

**UniRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**COMPARAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES
AUTOMOTIVOS DEVIDO À INFLUÊNCIA DE COMBUSTÍVEIS DE QUALIDADE
E ADULTERADOS**

VINÍCIUS FERREIRA TAZINAFFO

Orientador: Prof. RONALDO LOURENÇO FERREIRA

Artigo apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UniRV, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

RIO VERDE/ GOIÁS

2015

COMPARAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS DEVIDO À INFLUÊNCIA DE COMBUSTÍVEIS DE QUALIDADE E ADULTERADOS

Vinícius Ferreira Tazinaffo¹

Ronaldo Lourenço Ferreira²

RESUMO

A crescente corrida comercial da oferta e demanda no sistema capitalista é cada vez maior, atualmente fontes de energia renováveis tem chamado a atenção devido às causas prejudiciais que os combustíveis fósseis apresentam ao longo das décadas. No entanto, o mundo ainda vive baseado no uso de derivados do petróleo e essa tendência permanece, frente aos riscos que se corre em termos ambientais. O estudo aqui abordado visa conhecer os efeitos que a “contaminação” da gasolina, com óleo diesel combustível, provoca no óleo de lubrificação do motor. Pretende-se analisar amostras desse óleo utilizado em circunstâncias meras a extremas de adulteração da gasolina, visto que se mostra uma realidade comercial pelo Brasil. Para tal é construída uma bancada didática especialmente projetada. A metodologia consiste em submeter o motor a um trabalho de 40 horas com determinado combustível, e executar isso com precisão pelo menos 3 ciclos, testando as amostras em um aparelho monitor de partículas ferrosas, ou *Particle Quantifier Analysis* (PQA). A análise média realizada pelo PQA aponta um aumento contínuo relativo à contaminação, uma vez que na Amostra 0 (óleo limpo) os valores foram os menores. Conclui-se que com o uso de diesel na gasolina, o aumento de partículas ferrosas no óleo acentua-se e prejudica sua função, acarretando provável danificação acelerada ao motor e troca precoce.

PALAVRAS-CHAVE: análise de óleo, contaminação, monitor de partículas ferrosas

1 INTRODUÇÃO

Idealiza-se a construção de uma bancada capaz de experimentar o uso de combustível adulterado em um motor à gasolina 4 tempos, de 2,8 hp (*horsepower*), para que seja passível de contaminação do óleo do motor. Supõe-se que com a interferência na dosagem da gasolina, incluindo determinados percentuais de mistura, neste caso o Diesel combustível, o óleo do cárter do motor será afetado. Essa prerrogativa foi adquirida do conhecimento de que postos

¹ Aluno do curso de Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde, 2015. E-mail: orlandoautomoveis@hotmail.com

² Professor da Universidade de Rio Verde - Orientador

de venda de combustível podem alterar a mistura estabelecida pela lei no intento de faturar mais, aqui se emprega foco no óleo Diesel como principal contaminante, porém, se conhece que não se faz apenas por outros combustíveis, e sim por solventes, resinas e substâncias difíceis de medir uma vez que são miscíveis em gasolina, de custo mais elevado comercialmente.

Com este estudo se objetiva quantificar para cada fase da contaminação o nível de substâncias presentes na amostra após os ciclos de uso. Faz-se necessário o funcionamento total de pelo menos 40 horas para cada ciclo de contaminação, adicionando uma taxa incremental de 1,5% proporcionalmente de Diesel e Etanol, este último para equilíbrio da mistura para padrões comerciais.

A adição de Etanol Anidro deve obedecer a Lei n. 13.033, de 28 de outubro de 1993, art. 9º, parágrafo 1º, o Poder Executivo poderá elevar o referido percentual até o limite de 27,5%, desde que constatada sua viabilidade técnica... (BRASIL, 2014). Em resumo têm-se por lei que a gasolina deve ter no máximo de 27,5% adição de Etanol, contudo não pode-se adicionar quaisquer outra substância, que se for feito é caracterizado crime e a gasolina adulterada comercialmente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Obtida através do refino do petróleo, a original composição da gasolina é formada por hidrocarbonetos (entre 4 a 12 átomos de carbono), além de contaminantes naturais em menores quantidades, como o nitrogênio, enxofre, oxigênio e metais variados. Países como o Brasil, Argentina, México, Índia, alguns países europeus, e alguns estados dos Estados Unidos da América, adicionam álcool anidro na gasolina.

