Transmission Fluid Protectant*. Consultado em 4 de Setembro de 2015. Disponível em: <http://www.lubegard.com/pdfs/ATFProtectantPS.pdf>

Manutenção & Suprimentos. (2014). *Cuidados com a caixa de engrenagem*. Consultado em 7 de Julho de 2015. Disponível em: <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/6326-cuidados-com-a-caixa-de-engrenagem/>

Martins, J. (2013) *Motores de Combustão Interna*. 4ª edição. Porto. Publiindustria, Edições Técnicas.

Michelin. (2015). *Dez conselhos de Manutenção*. Consultado em 30 de Setembro de 2015. Disponível em: <http://www.michelin.pt/pneus-turismo/conselhos/guia-de-manutencao/dez-conselhos-de-manutencao>

Motor S/A. (2014). *Radiador: Água ou Aditivo?*. Consultado em 20 de Julho de 2015. Disponível em: <http://motorsa.com.br/radiador-agua-ou-aditivo/>

Motor CheckUP Portugal. (2013). *Motor CheckUp Portugal: Testa o estado do Motor*. Consultado em 18 de Janeiro de 2014. Disponível em: <http://motorcheckup.pt/>

Oficina e Cia. (2009) *Transmissão automática*. Consultado em 24 de Fevereiro de 2014. Disponível em: <http://www.oficinaecia.com.br/>.

O Mecânico. (2013). *O Mecânico: Revista*. Consultado em 25 de Julho de 2015. Disponível em: <http://www.omecanico.com.br/modules/revista.php?recid=327>

Popular Mechanics. (2009). *Nitrogen vs Air in Tires*. Consultado em 28 de Setembro de 2015. Disponível em: <http://www.popularmechanics.com/cars/how-to/a3894/4302788/>

Press Auto. (2014). *O funcionamento de uma caixa de velocidades*. Consultado em 16 de Março de 2014. Disponível em: <http://www.pressauto.net/>

Ruville. (2014). *Sistema de Refrigeración*. Consultado em 27 de Março de 2014. Disponível em: https://www.ruville.com/fileadmin/user_upload/redaktion/pdfs/Technikbroschueren/ESP/Kuehlsystem_spanisch.pdf

Rovian Bertinatto. (2009). *Análise da contaminação e degradação do óleo lubrificante e desgaste de um motor Ottolizado alimentado por Biogás*. Consultado em 27 de Setembro de 2015. Disponível em: http://200.201.88.199/portalpos/media/File/energia_agricultura/Dissertacao_Rovian_Bertinatto.pdf

Super Cheap Auto. (2012). *Changing Automatic Transmission Fluid*. Consultado em 3 de Agosto de 2015. Disponível em: <http://www.supercheapauto.com.au/how-to/Oils-Lubricants/Changing-Automatic-Transmission-Fluid.aspx?id=208>

TEM Thomson. (2012) “*Manual de Arrefecimento – Tecnologia e precisão em controlo de temperatura*” Consultado em 2 de Junho de 2014

Wikipédia. (2014). *Radiador de óleo*. Consultado em 30 de Setembro de 2015. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Radiador_\(autom%C3%B3vel\)#Radiador_de_%C3.93leo](https://pt.wikipedia.org/wiki/Radiador_(autom%C3%B3vel)#Radiador_de_%C3.93leo)

ANEXO I – NORMAS EUROPEIAS SOBRE EMISSÕES (VEÍCULOS LIGEIROS A GASOLINA E DIESEL)

Motor	CO (g/km)		HC (g/km)		NOx (g/km)		HC+NOx (g/km)		PM (g/km)
	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasolina	Gasóleo	Gasóleo
EURO 3 1-09-01	2,3	0,64	0,2	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05
EURO 4 1-09-06	1,0	0,5	0,1	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
EURO 5 1-09-09	1,0	0,5	0,1	-	0,06	0,18	-	0,23	0,005
EURO 6 1-09-14	1,0	0,5	0,1	-	0,06	0,08	-	0,17	0,005

