

ANÁLISE DE ÓLEO PELO MÉTODO DE CONTAGEM DE PARTÍCULAS METÁLICAS

Tácio Teixeira dos Santos¹
Ronaldo Lourenço Ferreira²

RESUMO

A lubrificação – seja por óleo, água, graxa, entre outros – é o principal meio de preservação de qualquer equipamento, máquina ou motor, levando-os ao excelente desempenho de suas funções e ao máximo aproveitamento da vida útil quando administrada de forma correta. Hoje com o aumento da demanda de produção das indústrias, sejam elas automotivas, de alimentos, de combustíveis, entre vários outros tipos, sejam quais forem suas matérias primas, a maior parte delas é constituída de máquinas, equipamentos mecânicos, ao qual depende totalmente de uma lubrificação. O que se visa muito é a qualidade e principalmente o tempo que se leva para a fabricação do produto até a entrega ao cliente e as indústrias não podem se dar ao luxo de atrasos e prejuízos vindos de problemas em máquinas devido a falta de lubrificação. Daí que surgiu a necessidade de um meio mais rápido e seguro de prevenção contra falhas e manter a qualidade do serviço em alta, e hoje o meio mais eficaz é através de análise do óleo ou combustível dos mesmos que dependem disso. O presente artigo trata a análise do óleo lubrificante de um motor estacionário, o qual teve seu combustível adulterado por três tipos de contaminantes diferentes com diferentes percentuais de contaminação, tal análise realizada através de um equipamento específico, Monitor de Partículas Ferrosas PQA, que analisa no óleo ou combustível o número de partículas metálicas encontradas nos respectivos, ocasionadas pelo desgaste do conjunto ou devido a um contaminante qualquer. Para realizar o trabalho foi utilizado um motor estacionário Honda GX 160, acoplado á uma bancada, nele estava ligado um Horímetro/ Tacômetro para medir rotação e tempo de funcionamento, para adulteração do combustível foram utilizados béquer, proveta, pipeta e funil, após cada ciclo foram coletadas as amostras para serem analisadas e o equipamento utilizado para essa análise foi um Monitor de Partículas Ferrosas PQA. Através dessa análise tivemos como resultado que o percentual utilizado para adulteração de cada combustível não foi suficiente para que houvesse um desgaste anormal ocasionado pelos contaminantes usados, pôde ser concluído que através do método em questão não é possível dizer que o lubrificante sofreu desgaste excessivo devido as condições de contaminação estipuladas.

Palavras-chave: Motor Estacionário. Lubrificante. Combustível. Contaminante. Desgaste.

¹ Graduando de Engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde – GO

² Professor da Universidade de Rio Verde – Orientador

1 INTRODUÇÃO

As máquinas e os equipamentos mecânicos estão em constante evolução, mas infelizmente não estão completamente livres de falha, por mais que evoluam não foram desenvolvidos para que durassem para sempre. A princípio não se tinha conhecimento de manutenção, feita de forma simples onde muitas vezes apenas substituía-se uma peça quebrada por uma nova. A manutenção envolve o aperto de um parafuso, a reforma de uma máquina por completa e dentro deste conceito está a lubrificação, que se acompanhada e feita de forma correta pode levar o equipamento a atingir seu prazo máximo de vida útil.

São vários os métodos de lubrificação conhecidos, mas todos com o mesmo propósito. Cada equipamento a ser lubrificado requer um tipo de lubrificante e com isso são desenvolvidos e evoluem sempre para melhor desempenho de sua função. O lubrificante depende muito das condições que será submetido, o que estará em contato, se vai ou não afetar suas propriedades antes do estimado, como por exemplo, contaminantes vindos do próprio equipamento ou de agentes externos como água, terra, dentre outros, o que afeta diretamente a vida útil do lubrificante.