A prática de adulterar um combustível é definida como alteração de sua composição química original. No caso da gasolina, se dá pela adição de: solventes diversos, como resíduos de processos petroquímicos de baixo custo e o Diesel (TEIXEIRA et al., 2001), e, por quantidades de álcool etílico anidro acima do permitido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP (OLIVEIRA et al., 2004).

Como citado acima, é importante listar algumas consequências dos principais causadores da adulteração no combustível. Primeiramente, a inclusão do etanol provoca fortes transformações nas características físico-químicas da gasolina, acarretando em mudanças na curva de destilação, oscilação na pressão de vapor e massa específica e ascensão da octanagem (OLIVEIRA et al., 2004).

Já o Diesel e a querosene têm ponto de ebulições superiores que o da gasolina. Por isso, as suas respectivas adições causam uma corrosão precoce do tanque de combustível e de elementos internos do motor devido à aglomeração de sujeira, além de diminuir o desempenho do motor e aumentar o gasto de combustível (TAKESHITA, 2006).

A adulteração da gasolina, infelizmente, é vista em todo o território nacional. Mas também os fatores são diversos, como: a dificuldade de fiscalizar a grande quantidade de postos espalhados pelo Brasil; a grande diferença entre o preço do solvente e da gasolina; a solubilidade dos solventes, ocultando sua percepção visual; a alta incidência de impostos sobre a gasolina, por não ser um produto produzido no país, que acaba por diminuir a taxa de lucros sobre sua venda (TAKESHITA, 2006).

Ademais, o uso de combustíveis adulterados interfere (D'ÁVILA, 2003): no aumento da octanagem da gasolina, como já mencionado; o aumento da formação de resíduos; diluição do óleo lubrificante; aumento do consumo de combustível; diminuição do rendimento do motor; entre outros. O aumento da poluição ambiental, também, não deve ser descartado, devido à produção de maiores quantidades de óxidos de enxofre e nitrogênio, causadores da chuva ácida. Por fim, cita-se o déficit na cobrança de impostos pela União e na injusta disputa entre distribuidores de combustíveis.

Com base nestas informações e nas várias consequências que um combustível adulterado provoca no funcionamento do motor, foca-se este estudo na contaminação do óleo lubrificante pelo combustível, chamado de diluição do óleo lubrificante.

Para isso, utilizaremos para análise deste projeto, um motor Branco B4T-2.8H, 4 tempos de 2,8 cv (cavalo-vapor - potência), movido à gasolina e monocilíndrico com taxa de compressão de 8:1, meramente ilustrado na Figura 1.



Fonte: BRANCO, 2015.
Figura 1 - Motor Branco 2,8 Hp.

A lubrificação é feita pelo meio de salpico. Este tipo de lubrificação é utilizado em motores estacionários monocilíndricos, onde o pé da biela apresenta um acréscimo estreito em seu comprimento, apelidado como “pescador”. Este é alimentado por uma bomba de óleo, que ao funcionar o motor, o lubrificante é borrifado pelo pescador nas paredes dos cilindros e nos outros componentes móveis do interior do bloco. A bancada foi construída com cantoneiras em aço de medidas 2.1/4” x 5 mm. Além disso, o motor já mencionado irá acionar um alternador elétrico BOSCH de 14 Volts (V) e 35 Ampère (A). A transmissão será feita através de polias com relação de 2,14:1, ou seja, a polia motora terá a medida de 150 mm e a polia movida 70 mm, ambas ligadas por correia do tipo A-34.

Além do que, para a realização destas análises de presença de diluição do lubrificante, o motor deverá encontrar-se em uma circunstância padrão para o recolhimento de amostras, ou seja, devidamente aquecido em regime de teste. Motores aquecidos em um intervalo de tempo menor a 15 minutos e/ou em modo marcha lenta, frequentemente mostrarão o aparecimento de combustível diluído no óleo lubrificante, por consequência de não ter absorvido os vapores de combustível que se condensam no cárter já nos primeiros momentos de partida a frio, ou o estágio de aquecimento gradual denominado “*warm up*” (FERNANDES, 2012).

