

## **Pesquisa exclusiva aprova qualidade do diesel no Brasil**

A qualidade do óleo diesel utilizado pelos usuários de máquinas pesadas e grupos geradores e frotistas de caminhões, nos diversos pontos do país, sempre foi objeto de curiosidade entre a grande maioria das pessoas envolvidas nas atividades diretamente ligadas aos custos e ao desempenho desses equipamentos.

Dando prosseguimento às matérias que a ELO tem dedicado ao combustível, a editoria da revista tomou a iniciativa, de fazer uma análise em amostras de óleo diesel coletadas em diversos pontos do Brasil. Assim, usando a estrutura das filiais da Sotreq e contando com a colaboração de usuários de equipamentos Caterpillar, coletou em canteiros de obras, minerações e postos de abastecimento, amostras do combustível utilizado nos equipamentos.

As origens dessas amostras estão localizadas nos estados de MG, SP, RJ, PA, MS, RO, TO, GO, DF, ES, AP e MT, perfazendo um total de 32 amostras, sendo que em estados com maior presença de usuários foram coletadas amostras em várias localidades, tanto do diesel “B” (interiorano), quanto do “D” (metropolitano). Doze ensaios foram executados em laboratórios de qualificação incontestável, resultando em 384 testes.

O passo seguinte consistiu em obter junto à Agência Nacional do Petróleo ANP, os laboratórios credenciados para análise de combustíveis, e quais os testes que as amostras coletadas deveriam ser submetidas, bem como os parâmetros oficiais para cada teste. Dentre os diversos laboratórios credenciados pela ANP, optou-se por dois laboratórios:

### **CEFET – Fundação de Apoio à Educação e Desenvolvimento Tecnológico de Minas Gerais**

Av. Amazonas, 5.253 / Sala 410 – Nova Suíça – Belo Horizonte – Fone: (31) 3332-2807

Contato: Sonja Bárbara Barczewski – e-mail: [sonjavv@dii.cefetmg.br](mailto:sonjavv@dii.cefetmg.br)

Análises encomendadas: água e sedimentos, cinzas, corrosão ao cobre, densidade relativa, destilação de 50% do produto, recuperado; destilação de 85% do produto, recuperado; índice de cetano calculado, ponto de fulgor e viscosidade cinemática.

### **Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC**

Av. José Cândido da Silveira, 2.000 – Horto – Belo Horizonte (MG) – Fone: (31) 3489-2200

Contato: Robson José C. F. Afonso – e-mail: [stg@cetec.br](mailto:stg@cetec.br)

Análises encomendadas: teor de enxofre e poder calorífico superior.

O laboratório SOS da Sotreq, localizado em Contagem (MG), entrou no processo para complementar as análises uma vez que possui os mais modernos equipamentos para análise de fluidos do país. Sua participação foi fundamental na avaliação das impurezas contidas nas amostras, usando para esse fim um contador de partículas de última geração.

## O significado de cada Teste

As amostras foram submetidas às análises mencionadas e o significado prático de cada uma delas é descrito de forma bastante simples para que o leitor possa entender e aplicar seus conhecimentos no seu dia-a-dia. Esperamos, desta forma, fornecer subsídios para que as empresas possam conhecer os meios de avaliar a qualidade do combustível que utilizam e, em caso de dúvida, saber a quem recorrer.

### 1 – Teor de Enxofre

Durante muitos anos a presença do enxofre no óleo diesel nacional, em função de seu alto teor, era considerado o motivo da maior preocupação entre fabricantes de motores e usuários dos veículos e equipamentos. Com a evolução da qualidade dos óleos lubrificantes (passaram a ser produzidos com reservas neutralizadoras de ácidos cada vez mais compatíveis com a necessidade – TBN), e com a gradativa redução da presença de enxofre no óleo diesel ofertado pelas refinarias, outros componentes do diesel passaram a ser objeto de permanente acompanhamento. O cuidado para com o meio ambiente tornou-se um grande aliado daqueles que sempre buscaram diesel de qualidade.

O enxofre é um elemento natural em todos os óleos crus. Os combustíveis pesados usualmente têm teor de enxofre alto. Os combustíveis destilados (ex.: óleo diesel) têm o teor de enxofre mais baixo porque pode ser reduzido ou eliminado durante o processo de refino. A eliminação total do enxofre no combustível acarreta, por seu lado, a eliminação da única substância presente no diesel que tem a capacidade de lubrificar os componentes móveis do sistema de injeção.

A presença do enxofre no óleo diesel, durante sua queima, na câmara de combustão do motor, dá origem à formação de óxidos de enxofre, que reagem com o vapor de água, formando o indesejável ácido sulfúrico. Do mesmo modo que o ácido sulfúrico, se esses vapores ácidos condensarem-se, atacam as superfícies metálicas das guias de válvulas e camisas e podem afetar os mancais. Por exemplo, quando a temperatura das camisas está mais baixa que o ponto de orvalho do ácido sulfúrico e o óleo lubrificante não tem reserva alcalina (TBN) suficiente para neutralizar o ácido, as camisas podem desgastar-se dez vezes mais rapidamente.

Quando ocorre avaria pelo enxofre do combustível, a alteração no rendimento dos motores ocorre de forma lenta, porém constante e irreversível, acarretando, inicialmente, alteração nas folgas entre as partes móveis e terminando com a necessidade de reforma geral bastante dispendiosa. Embora fora de nossos objetivos, não poderíamos deixar de mencionar os danos ambientais causados pelas emissões, através dos canos de descargas dos motores, de gases oriundos da queima de combustíveis portadores de enxofre.

