

# MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MOTORES ATRAVÉS DA ANÁLISE DE ÓLEO PELOS MÉTODOS DE PQA E ESPECTROMETRIA

*Gabriella Dias Carvalho<sup>1</sup>*

*Ronaldo Lourenço Ferreira<sup>2</sup>*

## RESUMO

Atualmente é comum ouvir reclamações de motoristas que abastecem seus veículos com gasolina adulterada, adquirida em postos que vendem o produto com qualidade inferior às normas estabelecidas pela ANP (Agência Nacional de Petróleo), ações essas que podem causar danos ao motor. Devido a isto, parte o interesse em analisar os efeitos da contaminação da gasolina com querosene no óleo lubrificante, para que seja possível constatar se proporções de querosene à gasolina são prejudiciais à vida útil do motor. Visualmente é difícil constatar se o produto passou por uma adulteração, uma vez que, o querosene com seus apolares iguais à gasolina, diluem-se facilmente na mesma. O motor quando alimentado por estes combustíveis ilegais reage de forma rápida, apresentando sintomas como ruídos, vibrações, fumaça que coloração escura, e com isso o proprietário muitas vezes faz a substituição somente do combustível e não se preocupa com o estado do óleo lubrificante, que é extremamente importante para evitar o atrito entre as partes metálicas. As análises foram executadas por intermédio de dois aparelhos, sendo eles, o espectrômetro de raio-x e o monitor de partículas ferrosas, os quais comprovaram que teores baixos de querosene, não tem uma repercussão significativa no desgaste do motor.

Palavras-chave: Combustível. Contaminante. Análise de lubrificante.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde, GO.

<sup>2</sup> Orientador, Graduado em Engenharia Mecânica e Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

# 1 INTRODUÇÃO

A cada ano que passa, nota-se a constante busca por crescimento tanto tecnológico quanto em eficiência energética na área automotiva, regidos de certos parâmetros, apoiados e desenvolvidos por meio de muitos estudos, para obter veículos automotores mais eficiente, econômico e com melhor tempo de vida útil, porém combustíveis fraudados têm colocado estes estudos a perder. Há rumores que combustíveis adulterados diminuem a viscosidade, aumenta o nível de oxidação, desgaste, entre outros fatores negativos.

O foco será demonstrar se o contaminante influencia na qualidade do óleo lubrificante, que é fundamental ao motor por evitar atrito entre as superfícies metálicas. Foram realizados testes que quantificaram as partículas metálicas e de aditivos, para isto, fez-se a contaminação do combustível, de onde posteriormente o deixa em funcionamento por um ciclo de 40 horas, e então, retira-se a amostra de óleo, que passa por uma análise laboratorial crítica, estudando o percentual de partículas estranhas que se soltaram durante o processo, prejudicando o motor.

## 1.1 REVISÃO DE LITERATURA

Para que um motor desempenhe suas funções, é fundamental todo um envolvimento de atribuições, sendo de extrema importância os combustíveis e os lubrificantes, por isso a necessidade de conhecer o básico de cada um, onde será citado, a gasolina, o etanol, o óleo diesel, o querosene, os lubrificantes e os aditivos presentes no mesmo.

### 1.1.1 Gasolina

Há uma classificação no Brasil que divide a gasolina em dois tipos, designadas como: Gasolina A, nesta não há presença de álcool etílico anidro, onde há uma limitação de venda, sendo específico entre refinador e distribuidor, e Gasolina B: que acrescenta neste combustível 22% de volume de álcool etílico anidro, porém essa taxa pode variar entre  $27\% \pm 1\%$ . (BRUNETTI, 2012).

A Gasolina B é um produto facilmente encontrado nos postos, além de possuir em sua composição porcentagens de álcool anidro, também há um pequeno percentual de enxofre,

sem acréscimo de corantes, ou seja, assumindo a sua cor de extração e não possui aditivos (PETROBRAS, 20?).