ANEXO II - CLASSIFICAÇÃO DE VISCOSIDADE SAE PARA ÓLEOS DE ENGENHAGENS AUTOMOTIVE

Grau de viscosidade SAE	Máxima temperatura para a viscosidade de 150 000 mP.s, °C (ASTM D 2983)	Viscosidade cinemática a 100 °C, mm ² /s (ASTM D 445)	
		Mínimo	Máximo
70W	-55	4,1	-
75W	-40	4,1*	-
80W	-26	7,0	-
85W	-12	11,0	-
80	-	7,0	<11,0
85	-	11,0	<13,5
90	-	13,5*	<18,5*
110	-	18,5	<24,0
140	-	24,0	<32,5
190	-	32,5	<41,0

* Ex: SAE 75W-90. A viscosidade deve permanecer no grau, após o teste KRL de 20 horas (Shear Stability (Método CEC L-45-A-99))

ANEXO III - CLASSIFICAÇÃO DE SERVIÇO API PARA ÓLEOS

Lista de classificação dos óleos lubrificantes para motores com ciclo de Otto:

- SA - Óleo mineral puro sem aditivos, podendo ter aditivos como antiespumante e anticongelante. Indicado para motores que trabalham em condições ligeiras. Para motores construídos antes de 1930.
- SB – Óleo com aditivos para proteção contra desgaste e oxidação. Indicada para motores que trabalham em condições ligeiras que requerem um óleo com capacidade de evitar desgaste e corrosão. Para motores construídos até 1951.
- SC – Óleo com aditivos que proporcionam bom desempenho anti desgastante, antiferrugem, anti oxidação, e anti corrosão, controlando os depósitos (função do detergente- dispersante). Para motores construídos entre 1964 e 1967.
- SD – Óleo com aditivos, proporcionando a mesma proteção que os óleos da classe SC, mas em maior grau. Indicada para serviço típico de motores à gasolina, dos modelos fabricados entre 1968 e 1970. Para veículos construídos entre 1968 e 1970. Pode ser recomendado para certos modelos de 1971, conforme indicação dos fabricantes destes veículos.
- SE – Óleo com aditivos, proporcionando a mesma proteção que os óleos de classe SD, mas em maior grau. Indicada para motores a gasolina de automóveis ligeiros e em alguns tipos de camiões fabricados a partir de 1972. Para motores construídos entre 1971 e 1979.
- SF – Óleo com aditivos antioxidante, anti desgaste, antiferrugem, anticorrosivo, proporcionando proteção contra a formação de ferrugem. Esta categoria apresenta maior estabilidade quanto à oxidação e menor desgaste do motor em relação às categorias anteriores. Os fabricantes de automóveis europeus e americanos recomendam óleos desta categoria para uso em motores fabricados a partir de 1980, até 1988.
- SG - Óleo com aditivos antioxidante, anti desgaste, antiferrugem, anticorrosivo, proporcionando maior proteção contra a formação de depósitos, maior estabilidade contra a oxidação e menor desgaste do motor, em relação às categorias anteriores. É indicado para serviço típico de motores à gasolina em automóveis ligeiros, furgões e camiões, fabricados a partir de 1989 até 1993.
- SH - Lubrificante recomendado para motores a gasolina, e GPL, para atender os requisitos dos fabricantes de motores a partir de 1994. Apresentam performance com maior resistência a oxidação e melhor desempenho contra desgaste do que os das classificações anteriores. Para motores entre 1994 até 1996.
- SJ - Lubrificante recomendado para motores a gasolina e GPL, para atender os requisitos dos fabricantes de motores a partir de 1997. Apresentam características de desempenho com maior

proteção contra ferrugem, oxidação e formação de depósitos. Esta categoria foi introduzida em 1997 até 2001.