O teste do teor de enxofre indica a concentração de enxofre no óleo diesel. Os teores máximos admitidos para os dois tipos de óleo diesel ofertados no mercado brasileiro são:

- Óleo diesel Tipo “B”, conhecido como diesel interiorano, com o teor máximo de enxofre de 0,35%. O “B” se distingue do “D” por sua coloração avermelhada.
- Óleo diesel tipo “D”, conhecido como diesel metropolitano, com teor máximo de enxofre de 0,20%, comercializado nas capitais e suas regiões metropolitanas e no Vale do Aço, Grande Campinas, Baixada Santista, São José dos Campos e cidades próximas, no estado de São Paulo.

## 2 – Poder Calorífico

Significa poder ou energia calorífica que um combustível é capaz de desenvolver durante sua combustão e expressa-se por uma unidade chamada caloria, que é a quantidade de calor necessária para elevar de 1 °C a quantidade de um grama de água.

Combustíveis com poder calorífero inferior ao especificado comprometem o rendimento dos motores, fazendo com que os mesmos operem com potências aquém das anunciadas pelos fabricantes. Na maioria das vezes, a queda de potência não é perceptível “no sentimento”, e normalmente, trazem grandes prejuízos aos empresários.

Para determinação exata do poder calorífero de um combustível são utilizados calorímetros, onde a partir de sua queima e da transferência de calor para certa quantidade de água, determina-se a variação da temperatura e, conseqüentemente, a quantidade de calor fornecido. Considerando apenas o poder calorífico superior, o limite mínimo regulamentado pela ANP é 10.000 Cal/g.

Apenas a tipo de ilustração, uma carregadeira de rodas 938G Caterpillar (com motor 3126) oferece potência no volante do motor de 160 hp a 2.200 rpm e exige a utilização de óleo diesel com 18.390 BTU/Lb (10.206 Cal/g).

## 3 – Percentagem de Água e Sedimentos

Atualmente constituem um dos maiores problemas enfrentados pelas distribuidoras de combustível. Normalmente a água surge em função de depósitos mal-vedados, condensações internas, presença de água oriunda de lavagens de tanques, etc. A eliminação da água nos depósitos pode ser feita com certa facilidade, desde que haja uma sistemática rigorosa de se cuidar para a instalação dos depósitos com inclinação correta, boa vedação e uma drenagem periódica. Os sedimentos, constituídos por ferrugem e borras, em sua grande maioria, surgem em função da presença da água no combustível (alimenta a corrosão), além de depósitos mal-conservados, sujos e com processos evoluídos de oxidação interna.

A presença da água compromete seriamente os componentes da injeção, provocando seu desgaste prematuro, além de combustão imperfeita. Por outro lado, permitem o aparecimento de bactérias, que vivem no meio aquoso, e se alimentam do combustível. Já os sedimentos comprometem o sistema de filtragem e sua presença nos componentes de injeção danificam os bicos injetores, colaborando para alteração em todo o processo de injeção.

O teste é feito centrifugando-se, em tubo de ensaio, 50 mililitros da amostra misturada com quantidade igual de um solvente (tolueno). No final, lê-se a camada de água e sedimentos presentes na parte inferior do tubo e a seguir calcula-se a percentagem de água e sedimentos em relação à amostra tomada. Os limites máximos previstos pela ANP para presença de água e sedimentos no óleo diesel é de 0,05% em volume.

## 4 – Teor de Cinzas

É o teor de resíduos inorgânicos, não combustíveis, apurados após a queima de uma amostra do produto. As cinzas ou sais, ou óxidos metálicos, são formados após a combustão do produto e se apresentam como abrasivos. Sua presença, através de depósitos, em quantidades superiores às especificadas, prejudicam os pistões, anéis, assentos de válvulas, bombas injetoras, injetores (as cinzas

podem obstruir os bicos injetores), turbocompressores, câmara de combustão, etc. As cinzas podem causar superaquecimento localizado nas superfícies metálicas, tal como assento das válvulas de exaustão, podendo causar falhas prematuras.

Algumas medidas ajudam a prevenir a formação de depósitos de cinzas: evitar o uso de aditivos não-aprovados no combustível, usar filtros e tanques de decantação para remover sólidos, manter a temperatura dos assentos de válvulas o mais fria possível, usar acessório para resfriar a parte quente do turbocompressor e outras.

A análise é feita queimando-se determinada quantidade de amostra, seguido da calcinação do resíduo com sua posterior quantificação como percentagem de cinzas no óleo. O limite máximo previsto pela ANP para presença de cinzas no diesel é de 0,020% em percentagem de massa.

## **5 – Corrosividade ao Cobre**

Trata-se da avaliação do caráter corrosivo do produto. Esse teste dá indicação do potencial de corrosividade do diesel, no que diz respeito às peças metálicas e confeccionadas em ligas de cobre, que se encontram presentes nos sistemas de combustível dos veículos e equipamentos, além das instalações de armazenamento. A corrosividade do diesel é, normalmente, associada à presença do enxofre elementar e gás sulfídrico.

O vapor de água, que é um produto da combustão interna, pode associar-se com o gás sulfídrico para formar um líquido corrosivo mais forte – o ácido sulfúrico. Componentes internos, particularmente guias de válvulas, anéis de pistão e camisas, desgastam-se mais rapidamente se o diesel apresenta corrosividade alta. A vida do motor, como um todo, é encurtada.