Será abordado o método de obtenção de calor através da queima do combustível – energia química em trabalho mecânico – nos motores de combustão interna, os chamados MCI's.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste artigo é a análise do óleo lubrificante de um motor estacionário, quando submetido a contaminantes – etanol, thinner, querosene – com diferentes percentuais em seu combustível em diversos ciclos de trabalho com o motor em funcionamento, onde o percentual em cada ciclo será acrescido em quatro vezes de cada contaminante.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- No primeiro ciclo adicionar 5% de contaminante e acrescentar 5% a mais nos próximos três ciclos atingindo quatro ciclos de cada contaminante chegando a 20% de contaminação;
- Ao final de cada ciclo fazer a coleta do lubrificante do motor e guardar em recipiente limpo e lacrá-lo;
- Fazer a análise das amostras coletadas e comparar os resultados verificando se o contaminante e o percentual teve influência no desgaste.

1.2 MOTORES Á COMBUSTÃO

Existem diferentes formas de se obter calor, as máquinas térmicas são dispositivos que transformam o calor em trabalho. A combustão, energia térmica e energia elétrica são apenas algumas formas de se conseguir obter calor. Com a queima de combustível se obtém calor, o que seria energia química em trabalho mecânico (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Para a obtenção deste trabalho são realizados processos numa substância denominada fluido ativo (FA), e, através do comportamento do respectivo fluido as máquinas térmicas se classificam em: motores de combustão externa (MCE) e motores de combustão interna (MCI) (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Através da energia calorífica se obtém energia mecânica a ser utilizada, essa energia provém de fontes como a energia atômica, energia química, entre outras, e os responsáveis por essa transformação são os Motores de Combustão Interna (KIMURA, 2010).

Os motores de combustão interna podem ser classificados de diversas formas, dentre elas estão: Quanto ao tipo de ignição; Quanto ao ciclo de trabalho; Quanto à utilização; Em relação ao número de cilindros; entre outras (KIMURA, 2010).

As máquinas térmicas em relação ao fluido ativo (FA): (1) Motores de Combustão Externa (MCE) a combustão acontece externamente ao FA, que por sua vez será o veículo da energia térmica que se transformará em trabalho. (2) Motores de Combustão Interna (MCI) atua diretamente com o FA na combustão (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Existem três formas de se obter trabalho mecânico através dos MCI's. São classificados em:

1. Motores Alternativos: o trabalho é obtido pelo movimento vai e vem de um pistão, transformado em rotação contínua por sistema biela-manivela;

2. Motores Rotativos: o trabalho é obtido diretamente por movimento rotativo;
3. Motores de impulso: o trabalho é obtido pela força de reação dos gases expelidos em alta velocidade pelo motor (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Para dar início ao processo de combustão é necessário algum agente que provoque o início da reação entre combustível e oxigênio do ar, esse processo é denominado ignição. Quanto à ignição, os motores alternativos se dividem em duas partes fundamentais, a MIF – Motores de Ignição por Fâsca ou Otto e MIE – Motores de Ignição Espontânea ou Diesel (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

1.2.1 Lubrificação de motores á combustão

A lubrificação está ligada ao petróleo, pois as substâncias derivadas do petróleo são utilizadas com frequência na formulação de lubrificantes (COMPANHIA BRASILEIRA DE PETRÓLEO IPIRANGA, p.: 02-67, n.d.).

Qualquer lubrificante tem como função principal diminuir o atrito e desgaste de elementos de equipamentos em movimento. Praticamente em todos os sistemas mecânicos ocorre um desgaste antes que o equipamento venha a parar por qualquer falha. Com a coleta e posteriormente análise das partículas do lubrificante evita que seja desmontado qualquer equipamento para manutenção, sem a necessidade de verificar as superfícies que vão se desgastar (SILVA; GONÇALVES E SANTOS, 2007).

O lubrificante tem como função criar uma película de óleo entre as superfícies em movimento para reduzir o atrito e evitar o desgaste, também resfria os objetos que se movem, evita corrosão e não permite a entrada de contaminantes entre as superfícies. Dentre os vários tipos de circulação do lubrificante, o mais utilizado é o sistema denominado de Cárter Úmido. Recebe esse nome devido ao óleo estar presente no cárter do motor (POSSAMAI, 2011).