Ainda citando o que há em sua constituição, a gasolina comum e a Gasolina B, que é denominada gasolina premium, possui um percentual limitado de 50 miligramas por quilogramas de enxofre, tendo uma constituição molecular ortogonal, que é a constante que determina o quanto a mistura de combustível-ar resiste antes de chegar à temperatura de autoignição, pois seu ponto de destilação varia de (215 a 220) °C, além de ajudar na lubrificação, mantém elevada compressibilidade, aumentando a vida útil do motor. (PETROBRAS, 20?).

### 1.1.2 Querosene

O querosene é derivado do petróleo, seu ponto de ebulição está dentro do intervalo de (150 a 290) °C e fusão quando a temperatura chega a -28,89 °C, com moléculas de cadeia com 9 a 16 carbonos, contém cheiro muito forte, porém é controlado, tem uma cor clara. Em alguns locais contém inúmeros campos de atuação, seja como combustível, como agente de limpeza, revestimentos, processamento de metais, ligantes e desmoldantes, ou na construção de explosivos, neste trabalho foi utilizado como lubrificante, mas independentemente de sua atuação, este é um fluido muito perigoso, de alta inflamabilidade, tem capacidade de corroer a pele humana, causar prejuízo à saúde, visual ou nos órgãos internos através de intoxicações, extremamente destrutivo ao meio ambiente, devastando os rios e por onde contamina. (PETROBRAS, 2014).

### 1.1.3 Óleo diesel

Esse combustível é usualmente aplicado em veículos pesados, no fornecimento de energia, na construção civil, enfim, em vários campos. Este fluido que pode ser incolor ou levemente amarelado, contém baixo teor de enxofre, o que diminui o feito da emissão de gases não favoráveis ao meio ambiente. É derivado de petróleo, no qual é acrescentado aditivos que podem ser antiespumantes, anticorrosivo, desemulsificante, com objetivo de garantir a qualidade da injeção do mesmo, diminuindo o aparecimento de bolhas e espumas no momento em que se preenche o tanque do automóvel (PETROBRAS, 2016).

O óleo diesel, é subdividido em muitas classes, cada uma oferecendo suas vantagens, algumas delas referem-se ao sistema de filtragem, com o diferencial de dois filtros nos postos de serviços, o que minimiza a quantidade de elementos residuais sólidos e a água no instante do abastecimento. Trata-se de um fluido que manterá a segurança funcional do motor (PETROBRAS, 2016).

#### 1.1.4 Etanol

Apresenta grande valor ao meio ambiente, uma vez que é advindo da fermentação da cana-de-açúcar e não do petróleo. Seu cultivo bem planejado, mantém cuidado com a Área de Preservação Ambiental (AAP) e colheita totalmente mecanizada, diminui a quantidade de gases poluentes liberados, desprendendo o benefício de os canaviais fazer a fotossíntese, constituindo um processo altamente sustentável (PETROBRAS, 2015).

Há uma diferença do etanol que se alia com outros combustíveis, com aquele que chega aos postos e é injetado nos automóveis, este último é o chamado álcool etílico hidratado, que tem aspecto puro e sem cor. Este produto é inflamável, podendo ser explosivo na presença de ar, perigoso a saúde humana. Tem todo um controle referente ao seu cheiro, seu ph que deve estar entre 6 e 8, viscosidade de 1,2 cP à 20 °C, seu ponto de fusão é alcançado a -117 °C e de ebulição a 77 °C, atingindo a autoignição a 363°C (PETROBRAS, 2015).

## 1.2 LUBRIFICANTES

Todo equipamento que possui partes articuladas necessita de lubrificação. Existem diversos lubrificantes, cada um para o seu propósito, uns para veículos pesados, outros para leves ou mesmo usado como complemento automotivo. Deve-se ressaltar que os seus benefícios são fornecidos por um período de tempo, após um determinado ciclo do equipamento é necessário a inspeção do mesmo e conseqüentemente troca do lubrificante (PETROBRAS, 20?).

Os lubrificantes carregam consigo o dever de diminuir ao máximo o contato forçado nos elementos mecânicos constituintes, e assim, poder evitar a perda de material entre as partes, tem também como missão refrigerar os componentes lubrificadas, permitir uma ajuda

na vedação que há entre o pistão, cilindros e os anéis, abaixar os níveis de contaminação expulsa os agentes que não trazem benefícios ao sistema, impedindo a propagação de bolhas, além de eliminar corrosões e oxidações (BRUNETTI, 2012).