Já que o funcionamento do motor em elevadas rotações e temperaturas conduzem a evaporação do combustível diluído, separando-o do óleo. Isto prova que a diluição, geralmente, é uma falha complementar, a menos que provenha de um problema do conjunto de injeção de combustível ou do afogador (FERNANDES, 2012).

Seja o combustível adulterado ou não, a mistura sempre ocorrerá. Muitas vezes, provocada pela presença de folgas internas dos anéis dos pistões, que permitem a entrada e, por conseguinte, a mistura do combustível com o óleo lubrificante presente no cárter do motor. Mas também, contribuem para a diluição do óleo pelo combustível, o uso excessivo de marcha lenta; irregularidade nas peças do sistema de alimentação, como filtro de ar obstruído; ventilação do cárter entupida e temperaturas de operação abaixo do indicado. Além disso, o fator de aumento da octanagem da gasolina devido à proporção inadequada de álcool anidro possibilita a ascensão da resistência da gasolina em entrar em combustão, fazendo com que esta não seja totalmente consumida quando ocorre a explosão dentro do cilindro, explicando sua passagem pelas folgas dos anéis (OLIVEIRA et al., 2004). Porém, mesmo se a octanagem for mantida, haverá a passagem de resíduos presentes na combustão da gasolina de menor qualidade. Por isso, a importância da análise da composição total do combustível adulterado, a fim de verificar todas as possíveis interferências que estes resíduos indesejados ou mal

dimensionados acarretam na finalidade do óleo.

Uma vez contaminado, todas as funções do óleo - impedir a criação de espuma; auxiliar na vedação; diminuir o atrito e o desgaste de componentes móveis; limpar e auxiliar a exclusão de produtos indesejáveis; resguardar os componentes contra a corrosão e ferrugem; e ajudar na refrigeração - serão comprometidas, e por fim, o funcionamento de todo o motor. Esta diluição reduz o desempenho dos aditivos necessários, diminui a resistência da película de óleo e aumenta o consumo do lubrificante. Cabe, portanto, a análise comparativa de óleos diluídos com a gasolina adulterada e a gasolina de boa qualidade, com o intuito de averiguar as reais diferenças que elementos, sejam de frequência ou quantidade anormais, trazem para todo o sistema.

Os métodos utilizados para a detecção de combustível no lubrificante são variados. Como a diluição provoca a diminuição de viscosidade, primeiramente utilizam-se viscosímetros para apurar esta medida. Depois de concluída a análise, se o resultado apresentar queda de 20% ou superior, o óleo deve ser trocado imediatamente. Os aparelhos responsáveis pela medição de viscosidade mais utilizados no Brasil são o viscosímetro cinemático, que usa o Sistema Métrico Universal, e o *Saybolt Universal*. Este decréscimo é prejudicial ao motor e os outros componentes, pois afetam claramente o escoamento do óleo e na capacidade de conservar a película lubrificante nas partes móveis (YAMAMOTO et al., 2005).

O teste do Ponto de Fulgor é outro meio de se detectar a diluição. Para esclarecimentos, o ponto de fulgor é a menor temperatura na qual um fluido libera vapores em volumes consideráveis para tornar a mistura inflamável devido ao estímulo de uma fonte de calor externa. Quando esta temperatura estipulada diminui, é um sinal de que existe combustível diluído no óleo (MEIEN et al., 2005). Esta queda na temperatura também é, geralmente, acompanhada da diminuição de viscosidade. Quando ocorrer uma redução considerável nesta temperatura de ponto de fulgor, o óleo também deverá ser trocado de imediato.

Já o teste de diluição apura a porcentagem de combustível presente no óleo lubrificante do cárter. Para este tipo de análise, em busca de um resultado mais preciso, usa-se a análise por espectrometria de infravermelho. Usualmente, utiliza-se como ponto máximo o montante de 5% de diluição do óleo lubrificante por combustível. Além desta medida, recomenda-se a troca do óleo e o estudo das prováveis causas desta contaminação (YAMAMOTO et al., 2005).