- SL – Surgiu em 2001 e é uma evolução do SJ, podendo ser utilizados em veículos FLEX, ou seja, que utilizam álcool/GPL e gasolina.
- SM – Surgiu em 2004 em diante, para todos os motores atuais – maior resistência a oxidação, melhor proteção contra formação de depósitos e melhor desempenho com o motor a frio.

Lista de classificação dos óleos lubrificantes para motores Diesel:

- CA - Óleo com aditivos que promovem uma proteção maior ao motor, contra a corrosão, desgaste, evitando a formação de depósitos a altas temperaturas. Óleo para uso em motores Otto e motores a Diesel não turbinados (com aspiração natural), operando em condições ligeiras a moderadas, com combustível de baixo teor de enxofre (0,4%). Este tipo de óleo foi largamente usado nas décadas de 1940 e 1950.
- CB – Óleo com aditivos, proporcionando a mesma proteção que os óleos de Classe CA, mas em maior grau, devido à utilização de um combustível de elevado teor de enxofre. Óleo para uso em motores Diesel, operando em condições ligeiras a moderadas, com combustível de elevado teor de enxofre (1%).
- CC- Os óleos da classe CC proporcionam proteção contra depósitos de altas temperaturas e formação de depósito a baixa temperatura. Também possuem proteção contra ferrugem, desgaste e corrosão. Óleo para uso em motores a gasolina sob serviço severo e motores a Diesel turbinados com baixa taxa de superalimentação, operando sob condições de moderadas a severas, com qualquer tipo de combustível.
- CD – Óleo com aditivos, proporcionando a mesma proteção que os óleos classe CC, mais em maior grau. Indicado para motores Diesel turbinados com alta taxa de superalimentação, operando em condições severas e com qualquer tipo de combustível.
- CD-2 – Motores Diesel 2 tempos, trabalhando sob condições severas.
- CE – Óleo com aditivos, superando a categoria CD em ensaios mais severos de desempenho. Homologada em abril de 1987. Indicado para motores Diesel turbo alimentados em condições severas.
- CF – Categoria introduzida a partir de 1994, podendo ser usada em substituição a API CE. Para serviços em motores Diesel de injeção indireta e outros, incluindo os que usam gásóleo com alto teor de enxofre (acima de 0.5%). Apresenta controlo na formação de depósitos, corrosão e desgaste, indicado para motores superalimentados, turbinados ou de aspiração natural.
- CF-2 - Para serviço em motores Diesel a 2 tempos que requerem efetivo controlo de desgaste e controlo na formação de depósitos. Esta categoria demonstra superior performance em relação aos óleos da classificação CD-2, podendo substituí-la.

- CF-4 - Esta classificação foi criada em 1990 para uso em motores Diesel de quatro tempos operando em altas velocidades. O CF-4 excede os requisitos do API CE no que respeita a um maior controle de consumo de lubrificante e formação de depósitos.
- CG-4 - Categoria introduzida em 1994, desenvolvida especialmente para uso em motores projetados para atender aos níveis de emissão do EPA (Agência de Proteção Ambiental) podendo ser usada nos motores Diesel de alta rotação, usando óleo com teor de enxofre inferior a 0,5%. Os óleos desta categoria destacam-se pela proteção aos motores contra a formação de depósitos operando em altas temperaturas, espuma, corrosão, desgaste, estabilidade a oxidação e acumulação de depósito.. Tal como os óleos da categoria “CF-4”, podem ser utilizadas em todos os veículos com teor de enxofre não superior a 0,5%.
- CH-4 - Categoria disponível a partir de dezembro de 1998. A classificação API CH-4 foi desenvolvida para cumprir os rigorosos níveis de emissão de poluentes, em motores de alta rotação e binário, que utilizam óleo diesel com até 0,5% de enxofre. Os óleos desta categoria proporcionam especial proteção contra desgaste nos cilindros e segmentos, além de possuírem o adequado controle de volatilidade, oxidação, corrosão, espuma. A classificação CH-4 substitui as classificações anteriores para motores de quatro tempos a diesel.