O teste é feito imergindo uma lâmina de cobre devidamente preparada numa amostra de produto mantida a 50°C, por três horas. Decorrido esse tempo, a lâmina é retirada, lavada e sua coloração é comparada com a lâmina padrão da ASTM, o que permite que se defina o grau de corrosividade do óleo. Pelas normas da ANP, a corrosividade ao cobre máxima permitida são os níveis 1, 1a e 1b na lâmina padrão da ASTM.

## **6 – Densidade Relativa a 20-4 °C**

É a relação entre a massa específica do diesel a 20°C (em g/cm<sup>3</sup>) e massa específica da água (em g/cm<sup>3</sup>) a 4°C. Os motores são projetados para operar com combustíveis em determinada faixa de densidade, tendo em vista que a bomba injetora dosa o volume injetado. Quando a densidade varia, o conteúdo energético da porção injetada e a relação ar-combustível, na câmara de combustão, ficam alterados.

Valores de densidades acima das faixas de regulagem podem levar à mistura rica de ar/combustível, o que aumenta a emissão de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado. Valores baixos para a densidade podem favorecer a formação de mistura pobre, o que leva à perda de potência do motor e ao aumento de consumo de combustível.

O teste é feito imergindo-se um densímetro de vidro em proveta de 1.000 ml, contendo amostra do produto. Neste caso, o resultado é expresso como densidade a 20-4 °C. Os limites especificados pela ANP são: 820 a 880 kg/m<sup>3</sup> para diesel “B” (interiorano) e 820 a 865 kg/m<sup>3</sup> para diesel “D” (metropolitano).

## 7 – Destilação de 50% do produto, recuperado (°C)

Uma determinada quantidade de óleo diesel é gradativamente aquecida, onde a medida que vai sendo destilado as suas temperaturas vão sendo observadas. Para o caso da destilação de 50% do produto, recuperado, significa a temperatura em que 50% do volume do produto é destilada.

O controle desse ponto da destilação contribui para o bom desempenho do motor quando o mesmo já se encontra em regime uniforme de funcionamento e nas retomadas de velocidade. Para ambos os tipos de diesel, a ANP estabelece limites de 245 a 310 °C.

## 8 – Destilação de 85% do produto, recuperado (°C)

Segue os mesmos métodos do teste anterior, porém, nesse caso, consiste na temperatura em que 85% do volume do produto é destilado. Essa análise visa controlar o teor de frações pesadas no óleo com o objetivo de minimizar a formação de depósitos no motor, emissões gasosas de hidrocarbonetos não-queimadas, emissão de fumaça preta e de óxidos de nitrogênio. Limites previstos pela ANP: diesel “B” (interiorano), máximo de 370 °C, e diesel “D” (metropolitano), máximo de 360 °C.



## 9 – Índice de Cetano Calculado

Combustíveis com alto teor de parafinas apresentam elevado número de cetano, enquanto produtos ricos em hidrocarbonetos aromáticos apresentam baixo número de cetano. Combustíveis com teor aromático alto, usualmente têm número de cetano baixo. Diretamente ligado ao número de cetano, o índice de cetano calculado está ligado à qualidade de ignição do óleo diesel. Baixos índices de cetano acarretam dificuldade na partida do motor a frio e depósito nos pistões, além de permitir o aparecimento de fumaça branca na exaustão devido à combustão incompleta, mau funcionamento do motor, etc.

Valores altos do índice de cetano apresentam as seguintes influências: facilidade de partida a frio, o motor atinge mais rapidamente a temperatura de trabalho, impede o efeito detonação e suas conseqüências, permite ao motor funcionamento mais suave, minimiza a emissão de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado. O número de cetano pode ser aumentado usando aditivos previamente recomendados pelos fabricantes.

Motores dotados de câmara de pré-combustão requerem número de cetano mínimo de 35, ao passo que os motores com injeção direta necessitam de um valor mínimo de 40. O teste é feito usando fórmulas matemáticas. A ANP estipula o 42 como valor mínimo para o número de cetano.

## 10 – Ponto de Fulgor

É a menor temperatura na qual o produto gera quantidade de vapores que se inflamam quando se dá a aplicação de uma chama, em condições controladas. Essa característica do diesel está ligada à sua inflamabilidade e serve como indicativo dos cuidados a serem tomados durante o manuseio, transporte, armazenamento e uso do produto. O ponto de fulgor não tem interferência direta no funcionamento dos motores.

O teste consiste em aplicar uma chama padrão em uma amostra de diesel colocada em um vaso fechado e submetido ao aquecimento controlado, até que os vapores gerados se inflamem. A ANP estipula como sendo de 38 °C o ponto de fulgor mínimo.

## 11 – Viscosidade Cinemática

Trata-se de medida da resistência oferecida pelo diesel ao escoamento. Seu controle visa permitir boa atomização do óleo e preservar suas características lubrificantes. Baixos valores de viscosidade acarretam desgastes precoces nos elementos do sistema de injeção que requerem lubrificação, queda na capacidade de pressurização do combustível pelo sistema de injeção, com comprometimento na combustão.

Viscosidade além dos valores especificados acarretam sobrecarga do sistema de injeção, danos nos bicos injetores, pulverização incorreta do combustível na câmara de combustão, entre outros.