Desta forma, a finalidade de tal pesquisa se dá pela importância da escolha de um

combustível de qualidade confiável, que a população deve buscar, a fim de evitar o mau desempenho do motor, a extra contaminação do meio ambiente e a saúde de todos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para o estudo é utilizado diversos equipamentos e materiais advindos das necessidades, pose-se destacar alguns:

- Estrutura: bancada equipada com um motor estacionário 2,8 cv, à gasolina; alternador elétrico para carregamento do motor; bateria de acionamento do alternador e armazenamento da energia gerada; sensores de leitura de rotação, temperatura, tensão e corrente elétrica; computador para a gestão dos dados; reservatório de alta capacidade (25 litros) para longos períodos de funcionamento; painel de comando central.
- Dos ciclos: gasolina comum “pura”; diesel; etanol; óleo do motor SAE 20W50 SJ (recomendação Branco Motores); horímetro digital.
- Das amostras: *backers* graduados para fracionamento, provetas, pipetas, funil, vasilhames diversos; frascos de 100 ml de contenção vedados; etiquetas de identificação; seringas e mangueiras de coletas.
- Das manutenções no motor: luvas cirúrgicas; pincel de limpeza, gasolina de limpeza; jogo de juntas novas para o motor; almotolia de limpeza e conservação.
- Demais: equipamentos como chaves variadas para tensionamento da correia, aperto de parafusos, materiais de limpeza do piso e superfícies de trabalho; câmeras digitais para registro das imagens, entre outros.

3.2 Métodos

Do funcionamento: efetua-se pelo menos 3 ciclos de 40 horas cada, com 1 hora de parada a cada 10 horas, para que não haja desgaste prematuro do motor (receita fabricante Branco). Durante os intervalos de ciclo existe outro teste em paralelo, o de autonomia, que consiste em quantificar o tempo de consumo de exatos 500 ml a cada teor de mistura, estipulando assim, se há aumento ou não de consumo a cada incremento realizado.

Passado as 40 horas se realiza a manutenção de assepsia interna do motor. O mesmo é removido da bancada, apostado em uma mesa e desmontado o cárter, antes, porém, é feita a coleta da amostra através de uma seringa com um trecho de mangueira na ponta para ampliar o alcance, assim, se coleta 100 ml e deposita-o no frasco que será lacrado. Antes da extração do óleo “usado” é feita uma agitação do mesmo, com o objetivo de homogeneizar a amostra, visto que existem partículas de maior densidade que se separam por sedimentação.

O motor recebe uma limpeza com jato de gasolina, com o apoio de um almotolia e pinceladas para remover óleo das paredes internas e das cavidades. O carburador é lavado da mesma forma e tudo é secado com jato de ar quente (secador térmico). Monta-se as novas juntas e fecha-se o motor, abastecendo com óleo novo até o nível indicado pelo fabricante.

As amostras coletadas são identificadas e armazenadas para que seja feita a análise de partículas ferrosas.

O motor é remontado sobre a mesa da bancada e se dá início a mais um ciclo, visto que sempre há incremento de 1,5% de Diesel à gasolina.

3.2.1 Monitor de Partículas Ferrosas (PQA)

A manutenção preventiva tem como objetivo principal a prevenção da ocorrência de uma falha ou parada de um equipamento por quebra, falha ou incidente bem como apoiar os serviços de manutenção corretiva com a utilização de uma metodologia de trabalho periódico, ou ainda responsável pelo conjunto de análises que pode interromper ou não um processo produtivo de uma maneira planejada e programada (SOUZA, 2009).

Como ferramenta para manutenção preventiva, o uso do equipamento de monitoramento de partículas ferrosas, o *Particle Quantifier Analysis* ou Analisador Quantitativo de Partículas, ou ainda PQA, torna possível detectar a quantidade de material ferroso presente na amostra. Como objeto de estudo utiliza-se o óleo lubrificante pode-se determinar sua vida útil com uma maior precisão pela variação dos valores por amostragem média.

Segundo Kimura (2010), PQA trata-se de magnetômetro com duas bobinas equilibradas de forma que a bobina de amostra (sensor) e a bobina de referência estão em equilíbrio quando não há nenhuma amostra no sensor. O sistema é projetado para assegurar cuidadosamente que ambas as bobinas responda igualmente às mudanças na temperatura ambiente. Quando uma amostra de óleo que contém partículas ferromagnéticas é colocada no sensor (bobina de amostra), o equilíbrio entre as bobinas é alterado.