A lubrificação nos motores ocorre de três maneiras, divididas por sistemas de lubrificação. São elas: (1) Sistema de Lubrificação por Salpico ou Aspersão; (2) Sistemas de Lubrificação – Motores 2 Tempos; (3) Sistemas de Lubrificação sob Pressão ou Forçada (BRUNETTI, vol. 2, 2015).

Para que um sistema de lubrificação funcione, ou seja, obtenha o melhor desempenho é necessário quantidades adequadas de lubrificante, características do mesmo apropriadas, acabamento das superfícies específico, pressão específica, dureza da superfície e o tipo de material adequado (BRUNETTI, vol. 2, 2015).

1.3 COMBUSTÍVEL

Com a necessidade de combustível para a iluminação e com o crescimento do transporte a motor, em meados do século XIX houve um aumento muito grande na demanda de gasolina, foi então que se deu a consolidação da Indústria do Petróleo. No início a gasolina era de baixa resistência à detonação, foi então que se misturaram álcool etílico e metílico para inibir o problema (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Em 1921 descobriu-se que a adição de Chumbo Tetraetila – $(Pb(C_2H_5)_4)$ – era mais eficaz a inibir a detonação, o que o tornou o aditivo principal da gasolina. O surgimento da Indústria Petroquímica se deu na 2ª Guerra Mundial. Com o crescimento na demanda de produtos obrigou os países ao consumo excessivo de petróleo, proporcionando a criação de novos processos de refinaria e novos catalisadores (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Retirados do subsolo, ou até mesmo da superfície, em lagos de asfalto, os petróleos, geralmente menos denso que a água, são líquidos oleosos, inflamáveis e de cheiro desagradável (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Derivados do petróleo são utilizados como combustível na maioria dos motores de combustão interna (MCI). Vários países estão utilizando além do petróleo a adição de biocombustíveis a esses derivados, em alguns casos como no Brasil e Alemanha a opção da utilização de biocombustíveis puros, como o álcool etílico hidratado e o biodiesel, respectivamente (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Gasolinas, óleos diesel, querosene de aviação e vários óleos combustíveis marítimos para motores pesados são atualmente os principais derivados do petróleo em motores de combustão interna, que variam desde o MF-100 (Marine Fuel, viscosidade máxima de 100 cSt – CentiStoke – unidade de viscosidade no sistema CGS – em cm^2/s) até o MF-700, conforme ISSO-8217 (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

A gasolina é a mistura de diversas naftas obtidas do processamento do petróleo, as propriedades são balanceadas de modo a obter um desempenho satisfatório e uma enorme variedade de condições operacionais nos motores. No Brasil as gasolinas são classificadas em dois tipos, Gasolina A e Gasolina C (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

Gasolina A isenta de álcool etílico anidro, sua comercialização é apenas para refinador e distribuidor. Gasolina C, por sua vez, comercializada nos postos de abastecimento, com adição de 22% volume de álcool etílico anidro, com variação de 18% a 25% devido a variação na safra da cana de açúcar (BRUNETTI, vol. 1, 2014).

1.4 CONTAMINANTE

Sistemas Hidráulicos e Lubrificantes possuem filtros para diminuir a contaminação, uma vez que o equipamento em operação gera vários contaminantes, como oxidação e outros subprodutos, o lubrificante se encarrega de levar esses contaminantes para que o funcionamento não seja afetado (BENEDUZZI, 2012).

O óleo lubrificante por si só é um contaminante depois de retirado de um motor ou máquina que o utilize, contidos no óleo usado estão presentes produtos de degradação, aditivos que foram acrescentados no mesmo, metais de desgaste, água, poeira e outras mais impurezas (SILVEIRA; CALAND; MOURA; MOURA, 2006).

A análise de óleo é utilizada principalmente para identificar as condições do mesmo e possíveis falhas do equipamento. O lubrificante tem dois tipos básicos de falhas, sendo a contaminação por desgaste do equipamento ou por agentes externos, um muito comum é a água, também pela perda de suas propriedades, com o tempo o mesmo perde propriedades e deixa de desempenhar sua função com destreza (SUPREME LUBRIFICANTES, P.: 01-09, n.d.).