A viscosidade varia com a temperatura, portanto, a alteração da temperatura pode permitir o seu ajuste. Em climas muito quente ou muito frios, a mistura de outros tipos de diesel pode permitir o acerto da viscosidade ideal.

O teste de teor de viscosidade é feito fazendo-se escoar, sob gravidade, uma quantidade controlada de amostra através de um viscosímetro. Quanto maior for o tempo necessário ao

escoamento, mais viscoso é o produto. A ANP específica que a viscosidade a 40°C deve estar entre 2,5 e 5,5 cSt.

## 12 – Contagem de Partículas

Pesquisa e quantifica a presença de contaminantes no óleo diesel. Detecta tanto partículas metálicas como não-metálicas, inclusive sujeira de fontes externas como, por exemplo, sílica.

Um contador de partículas emite raio de luz a laser, quantificando e registrando os tamanhos dos contaminantes, através de sensor que monitora as alterações da iluminação. O resultado segue a norma ISO 4406 que classifica as partículas no tamanho maior do que cinco e maior do que 15 micra.

### O resultado dos testes

Após a explicação de como são executados os testes e a influencia prática de cada um deles no funcionamento dos motores, podemos partir para o resultado das análises feitas nas amostras coletadas.

#### RESULTADO DAS ANÁLISES DO CEFET-MG

Características	Método	Mínimo	Máximo	Média dos Resultados
Água e Sedimentos (% volume)	ASTM D 1796	-	0,05	Zero
Cinzas (% massa)	ASTM D 482	-	0,020	0,002
Corrosão ao cobre (3h a 50 °C, max.)	ASTM D 130	-	1b	1b/1a
Densidade relativa a 20-4 °C (kg/m <sup>3</sup> )	ASTM D 4052	820	880	856,5
Destilação 50%, recuperado (°C)	ASTM D 86	245,0	310,0	284,1
Destilação 85%, recuperado (°C)	ASTM D 86	310,0	370,0	362,3
Índice de cetano calculado	ASTM D 4737	42,0	45,0	45,2
Ponto de fulgor (min. °C)	ASTM D 56	38,0	-	55,3
Viscosidade cinemática a 40 °C (cSt)	ASTM D 445	2,5	5,5	3,7

#### RESULTADO DAS ANÁLISES DO CETEC-MG

Parâmetro	Método	Laboratório	Médias dos Resultados
Poder Calorífico Superior	ASTM D 240	Orgânica	11325
Enxofre	ASTM D 4294	LEC	0,25

#### RESULTADO DAS ANÁLISES DO SOS

CONTAGEM DE PARTÍCULAS									
Parâmetro	ISO	5µ	10µ	15µ	20µ	25µ	30µ	40µ	50µ
Médias dos Resultados	16/13	1657	273	88	45	30	23	14	8

## Comentários sobre o resultado dos testes

Podemos dizer que, sobre certos aspectos, o resultado dos testes nos surpreendeu positivamente. Em primeiro lugar tivemos como constatar que o óleo diesel aplicado pelo universo de empresas pesquisadas não se encontra fora das especificações dos fabricantes. Esta, aliás, era uma grande preocupação, não só da nossa parte, mas da maioria dos usuários Caterpillar.

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) mantém convênio com diversos laboratórios para monitorar a qualidade dos combustíveis distribuídos no país. Essa iniciativa, que objetiva aferir a qualidade dos combustíveis em quase todo o território nacional, fiscaliza por amostragem e identifica os aspectos de não-conformidade, ajudando, em muito, o usuário no sentido de o mesmo estar adquirindo produtos de boa qualidade.

Pelas estatísticas apresentadas pela ANP, a maioria das não-conformidades detectadas situam-se na presença de tipo de óleo diesel fora das regiões demarcadas, ou seja, óleo “D” (metropolitano) em locais onde deveria ser encontrado o óleo “B” (interiorano) e *vice-versa*. Embora sem grande importância para efeitos funcionais dos motores, essas constatações estão diretamente ligadas ao meio ambiente, uma vez que a diferenciação nos dois tipos de óleo diesel visa fornecer um produto com menor teor de enxofre nos grandes centros urbanos. Como pode ser verificado nos quadros com os resultados dos testes feitos, a média de 0,25% alcançada entre as 32 amostras analisadas encontram-se rigorosamente dentro dos limites estabelecidos pela ANP.

Apesar da aprovação do produto, baseando-se nos resultados obtidos nos laboratórios oficiais e no da Sotreq (SOS), especificamente chamou a atenção o ensaio de Água e Sedimentos, que apresentou resultado zero em todas as amostras analisadas. Por representar um dos problemas mais comuns no óleo diesel (presença de água e impurezas), submetemos as amostras ao contador de partículas do laboratório SOS da Sotreq. O resultado mostrou a presença de muita sujeira no óleo diesel. Em pelo menos 35% das amostras analisadas verificou-se a presença de contaminação acima dos limites estipulados pela Caterpillar para óleo diesel (código ISO 16/13).

Segundo a norma ISO, o código 16/13 significa que o número 16 indica partículas maiores que 5 micra e o número 13 indica partículas maiores que 15 micra. Assim, o código 16/13 indica que temos os seguintes quantitativos de partículas, no óleo diesel, por ml:

- 16: entre 320 e 640 partículas maiores que 5 micra em suspensão por ml.
- 13: entre 40 e 80 partículas maiores que 15 micra em suspensão por ml.