Para a análise dos óleos é usado o laboratório de tribologia da Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, FEIS/UNESP, campus de Ilha Solteira - São Paulo. A análise é realizada em um monitor de partículas ferrosas, da fabricante Kittiwake. A realização dos ciclos serão desenvolvidas no Campus da Universidade de Rio Verde - UniRV, laboratório da faculdade de Engenharia Mecânica. Após a conclusão é encaminhado a São Paulo. Ilustração do aparelho na Figura 2.



Fonte: MICHELMURPHY.
Figura 2 - Monitor PQA.

Obtidos os dados para as amostras de óleo novo e usados, é feita a comparação dos resultados, gerando uma série de parâmetros, adotados como base de dados para a influência do Diesel na combustão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação do comportamento dos resultados junto à análise no PQA, segue a Tabela 1 – Análise Média das Amostras (PQA), de onde foram realizados cinco análises de cada amostra objetivando uma informação média, na prerrogativa de minimizar interferências externas.

Tabela 1 – Análise Média das Amostras (PQA).

Amostras	Resultados					Média
0	17	18	15	16	17	16,6
1	19	19	24	28	19	21,8
2	22	24	25	20	22	22,6
3	29	28	25	26	30	27,6

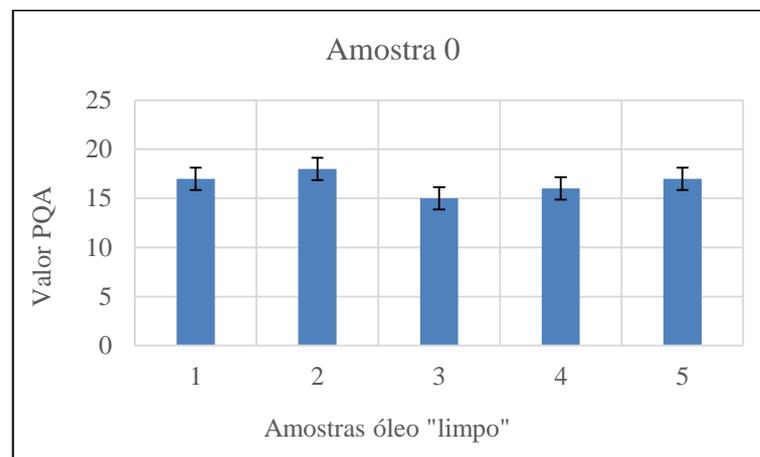
Fonte: Próprio Autor.

As amostras são caracterizadas, quanto à formação, da seguinte forma:

- Amostra 0 - óleo 20W50 limpo não utilizado em nenhum ciclo;
- Amostra 1 - óleo 20W50 utilizado por 40 horas, em gasolina comum;
- Amostra 2 - óleo 20W50 utilizado por 40 horas, em gasolina com 1,5% de diesel na mistura;
- Amostra 3 - óleo 20W50 utilizado por 40 horas, em gasolina com 3,0% de diesel na mistura.

Para a realização do ensaio o conteúdo de cada amostra é dividido em frações de cinco (5) unidades, para que cada análise dessas sejam usadas em média aritmética. Como observado na Tabela 1, por exemplo a Amostra 0, teve a média de 16,6, sendo que esta informação é adimensional e referencial para as demais.

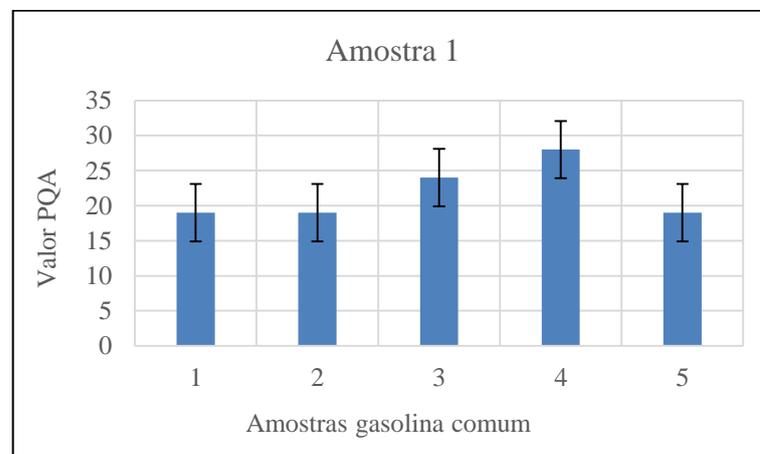
As Figuras 3 a 6 apresentam graficamente a ascendência das amostras pelo PQA.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 3 – Amostra 0 em PQA.