1.5 MONITOR DE PARTÍCULAS FERROSAS PQA

A partir da crise do petróleo a técnica de análise de óleo – começou a ser utilizada na década de 50 – passou a ter um novo papel na manutenção de equipamentos, tornando possível monitorar o estado e situação do óleo lubrificante, identificando assim a necessidade de troca ou reposição do mesmo (SUPREME LUBRIFICANTES, P.: 01-09, n.d.).

Para quantificar a limpeza de um lubrificante a ISO estabeleceu a norma ISO 4406 que estabelece limites e alarmes para avisar quando a contaminação é excessiva, relacionando a contagem de partículas com a limpeza do lubrificante (BENEDUZZI, 2012).

Várias indústrias publicam níveis recomendados de contagem de partículas, muito utilizadas em sistemas hidráulicos, onde elas tem tamanho maiores que 10 μm , se tornam mais apropriadas quando as partículas causam abrasão ou os mecanismos de fadiga são preliminares (BENEDUZZI, 2012).

O PQA é um magnetômetro que possui duas bobinas, uma na parte de amostra (o sensor), enquanto que a outra é a bobina de referência que trabalham em sincronia uma com a

outra, uma vez que estão em equilíbrio quando não tem amostra no sensor e nenhuma interferência eletromagnética (CUERVA, 2013).

Quando é colocada uma amostra no sensor que contém partículas ferromagnéticas o equilíbrio é alterado, o desequilíbrio causa um sinal resultante que é ampliado e filtrado e indica um índice PQ, relacionadas diretamente à massa das mesmas na amostra (CUERVA, 2013).

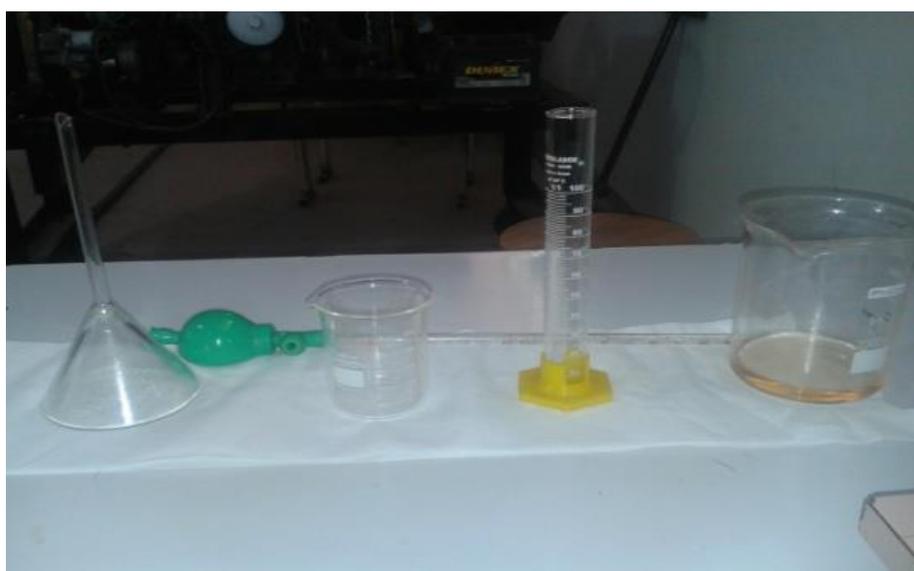
O índice PQ corresponde á partículas de ferro e níquel presente nas amostras, podendo identificar partículas maiores do que 5-10 μm , o que não é possível utilizando outras técnicas de análise. Tornando esta medida uma ferramenta fundamental para a análise de óleo (CUERVA, 2013).

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.5 MATERIAL UTILIZADO NA ADULTERAÇÃO DO COMBUSTÍVEL

Para medir a quantidade de combustível e contaminante a ser utilizado foram utilizados béquer, proveta, pipeta e funil, para ter a exatidão necessária entre um e outro. A Figura 1 mostra o material utilizado.