São, ainda, aceitáveis variações de até uma unidade em cada faixa, ou seja, até uma relação de 17/14 é aceita pela norma.

Nos testes foram detectadas, entre outras localidades que se apresentaram fora do exigido, uma com relação de 20/16, no caso, coletada no Mato Grosso. Naturalmente, as amostras coletadas ainda não haviam passado pela filtração anterior ao sistema de injeção, portanto, não significa que as impurezas detectadas conseguirão transpor os filtros, mas de qualquer maneira, significam um risco. A Caterpillar estima que valores que extrapolam os limites estabelecidos colocam em risco o sistema de injeção e, conseqüentemente, o funcionamento de seus motores. Nesses casos, a filtração de alta eficiência é recomendada.

Segundo a Petrobras, o óleo diesel que sai das refinarias são rigorosamente fiscalizados por uma bateria de testes que excedem àqueles normalmente preconizados pela ANP. Esses procedimentos praticamente impedem que combustíveis entregues pelas refinarias da Petrobras apresentem qualquer anormalidade em relação às especificações. Entretanto, chamam a atenção para a grande incidência de contaminação nos transportes e armazenamento dos produtos.

É grande a constatação, feita por técnicos da empresa, da existência, principalmente de água, nos produtos armazenados em depósitos de usuários. Segundo informações colhidas na empresa, um dos maiores responsáveis pela contaminação por água e impurezas do óleo diesel é o seu transporte. Tanques de caminhões, de comboios ferroviários e de navios, nunca são limpos, carregam vários produtos sem sofrerem a necessária descontaminação e apresentam elevados graus de corrosão interna, poeira e presença de água. A água propicia o aparecimento de bactérias que vivem em seu meio e desencadeiam todo um processo altamente indesejado.

Uma parcela do óleo diesel utilizada no país é proveniente de importação. Trata-se de quantidades pequenas e são frutos de interesse comerciais do governo. Essas importações, na grande maioria dos casos, são feitas diretamente por distribuidoras multinacionais, e devem seguir rigorosamente as normas da ANP. A Petrobras, segundo a fonte consultada, não interfere no processo.

## **Comentários conclusivos**

Por tudo que acompanhamos no desenrolar do processo, nos pareceu que o grande problema existente no combustível utilizado pelos nossos equipamentos e veículos consiste na presença de água e impurezas. Dentro de um raciocínio lógico, podemos até arriscar em afirmar que o grande vilão da história se resumiria, principalmente, na presença da água no combustível. De forma direta, ela é bastante nociva, e de forma indireta, propicia o surgimento de bactérias causadoras de borras, corrosões e deteriorações que, de uma forma geral, encurtam a vida útil do produto.

A contaminação com água, pode ocorrer no transporte e armazenamento do produto, quando feitos de forma incorreta e, principalmente, no dia-a-dia das operações. Sabemos que a medida que o combustível aquece, tanto o dos armazenamentos quanto os dos tanques das máquinas e veículos, se expandem, devido ao calor gerado no funcionamento sob o sol. No final dos turnos de trabalho, os espaços vazios deixados pela retração do diesel (devido ao seu resfriamento) e pelo consumo do mesmo, são ocupados pelo ar atmosférico.

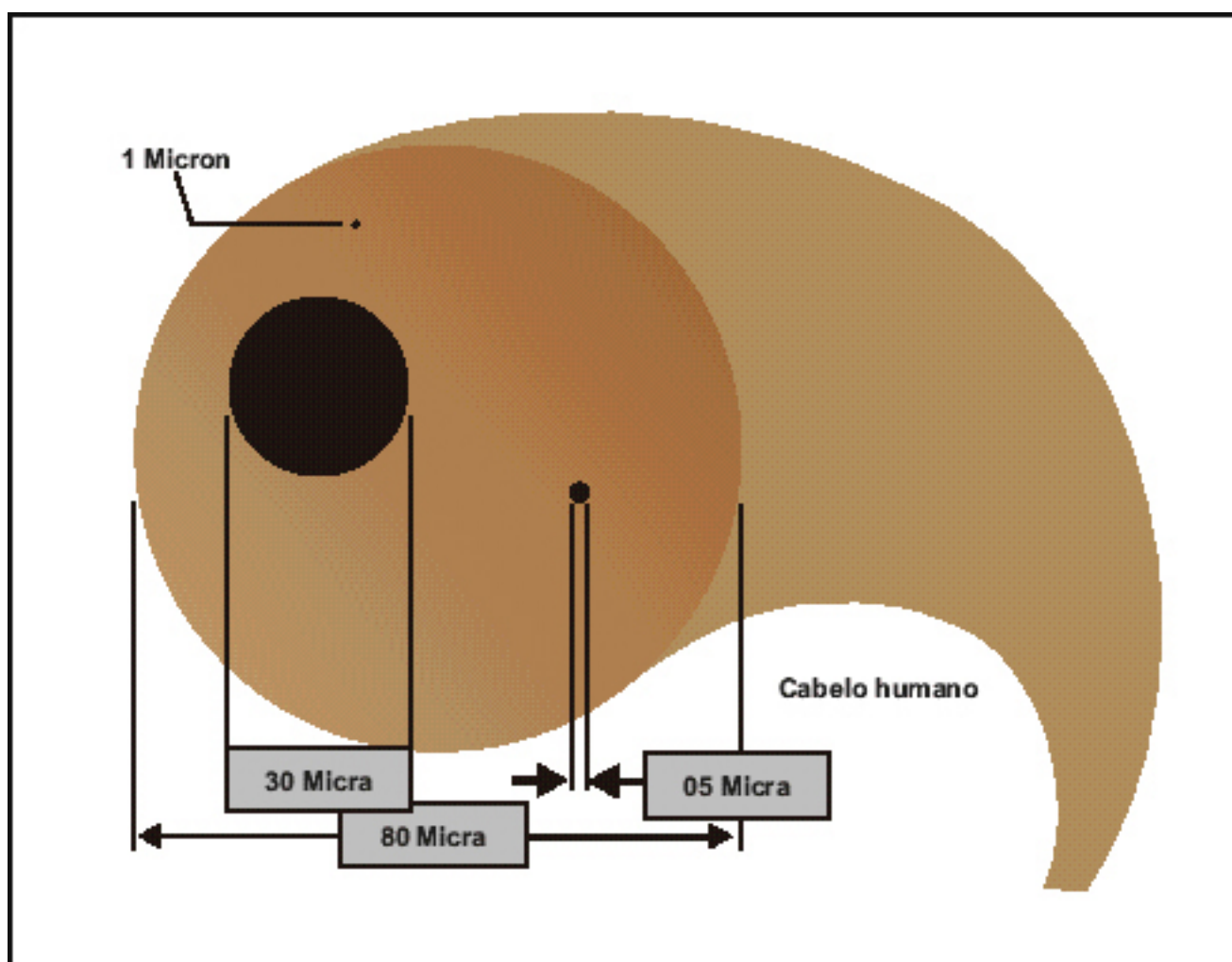
O ar contém umidade relativa que varia de acordo com cada época do ano e com a localidade geográfica. No verão, por exemplo, há situações normais em que o ar contém umidade relativa entre 80% e 90%. Por outro lado, 100% de umidade relativa do ar significa algo em torno de 6% de umidade absoluta (água). Daí pode-se concluir que a contaminação com água, quando não são tomados os cuidados necessários – e na grande maioria dos casos não são –, pode ocorrer com muita facilidade.