Amostra de óleo limpo, usada como referência de comportamento para comparações.

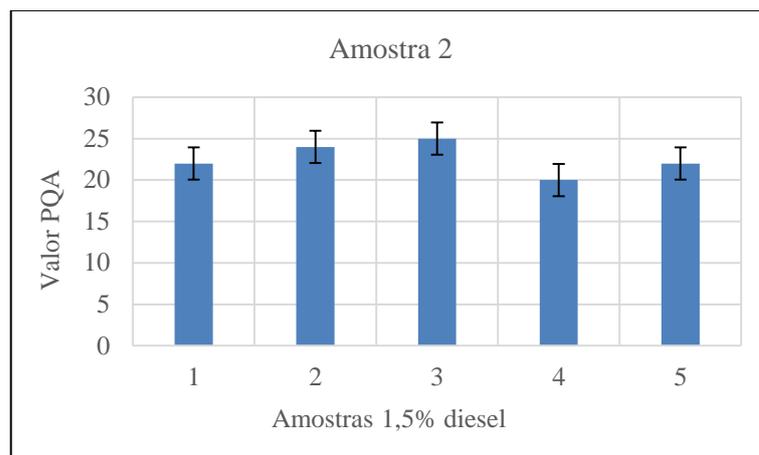


Fonte: Próprio Autor.

Figura 4 – Amostra 1 em PQA.

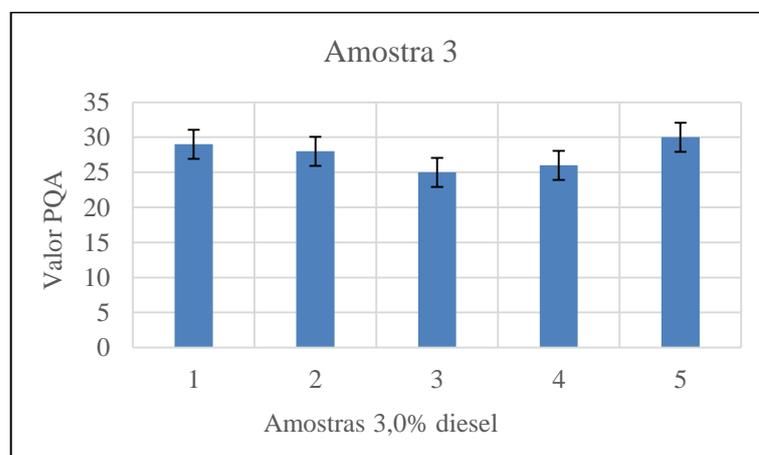
Nota-se que ao introduzir a queima de gasolina comum, Amostra 1, houve um aumento considerável na média, porém, vale ressaltar que devido a prováveis falhas de preparação das amostras, como o caso das unidades 3 e 4 desta Amostra 1 (respectivamente 24 e 28) estão discrepantes como nenhuma outra está, levando-se a deduzir erro de medida, o que justifica o desvio acentuado da média. Outra provável causa da discrepância se dá pela velocidade de extração das amostras, como o frasco principal foi agitado para homogeneizar o volume, na divisão fracionada as últimas podem ter decantado e concentrado maior quantidade de metal.

Se considerar que de fato houve falha na medida, devido até a terceirização da operação do aparelho, percebe-se então que existe uma crescente ascendência de resultados tendendo a aumentar conforme se aumenta a adição de diesel. Desconsiderando as duas medidas ou não tem-se uma média de 3,6 no crescimento geral até 3,0% de contaminação com diesel, o que se mostra muito ativo para dada alteração.



Fonte: Próprio Autor.