FIGURA 1: Material Utilizado para Adulterar Combustível



Fonte: Elaboração do Próprio Autor, 2016

2.2 HORÍMETRO / TACÔMETRO

Foi utilizado um horímetro/ tacômetro Matsuyama, ligado ao cabo de vela e à carcaça do motor. Na função horímetro a coleta de dados é feita com o motor desligado, apresentando na tela inicial o acúmulo de horas trabalhadas até o momento, pressionando o seletor nos mostra as horas parciais trabalhadas, ou seja, o tempo de trabalho do motor em funcionamento. Já na função tacômetro com o motor em funcionamento ele marca em sua tela inicial sua real rotação de trabalho, o que nos permite acompanhar em tempo real a rotação em que o motor se encontra como mostra a Figura 2.

FIGURA 2: Horímetro / Tacômetro



Fonte: Elaboração do Próprio Autor, 2016

2.3 MOTOR ESTACIONÁRIO HONDA GX 160

Foi utilizado um motor estacionário Honda GX 160 montado sobre uma bancada, com carga de um alternador acoplado por uma correia em “V” lisa. Para cada ciclo o motor foi abastecido com seu combustível adulterado e então deixado em estado de funcionamento em marcha lenta até que o tanque esvaziasse, tendo a duração de 40 horas por ciclo, sendo um total de 13 ciclos. No intervalo de cada ciclo foi coletado o óleo para amostra, feita manutenção criteriosa, limpeza das peças e das cavidades da tampa do cárter, completado com

lubrificante novo e combustível adulterado com novo percentual e iniciado novo ciclo. A Figura 3 mostra o motor utilizado.

Especificações do Motor:

Cilindrada: 163 cm³

Potência Líquida: 4,8 cv / 3600 rpm

Potência máxima: 5,5 cv / 3600 rpm

Torque Líquido: 1,05 Kgf.m / 2500 rpm

Torque Máximo: 1,10 Kgf.m / 3600 rpm

Fonte: Manual do Proprietário – Honda

FIGURA 3: Motor Estacionário



Fonte: Elaboração do Próprio Autor, 2016

2.4 AMOSTRAS RECOLHIDAS APÓS REALIZAR OS TESTES

Após cada ciclo de trabalho do motor foram coletadas amostras do lubrificante usado, nomeados de acordo com a porcentagem e contaminante utilizado na manipulação do combustível utilizado em cada teste, todas as coletas foram feitas antes do motor ser desmontado para manutenção e limpeza. Foram separadas 14 amostras para análise, dentre elas estão 13 vindas de cada ciclo de trabalho do motor (4 de cada concentração dos 3

contaminantes usados mais 1 com gasolina pura sem adulteração) mais 1 amostra do lubrificante novo, sem uso, como mostra a Figura 4.

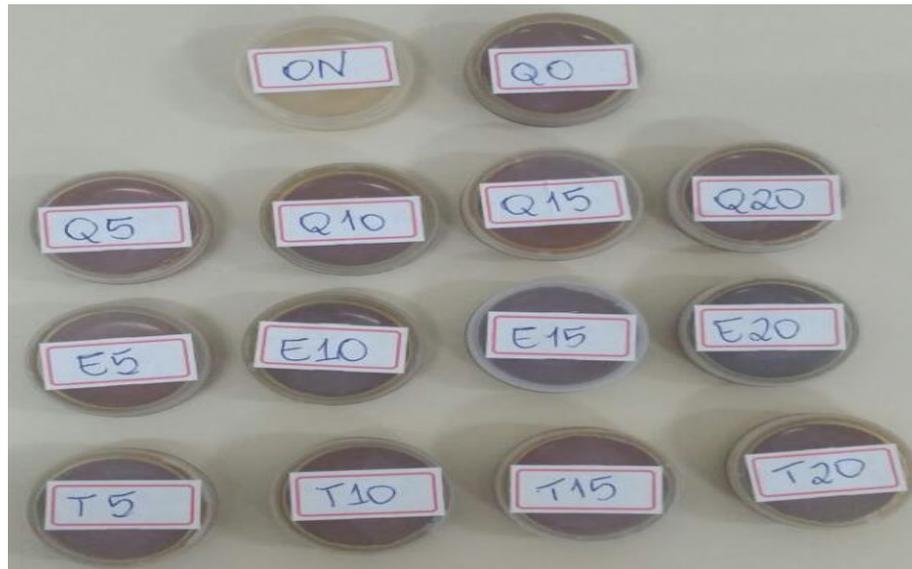
FIGURA 4: Amostras de lubrificante novo e usado e combustível adulterado