A pressão de injeção de combustível na câmara de combustão já chegam, em alguns casos, em 2.600 bares, isto significa quase o dobro do que tínhamos há 10 anos atrás. Esses valores de pressões exigem combustíveis limpos e secos. Os orifícios dos injetores são tão pequenos que uma mínima quantidade de água ou impurezas que passam pelos filtros podem destruir a ponta de um injetor. Práticas como as que vemos com frequência quando na substituição de elementos filtrantes, em que o funcionário enche o novo filtro com óleo sem filtrar, para garantir a não interrupção do fluxo, obviamente deverão ser eliminadas. O óleo, embora em quantidades desprezíveis na ótica desse

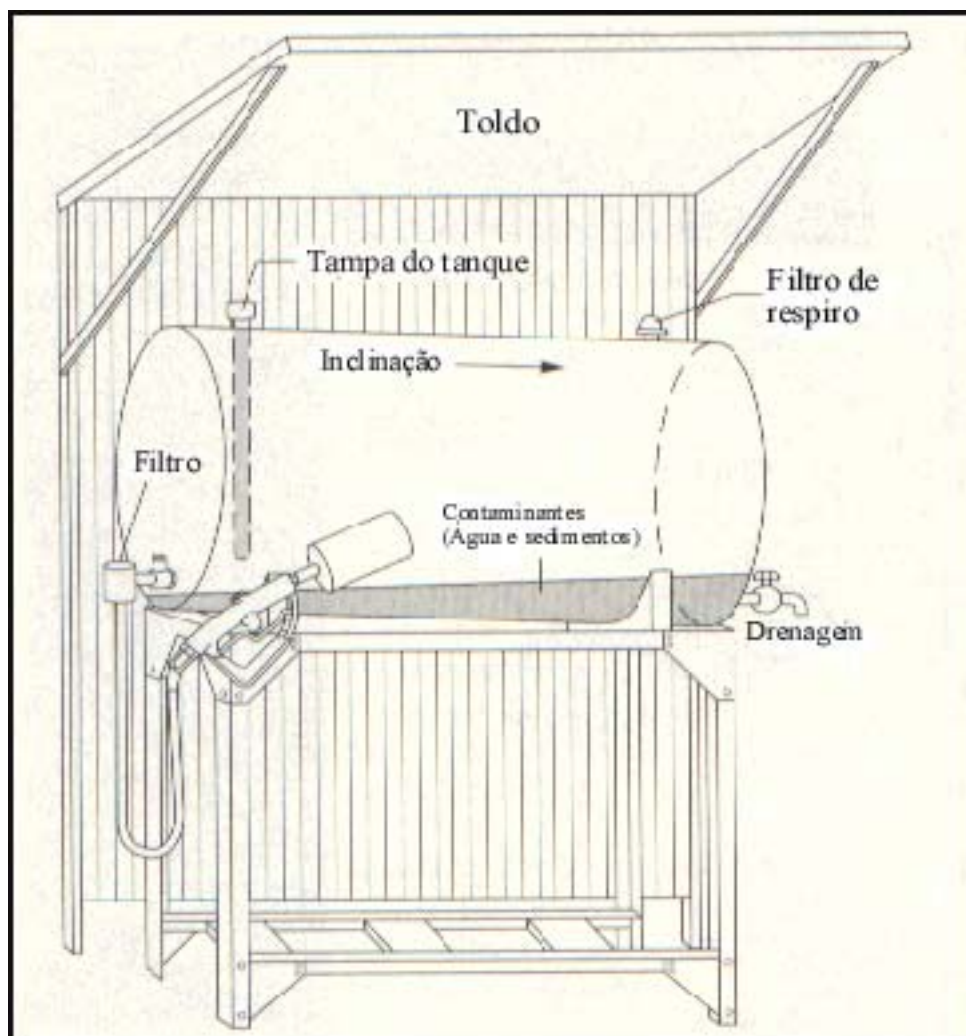
funcionário, é o bastante para comprometer de forma irreversível e onerosa o sistema de injeção dos motores mais modernos.