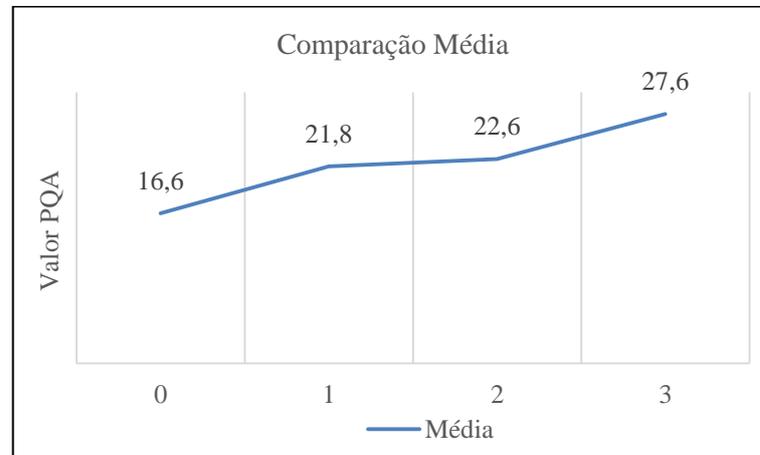
Figura 5 – Amostra 2 em PQA.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 6 – Amostra 3 em PQA.

A comparação entre cada média pode ser observada na Figura 7, onde se prova a ascensão do teor de partículas metálicas detectadas.



Fonte: Próprio Autor.
Figura 7 – Comparação Média.

A Figura 7 deixa claro que a curva de média cresce a cada amostra, evidenciando a ideia de contaminação devido ao uso de combustíveis inadequados, apontado pelo teste de PQA.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o estudo apresentado se conclui que, em primeiro lugar, o uso de “aditivos contaminantes” na gasolina para viabilizar custos e ampliar lucro prejudica relevantemente o óleo do motor, pois faz com que a carga de partículas metálicas aumente com proporção de aumento de diesel na mistura. Posteriormente o uso do PQA para análise do óleo de forma preditiva auxilia potencialmente a detecção de informações sobre sua condição interna, aprimorando a experiência com o uso do óleo e facilitando a administração de sua visa útil.

Como sugestões de trabalhos futuros tem-se experimentar aumentar ainda mais a concentração de diesel e analisar o comportamento dito pelo PQA. Outro segmento seria submeter as amostras a outros testes e detectar seus apontamentos característicos.

REFERÊNCIAS

ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Site: <http://www.anp.gov.br>, abr 2015.

BRANCO. Disponível em: <http://www.branco.com.br/produtos/motores/motores/b4t-2-8h/>. Acessado em 30 nov 2015.

BRASIL. Lei n. 13.033, de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. (Redação dada pela Lei nº 13.033, de 2014). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8723.htm. Acesso em 24 nov de 2015.

D'ÁVILA, L. A., Curso: A Qualidade dos Combustíveis no Brasil, **2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás**, Rio De Janeiro, RJ, 2003.

FERNANDES, F. R., **Ensaio com Amostras de Óleos Lubrificantes, Como Ferramenta Auxiliar no Desenvolvimento de Novos Motores de Combustão Interna: Revisão Sistemática da Literatura**, São Caetano do Sul, SP, 2012.

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**, Ilha Solteira, SP, 2010. 90p.

MICHELMURPHY. Disponível em: <http://www.michelmurphy.com/Pdf%20divers/PQa.pdf>. Acessado em 27 nov 2015.

OLIVEIRA, F. S. D., TEIXEIRA, L. S. G., ARAÚJO, M. C. U., et al., “Screening Analysis to Detect Adulterations in Brazilian Gasoline Samples Using Distillation Curves”, **Fuel**, 2004.

SOUZA, V. C. **Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle da manutenção**. 3. Ed. São Paulo: All Print, 2009. 285p.

TAKESHITA, E. V., **Adulteração de Gasolina por Adição de Solventes: Análise dos Parâmetros Físico-Químicos**, Florianópolis, SC, 2006.

TEIXEIRA, L. S. G., GUIMARÃES, P. R. B., PONTES L. A. M., et al., “Studies on the Effects of Solvents on the Physicochemical Properties of Automotive Gasoline”, **Society of Petroleum Engineers-SPE**, 2001.