Fonte: Elaboração do Próprio Autor, 2016

2.5 AMOSTRAS PARA ANÁLISE NO MONITOR DE PARTÍCULAS

Para que a leitura do lubrificante fosse feita, foi necessário colocar 2 ml de cada amostra do lubrificante coletado do motor em frascos específicos para o Monitor de Partículas, onde cada um foi nomeado de acordo com a adulteração de cada combustível com um determinado contaminante. Destaca-se que a nomenclatura “Q0” foi dada à amostra de lubrificante ao qual o combustível não foi adulterado, ou seja, o combustível sem contaminação. A Figura 5 mostra como ficou.

FIGURA 5: Amostras para análise no Monitor de Partículas

Fonte: Elaboração do Próprio Autor, 2016

2.6 MONITOR DE PARTÍCULAS FERROSAS PQA

Para análise do lubrificante com e sem adulteração do combustível e análise do próprio combustível utilizou-se um Monitor de Partículas Ferrosas PQA, o mesmo faz a leitura das partículas que estão em suspensão no lubrificante, o que permite saber a gravidade do desgaste do objeto a ser analisado. Para isso deve-se ligar o equipamento e fazer a sua calibração, com um objeto de análise próprio e a sincronia das bobinas, a de amostra e de referência (CUERVA, 2013).

Feito isso, agita-se bem os frascos com as amostras para que fique uma mistura homogênea, colocam-se as amostras na bobina de amostras e dá-se início ao ciclo, a bobina de referência gira até o sensor de presença, o qual detecta se há ou não amostra a ser analisada, logo após ele gira até a posição do magnetômetro, onde é feita a leitura da amostra, depois disso a amostra é dispensada através de uma calha e a bobina retorna ao sensor onde ela continuará ou não o ciclo caso existam mais amostras a serem analisadas. A Figura 6 mostra o equipamento utilizado.

FIGURA 6: Monitor de Partículas Ferrosas PQA

Fonte: Elaboração do Próprio Autor, 2016

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise através do Monitor de Partículas Ferrosas PQA apresenta como resultado um índice PQ através da leitura de cada amostra, esse índice é representado por números e para se obter um valor mais aproximado repete-se a leitura de cada amostra e faz-se a média dos valores encontrados para chegar em um único valor.

Esse método tem como vantagem o acompanhamento de um possível desgaste do lubrificante, caso venha a ocorrer é possível um monitoramento mais preciso, determinando períodos de análises contínuos. Outro ponto positivo é a facilidade e agilidade no processo de análise, após todas as amostras serem preparadas e colocadas no equipamento o processo é simples, rápido e de fácil entendimento, o índice gerado é dado através de uma tela da qual apenas se lê e anota-o em papel ou algum equipamento eletrônico.

A desvantagem é a falta de informação, o equipamento em questão apenas faz a leitura de partículas ferromagnéticas encontradas no lubrificante analisado, conta quantas têm sem identificar cada uma, ou seja, não aponta o material que foi encontrado, o que torna mais difícil identificar o motivo real da contaminação no lubrificante sem saber o porque de estar ocorrendo caso a variância do índice seja baixa.