A cada inverno constatamos a dificuldade que os operadores encontram em fazer funcionar os motores na parte da manhã. Antes de ler o texto poderíamos até atribuir ao combustível a culpa pelo inconveniente. Um índice de cetano ou uma viscosidade fora de especificação, de um combustível duvidoso, poderiam levar a este fenômeno tão incomodo. Acabamos de observar que o combustível que utilizamos se enquadra dentro das exigências no tocante desses dois índices, que são inerentes à sua produção nas refinarias.

Já a presença da água e impurezas ocorre, como acabamos de ver, devido à falta de cuidados entre o transporte, armazenamento e uso. O verão é a época do ano mais propensa à contaminação do combustível, principalmente pela água. O efeito silencioso do desgaste no sistema de injeção torna-se menos perceptível em temperaturas mais elevadas, como é o caso do verão. Em estações com temperaturas mais baixas, as exigências sobre os sistemas de injeção são capazes de apontar qualquer tipo de anomalia nos mesmos. Assim, os descuidos praticados nos ambientes com temperaturas mais elevadas, irão repercutir seriamente na época das baixas temperaturas do inverno, permitindo a repetição, a cada ano, da crônica anomalia que todos conhecemos.



Os cuidados com os filtros seguem a mesma linha de raciocínio. A grande maioria dos usuários não tem a menor noção da capacidade filtrante dos produtos que adquirem no mercado e, assim, colocando em risco todo o sistema de injeção. A Caterpillar tem disponibilizado no mercado filtros de alta eficiência, que são capazes de reter partículas de até 2 micra. O uso desses filtros comprovaram, através de testes executados, que são capazes de duplicar a vida útil das bombas injetoras levando-as a ultrapassar as 10 mil horas de vida útil. Essas medidas foram tomadas após a constatação de que 44% das falhas no sistema de injeção eram causados por partículas abrasivas.



Não temos a menor dúvida de que com a chegada no mercado de motores mais modernos e também devido ao alto custo do diesel, a operação com o combustível e lubrificantes exigirá muito mais cuidados dos que a grande maioria dos usuários dedicam a eles hoje. Os frotistas de equipamentos e veículos terão, sem demora, que rever seus conceitos e práticas.

### ESPECIFICAÇÕES DO ÓLEO DIESEL

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	LIMITES		MÉTODOS	
		TIPOS		ABNT	ASTM
		Interior (B)	Metropolitano (D)		
<b>APARÊNCIA</b>					
Aspecto	-	Límpido e isento de impurezas		Visual (2)	
Cor ASTM (máximo)	-	3,0	3,0	NBR 14483	D 1500
<b>COMPOSIÇÃO</b>					
Enxofre total (máximo)	% massa	0,35	0,20	-	D 1552
				-	D 2622
				NBR 14533	D 4294
<b>VOLATILIDADE</b>					
Destilação	°C	-	-	NBR 9619	D 86
50% vol. (recuperado) máximo		245,0 – 310,0			
85% vol.(recuperado) máximo		370,0	360,0		
Massa específica a 20 °C	kg/m <sup>3</sup>	820 a 880	820 a 865	NBR 7148	D 1298
				NBR 14065	D 4052
Ponto de fulgor (mínimo)	°C	38,0		NBR 7974	D 56, D 93
				NBR 14598	D 3828
<b>FLUIDEZ</b>					
Viscosidade a 40 °C	(mm <sup>2</sup> /s) cSt	2,5 a 5,5		NBR 10441	D 445
Ponto de entupimento de filtro a frio	°C	-		NBR 14747	D 6371
<b>COMBUSTÃO</b>					
Número de cetano, mínimo (6)	-	42		-	D 613
Resíduo de carbono Ramsbottom no resíduo dos 10% finais da destilação (máximo)	% massa	0,25		NBR 14318	D 524
Cinzas (máximo)	% massa	0,02		NBR 9842	D 482
<b>CORROSÃO</b>					
Corrosividade ao cobre, 3 h a 50 °C (máximo)	-	1		NBR 14359	D 130
<b>CONTAMINANTES</b>					
Água e Sedimentos (máximo)	% volume	0,05		NBR 14647	D 1796