Lista de classificação para lubrificantes de transmissão, classificação GL:

- GL-1 - Serviço típico de engrenagens helicoidais e sem-fim, operando sob condições de baixa pressão e velocidade, tais que um óleo mineral puro pode ser usado satisfatoriamente. Os óleos podem possuir aditivos antiespumante, antioxidante, antiferrugem e controle da viscosidade. Não são indicados para a maioria das caixas de 3 ou 4 velocidades dos automóveis, podendo satisfazer algumas transmissões de caminhões e tratores. Atualmente o GL-1 não é utilizado.
- GL-2 - Designa o serviço de engrenagens sem-fim, onde, devido às condições de velocidade, carga e temperatura, os lubrificantes da especificação anterior não satisfazem. Atualmente o GL-2 não é utilizado.
- GL-3 - Engrenagens cônicas helicoidais sob condições de moderada a severa velocidade e carga. Suportam condições mais severas que o GL-2 e contém aditivos anti desgaste.
- GL-4 - Particularmente engrenagens hipoidais operando a alta velocidade e alto binário. Não se aplica, geralmente, aos diferenciais antiderrapantes – antiblocantes.
- GL-5 – Semelhante à classificação GL-4, resistindo ainda à carga de choque.
- GL-6 - Semelhante à GL-5, sendo especialmente recomendada para engrenagens hipoidais com grande distância entre os eixos e condições de alta performance. Atualmente o GL-6 não é mais utilizado.

ANEXO IV - RESUMO DOS NÍVEIS ATUAIS DE QUALIDADE ACEA

Motores de gasolina e diesel de veículos ligeiros	
A1 / B1	Lubrificante específico para motores de gasolina e diesel de veículos ligeiros com tecnologia de baixo atrito, aptos para usarem óleos de baixa viscosidade com uma taxa de corte (HT/HS) de 2.6 a 3.5 mPa.s. Estes lubrificantes podem ser inadequados para uso em alguns motores.
A3 / B3	Lubrificante estável mantendo o grau de viscosidade, para uso em motores de alta performance a gasolina e diesel de veículos ligeiros e/ou com intervalos de mudança de óleo alargados e/ou motores recentes que usem lubrificantes de baixa viscosidade e/ou para uso em condições severas de utilização quando especificadas pelo fabricante.
A3 / B4	Lubrificante estável mantendo o grau de viscosidade, para uso em motores de alta performance a gasolina e diesel de injeção direta, mas sendo adequado para aplicações descritas para A3/B3.
A5 / B5	Lubrificante estável mantendo o grau de viscosidade, específico para uso em motores a gasolina de altas prestações com intervalos de mudança de óleo alargados, aptos a usarem lubrificantes de baixa viscosidade com uma taxa de corte (HT/HS) de 2.9 a 3.5 mPa.s. Estes lubrificantes podem ser inadequados para uso em alguns motores.

Lubrificantes compatíveis com sistemas pós tratamento de gases de escape: filtro de partículas (DPF) e catalisadores de três vias (TWC)

C1	Lubrificante estável, mantendo o grau de viscosidade, compatível com DPF e TWC, para uso em veículos (ligeiros de passageiros e comerciais) de alta performance equipados com motores a gasolina ou diesel que requerem lubrificantes de baixo atrito, baixa viscosidade, baixo teor de SAPS, com HT/HS maior que 2.9 mPa.s. Estes lubrificantes prolongam a vida útil do DPF e do TWC mantendo a economia de combustível.
C2	Lubrificante estável, mantendo o grau de viscosidade, compatível com DPF e TWC, para uso em veículos (ligeiros de passageiros e comerciais) de alta performance equipados com motores a gasolina ou diesel que requerem lubrificantes de baixo atrito, baixa viscosidade, baixo teor de SAPS, com HT/HS maior que 2.9 mPa.s. Estes lubrificantes prolongam a vida útil do DPF e do TWC mantendo a economia de combustível.