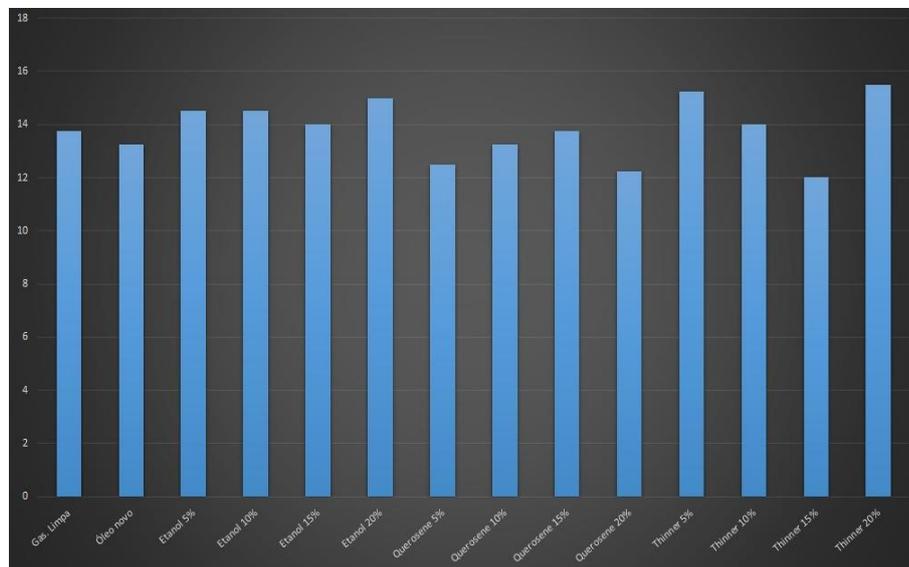
Sem saber o tipo de material não é possível saber se determinado contaminante afetou ou não no desgaste se, o objeto em questão tem uma margem de trabalho relativamente baixa ou se o percentual de contaminação é baixo.

Este trabalho foi realizado para analisar o lubrificante do motor utilizado no projeto com seu combustível adulterado, com a intenção de descobrir se o lubrificante teria uma taxa de variação diferente de acordo com o aumento do percentual de contaminação no combustível.

Considerando que nos dias atuais os motores são preparados para rodar com dois combustíveis (sendo chamados de flex) e os percentuais de contaminação ao combustível foram baixos, com o método utilizado não foi possível identificar se o lubrificante sofreu um desgaste anormal e se afetou suas propriedades se comparado o índice encontrado no lubrificante novo e no lubrificante onde o combustível estava sem adulteração com os lubrificantes que tiveram o combustível adulterado.

A Figura 7 mostra como ficou o índice PQ das amostras puras e adulteradas, com picos de discrepância muito baixos comparados um com o outro.

FIGURA7: Índice PQ das amostras analisadas



Fonte: Elaboração do Próprio Autor, 2016

Analisando a Figura 7 o lubrificante sem uso apresenta um índice PQ, índice esse decorrente da fabricação, o que se acredita ser um padrão aceitável, pois é liberado e comercializado para uso do consumidor contendo selos dos respectivos órgãos fiscais. As demais amostras apresentam índices em decorrência do uso no motor.

4 CONCLUSÃO

Através do método de análise PQA é gerado um índice de partículas ferromagnéticas que estão em suspensão no lubrificante, esse índice indica contaminação no lubrificante, decorrida do desgaste do equipamento ao qual pertence o óleo em análise.

A repetição da leitura de cada amostra indica que o método PQA é muito eficiente e que seu resultado é preciso, sendo que o resultado da leitura na mesma amostra repetida quatro vezes mostra uma diferença de apenas 2 pontos, para mais ou para menos em cada leitura.

A partir do projeto realizado conclui-se que utilizando o referido método para a análise do lubrificante nas condições estipuladas não é possível dizer que o mesmo sofreu desgaste excessivo ou que a contaminação decorrente encontrada no lubrificante seja específica da adulteração do combustível, o que não o torna um método falho, porém, é um método eficaz se o percentual de contaminação no lubrificante for consideravelmente alto.