Fonte: Agência Nacional de Petróleo – ANP

## Produtos de combustão incompleta: formação e efeitos

SUBSTÂNCIA	FORMA COMO É ENCONTRADO	O QUE É	COMO AGE	FORMAÇÃO NO MOTOR DIESEL	EFEITOS NO AMBIENTE
Hydrocarbonetos (HC)	Gás que, dependendo da composição, pode ou não ser inodoro.	Restos de combustível não-queimado. Alguns são originados do óleo lubrificante.	Participa de reações fotoquímicas na atmosfera: (“smog fotoquímico”).	Tanto o excesso de ar como a sua falta tem influência na emissão de HC. O esfriamento da mistura nas paredes da câmara de combustão aumenta o HC. Quanto maior a câmara, maior a tendência de formação de HC. Baixas cargas e baixa temperatura dos gases de escape diminuem a pós-reação do HC no escape. Grandes zonas de fogo e região de esmagamento têm tendência de aumentar o HC.	Alguns aromáticos são considerados cancerígenos e atacam o sistema nervoso. Olefinicos e acetilenos, por exemplo, integram a reação “smog fotoquímico” (vide NO <sub>x</sub> ). Parafinicos possuem efeito narcótico e irritam levemente a mucosa.
Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	Principais: NO – Gás inodoro, sem gosto e incolor. NO <sub>2</sub> – gás avermelhado, odor ardente.	Reação do nitrogênio contido no ar com o oxigênio.	Transforma-se em ácido nítrico em contato com a água. Participa das reações fotoquímicas na atmosfera.	A altas temperaturas e pressões ocorre a reação: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}$ Que se transforma em NO <sub>x</sub> . A qualidade do combustível, o ponto de injeção, os efeitos do turbilhonamento do ar na câmara e a montagem de turbocompressor do motor influem na formação de NO <sub>x</sub> .	“Smog fotoquímico”: causa irritações nos olhos, nariz, garganta e pulmão. Agrava doenças respiratórias. Causa danos às plantas. O NO <sub>2</sub> é tóxico, causando doenças respiratórias. Nas plantas, o NO <sub>2</sub> provoca supressão do crescimento, clorose e queda prematura das folhas.
Monóxido de carbono (CO)	Gás inodoro, incolor e sem paladar.	Resultado da queima parcial do combustível na câmara de combustão.	Ao combinar-se com a hemoglobina, no lugar do oxigênio, impede que o sangue circule no organismo.	Se o combustível não encontrar a parcela adequada de oxigênio dentro da câmara, produz-se CO. Este, depende da relação ar/combustível e da homogeneização da mistura.	Dores de cabeça, desconforto, cansaço, palpitações no coração, vertigem e diminuição dos reflexos. Em ambiente fechado, pode levar à morte.
Ozônio (O <sub>3</sub> )	Gás incolor, com odor característico.	Formado pelas reações fotoquímicas na atmosfera.	Não se sabe.	–	Na estratosfera, detém os raios ultravioletas; porém, junto à superfície, irrita as mucosas e reduz a capacidade pulmonar. Acredita-se que destrua enzimas e proteínas. Também exerce efeito destrutivo sobre materiais e plantas.
Fuligem (material particulado)	Poeira microscópica, gerada principalmente pelos motores diesel.	Partículas microscópicas compostas de carbono, hidrocarbonetos não queimados, sulfatos e traços de outros elementos (metais, água, etc.).	Fica em suspensão no ar e, dependendo do tamanho, pode chegar aos pulmões.	Formada a partir da combustão incompleta do combustível e do óleo lubrificante e das impurezas do combustível.	Agente irritante dos olhos e vias respiratórias. Ação cancerígena humana não comprovada. Produz efeitos indesejáveis na atmosfera, como a redução da visibilidade e do contraste pelo fenômeno de difração de luz nas partículas (aerossóis).
Óxidos de enxofre (SO <sub>x</sub> )	Principalmente na forma de SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub> . Gases incolores, altamente tóxicos, de odor irritante.	O enxofre faz parte do combustível. Substância indesejável. Durante a combustão participa das reações de oxidação.	Altamente solúvel, é absorvido durante a sua passagem pelas vias respiratórias. Outros compostos, como sulfatos e ácido sulfúrico, podem se formar na atmosfera.	O H <sub>2</sub> S e H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> formados no motor deterioram o funcionamento deste, provocando o aumento das outras emissões. Participam da formação do particulado. Impedem a utilização de filtro de particulados no escape, pois causam sua deterioração.	Danos às vias respiratórias. Danos à vegetação, na forma de manchas, clorose, diminuição do crescimento, etc.
Fumaça branca	Gás branco, de odor desagradável.	Contém grande quantidade de combustível não-queimado.	As partículas suspensas no gás possuem tamanho microscópico, não sendo retidas pelas defesas naturais do organismo.	Gerada na partida do motor, em baixas temperaturas. O combustível injetado na câmara acaba tocando as partes frias; condensando-se, é expelido antes de ter sido completamente queimado.	Irritação nas vias respiratórias e nos olhos. Também produz efeitos estéticos na atmosfera.
Adeídos (CnHm - CHO)	Gás incolor, de odor ardente.	Restos de combustível parcialmente oxidados. As principais substâncias são acetaldeído, acroleína e formaldeído.	Participam de reações fotoquímicas na atmosfera.	Normalmente formados a partir da última parte de combustível a entrar e ser queimado na câmara. Nesse instante, ocorre mistura já pobre e alta temperatura, evaporando e decompondo o combustível.	Irritam os olhos e vias respiratórias. Em cobaias, provocam tumores. É um dos principais responsáveis pelos odores nos gases de escape.

---

Artigo preparado pelo engenheiro mecânico e consultor João Guilherme Maldini Pitanguy, diretor da CDU Engenharia de Equipamentos (31 – 3291-6839 e [cduequipamentos@uol.com.br](mailto:cduequipamentos@uol.com.br)).

Veja mais informações sobre o óleo diesel acessando “Artigos Técnicos” na home page do website [www.sotreq.com.br](http://www.sotreq.com.br)