C3	Lubrificante estável mantendo o grau de viscosidade, compatível com DPF e TWC, para uso em veículos (ligeiros de passageiros e comerciais) de alta performance com motores a gasolina ou diesel. Estes lubrificantes prolongam a vida útil do DPF e do TWC.
C4	Lubrificante estável mantendo o grau de viscosidade, compatível com DPF e TWC, para uso em veículos (ligeiros de passageiros e comerciais) de alta performance com motores a gasolina ou diesel. Estes lubrificantes prolongam a vida útil do DPF e do TWC.

Motores diesel pesados	
E4	Lubrificante estável que mantém o grau de viscosidade. Fornece um controlo adicional de limpeza dos êmbolos, desgaste e formação de depósitos. É recomendado para motores diesel que cumpram as exigências de emissão de gases Euro I, Euro II e Euro III, operando em condições muito severas e exigentes, por exemplo, intervalos de mudança de óleo muito alargados. É adequado para motores Euro IV, sem filtro de partículas e para alguns motores equipados com válvula EGR ou com o sistema SCR de redução de NOx.
E6	Lubrificante estável que mantém o grau de viscosidade. Fornece um controlo adicional de limpeza dos êmbolos, desgaste e formação de depósitos. É recomendado para motores diesel que cumpram as exigências de emissão de gases Euro IV, operando em condições muito severas e exigentes, por exemplo, intervalos de mudança de óleo muito alargados. É também adequado para motores equipados com válvula EGR com ou sem filtro de partículas diesel (DPF) e com o sistema SCR de redução de NOx. A qualidade ACEA E6 é especificamente recomendada para motores equipados com filtro de partículas diesel (DPF), utilizando combustível com baixo teor de enxofre.
E7	Lubrificante estável que mantém o grau de viscosidade. Fornece um controlo efetivo de limpeza dos êmbolos, polimento dos cilindros e desgaste no turbo compressor. É recomendado para motores diesel que cumpram as exigências de emissão de gases Euro I, Euro II e Euro III, operando em condições muito severas e exigentes, por exemplo, intervalos de mudança de óleo muito alargados. É adequado para motores Euro IV, sem filtro de partículas e para a maioria dos motores equipados com válvula EGR e com o sistema SCR de redução de NOx.
E9	Lubrificante recomendado para motores diesel que cumpram as exigências de emissão de gases Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV e Euro V, operando em condições muito severas e exigentes, por exemplo, intervalos de mudança de óleo muito alargados. É adequado para motores com ou sem filtro de partículas diesel (DPF), equipados com válvula EGR ou com o sistema SCR de redução de NOx. É especificamente recomendado para motores equipados com filtro de partículas diesel (DPF) utilizando combustível com baixo teor de enxofre.

ANEXO V – HOMOLOGAÇÃO DOS CONSTRUTORES

Grupo VW AG (VW, Audi, Seat, Skoda)



VW 501 01/505 00	Motores a gasolina e diesel operando sob regimes pouco severos.
VW 502 00/505 00	Motores a gasolina e diesel operando sob regimes pouco severos.
VW 502 00/505 01	Especialmente para motores diesel equipados com injetor bomba. Intervalo de mudança máximo 15 0000 km
VW 504 00/507 00	Para veículos com serviço "Long Life" (WIV). Motores a gasolina equipados com sistemas pós tratamento de gases de escape: (TWC), catalisadores de 3 vias. Motores diesel TDI, equipados com sistemas pós tratamento de gases de escape: (DPF), filtro de partículas diesel, (exceto alguns modelos: touareg/phaeton/transporter)
VW 503 00/506 01	Norma para motores diesel com injetor bomba com intervalo de manutenção alargado.