ANALYSIS OF OIL BY METHOD OF COUNTING OF METAL PARTICLES

ABSTRACT

Lubrication - for oil, water, grease, among others - is the main means of preserving any equipment, machine or motor, leading them to the excellent performance of their functions and to maximize the useful life when properly managed. Today, with the increase in the demand of production of the industries, be they automotive, food, fuel, among many other types, whatever their raw materials, most of them consists of machines, mechanical equipment, to which it depends entirely on Lubrication. What is very much sought is the quality and especially the time it takes to manufacture the product until the delivery to the customer and the industries cannot afford the delays and losses coming from problems in machines due to lack of lubrication. Hence the need for a faster and safer means of preventing failures and keeping the quality of the service on the rise, and today the most effective means is through analysis of the oil or fuel that depend on it. The present article deals with the analysis of the lubricating oil of a stationary engine, which had its fuel adulterated by three different types of contaminants with different percentages of contamination, such analysis performed through a specific equipment, PQA Ferrous Particulate Monitor, which analyzes in the Oil or fuel the number of metallic particles found in the respective ones, caused by the wear of the assembly or due to any contaminant. In order to carry out the work, a stationary Honda GX 160 motor was used, coupled to a bench, a Horometer / Tachometer was used in it to measure rotation and operating time. After the cycle, the beaker, beaker, pipette and funnel were used for adulteration. The samples were collected for analysis and the equipment used for this analysis was a PQA Ferrous Particle Monitor. Through this analysis we have found that the percentage used for adulteration of each fuel was not sufficient to cause an abnormal wear caused by the contaminants used, it was concluded that through the method in question it is not possible to say that the lubricant suffered excessive wear due to the Conditions of contamination.

Keywords: Motor stationary. Lubricant. Fuel. Poisoning. Wear.

REFERÊNCIAS

- BENEDUZZI, Anderson Henrique. **Procedimentos de Coletas de Óleo para Análise Preditiva de Turbinas à Gás**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira-SP, 2012.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna - Volume 1**. Editora Edgard Blucher LTDA. São Paulo, 2012 - 3ª reimpressão - 2014.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna - Volume 2**. Editora Edgard Blucher LTDA. São Paulo, 2012 - 3ª reimpressão - 2015.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE PETRÓLEO IPIRANGA. **Lubrificação Básica**. P.: 02-67. n.d. Disponível em:
<http://www.lacarolamentos.com.br/catalogos/_SAIBA_MAI/lubrificantes/lubri_basica.pdf>
> Acesso em 23 de março de 2016.
- CUERVA, Murilo Parra. **Análise da Influência da Contaminação do Lubrificante por Biodiesel em um Equipamento PIN-ON-DISK**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira-SP, 2013.
- KIMURA, Rogério Katsuharu. **Uso da Técnica de Análise de Óleo Lubrificante em Motores Diesel Estacionários, Utilizando-se Misturas de Biodiesel e Diferentes Níveis de Contaminação do Lubrificante**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira - SP, 2010.
- POSSAMAI, Lisiane. **Eficácia da Análise de Amostras de Óleo Lubrificante por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado na Detecção de Desgaste em Motores Diesel após Amaciamento**. Dissertação de Mestrado. Comissão de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2011.
- SILVA, Mário Américo Borsanelli; GONÇALVES, Aparecido Carlos; SANTOS, Glauber Perussi dos. **Técnica de Partículas de Desgaste no Óleo Lubrificante Aplicada à Análise de um Redutor de Velocidade**. XIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia Mecânica/Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2007.
- SILVEIRA, Eva Lúcia Cardoso; CALAND, Lília Basílio de; MOURA, Carla Verônica Rodarte de; MOURA, Edmilson Miranda. **Determinação de Contaminantes em Óleos Lubrificantes Usados e em Esgotos Contaminados por esses Lubrificantes**. Departamento de Química. Universidade Federal do Piauí. Teresina - PI, 2006
- SUPREME LUBRIFICANTES, **Análise de Óleo**. Artigo Técnico. P.: 01-09. n.d. Disponível em:<supremelub.com.br/downloads/tecnicas/analise_de_oleo.pdf>. Acesso em 24 de março de 2016.