Mercedes Benz



MB 229.1	Motores de gasolina e diesel.
MB 229.3	Motores de gasolina e diesel.
MB 229.31	Motores equipados com sistemas pós tratamento de gases de escape: (DPF), filtro de partículas diesel.
MB 229.5	Motores de gasolina e diesel com intervalo de mudança alargado.
MB 229.51	Motores de gasolina e diesel com intervalos de mudança de óleo alargados equipados com sistemas pós-tratamento de gases de escape: (DPF), filtro de partículas diesel.

Opel/Saab/Chevrolet



GM Dexos 2	Motores diesel e gasolina. Low SAPS. ACEA C3. Substitui a GM-LL-A e B-025
GM-LL-A-025	Motores a gasolina. Total economia de combustível.
GM-LL-B-025	Motores diesel. Total economia de combustível.

BMW



BMW Special Oils Motores a gasolina e diesel anteriores ao ano 1998.

BMW LongLife-98 Motores a gasolina e diesel a partir de 1998 até Dezembro de 2006.

BMW LongLife-01 Motores a gasolina e diesel a partir de 09/01.

BMW LongLife-01 FE Motores a gasolina a partir de 2001. Propriedades de economia de combustível. Valvetronic.

BMW LongLife-04 Motores a gasolina e diesel do ano 2004 e seguintes com intervalos de mudança de óleo alargados equipados com sistemas pós tratamento de gases de escape: catalisadores e filtro de partículas diesel.

Ford



WSS-M2C 913-A Motores a gasolina e diesel, excepto 1.9 Diesel TDI (Ford Galaxy) e 1.4 TDCI (Ford Fiesta).

WSS-M2C 913-B Motores 1.4 TDCI (Ford Fiesta). ACEA A1/B1.

WSS-M2C 913-C Abrange a série A e B da WSS-M2C 913

WSS-M2C 917-A Motores Diesel equipados com injetor bomba. (Motores VW).

WSS-M2C 934-A Low SAPS. ACEA C1. Motores EURO 4 a gasolina e diesel equipados com sistemas pós-tratamento de gases de escape: catalisadores e filtros de partículas diesel.

Renault



RN0720 Motores diesel dCi, equipados com filtro de partículas. Low SAPS. ACEA C4.

RN0710 Motores diesel sem filtro de partículas e todos os motores a gasolina sobrealimentados. ACEA A3/B4 + testes Renault.

RN0700 Motores a gasolina atmosféricos. ACEA A3/B4 ou ACEA A5/B5.

PSA Peugeot Citroen



B71 2290 Obrigatório para Euro 5 Diesel (exceto motorizações Toyota, Mitsubishi). Economizador de combustível. Low SAPS. ACEA C2 ou C3 + testes PSA.

B71 2294/B71 2300 Elevada performance. ACEA A3/B4 + testes PSA.

B71 2295 Performance Standard. ACEA A2/B2.

B71 2296 Muito elevada performance. ACEA A3/B4 + testes PSA.

Grupo Fiat



9.55535-S2	Low SAPS. ACEA C3. Longos intervalos: 30 000 km/1 ano.
9.55535-S1	Low SAPS. ACEA C2. Economizador de combustivel. 30 000 km/1 ano.
9.55535-N2	Motores turbo alimentados. ACEA A3/B4.
9.55535-M2	ACEA A3/B4.
9.55535-D2	Motores diesel.
9.55535-H3	Motores a gasolina. (ACEA A3/B4).
9.55535-G2	Motores a gasolina (standard).
9.55535-G1	Motores a gasolina (Fuel Eco)

PORSCHE



PORSCHE "ALL SEASON ENGINE OILS" (list).

PORSCHE NEW SYSTEM (desde Dez. 1999).

PORSCHE A 40 (Sports cars, Panamera s/turbo; Cayenne s/turbo/GTS).

PORSCHE C 30 Low SAPS. VW 504.00/507.00. ACEA C3. (Cayenne Diesel; Cayenne V6).