As metas só são postas em prática se tiver um controle. Cada tipo de equipamento é estipulado um determinado volume do mesmo, com suas devidas atribuições, deve ser analisado fatores inerentes ao equipamento, como qual é o estado da superfície que está diretamente em atrito, analisando a escolha do material e a sua dureza, se há existência de folga e qual a pressão que a máquina trabalha (BRUNETTI, 2012).

### 1.2.1 Tipos de lubrificantes

Os manuscritos de Robert e Kurt (2008), diz o quanto é indispensável os lubrificantes para prolongar a vida útil do equipamento, este é distinguido pela facilidade de escoar pela superfície, os mesmos dividem a lubrificação em dois tipos:

- Hidrodinâmica: As superfícies são totalmente afastadas por uma fina película de lubrificante, evitando o desgaste excessivo e a perda mediante o atrito, a camada de lubrificação tem espessura entre 0,008 a 0,020 mm.
- Filme misto: Este método recebe lubrificação em período intercalados, aplicado quando os pontos mais altos das peças ficam em contato, o que força o desgaste, o filme conta com uma espessura de filme protetor entre 0,004 a 0,10 mm.

Algumas literaturas, como as escritas no trabalho de Shyglye, Mischke e Budynas (2005), classificam os lubrificantes em cinco:

- Hidrodinâmica: Como dito anteriormente, as peças são afastadas por uma fina camada de lubrificante.
- Hidrostática: Caracteriza por ser um fluido de água ou ar, que deve resistir a ação de esforço contra a superfície da peça, a qual não necessita de um contato que fique articulando-se, ou seja, não precisa de que as peças se desloquem sobrepostas.
- Elastohidrodinâmica: Específicos para lubrificação das peças que o seu contato superficial tem movimentos giratórios, neste sempre está passando uma leve

camada de lubrificante, introduzindo à peça o benefício de eliminar corrosão provocadas pelo atrito e o desgaste.

- Filmes sólidos: Compostos de grafite ou de dissulfeto de molibdênio, estes lubrificantes são usados em trabalhos onde os mancais são submetidos a temperaturas elevadas.

### 1.2.2 Aditivos

Nos lubrificantes a sua maior concentração no produto final são de óleo base, correspondendo a 95%, havendo três classificações, podendo ser mineral, sintético ou vegetal, os outros 5% são aditivos químicos que são introduzidos para melhorar o desempenho do lubrificante, já que o óleo base sozinho não é suficiente para proteger o equipamento, sendo necessário a adição dessas substâncias para estender a vida útil, prevenindo de fatores agressivos como excesso de pressão e temperatura, formação de espumas, corrosão (SANT'ANNA, 20?)

Os aditivos são elementos químicos sintéticos e são distintos entre si de acordo com a função que exercem, podendo ser utilizado mais de um, bastando estudos para comprovar o qual reage melhor ao processo. (SANT'ANNA, 20?)

De acordo com o informativo Almaq Sant'Anna, os principais aditivos são:

- Dispersantes: Posiciona-se de forma a suspender as impurezas que são responsáveis pela oxidação e contaminação, evita que as partículas menores se agrupem entre si, tornando-se um problema maior, que impediria o fluxo normal do lubrificante.
- Detergentes: São usados a fim de ter constantemente as superfícies metálicas limpas, evitando que qualquer contaminante se aloje na face dificultando a passagem do lubrificante.
- Antioxidantes: Como o próprio nome diz, age de forma a inibir a oxidação devido a exposição ao oxigênio do ar.
- Anticorrosivo: Funciona para impedir a invasão das partículas corrosivas que se formam com a oxidação do óleo, quando a queima de combustível não se dá por completo.

- Melhorador do índice de viscosidade: Minimiza as oscilações da viscosidade em função das alterações de temperatura.
- Antiespuma: Evita a formação de bolhas de ar que surgem quando o óleo lubrificante é agitado, essas bolhas ao estourar formam espumas, que causam impacto nas paredes metálicas, causando cavitação.
- Antidesgaste: Na maior parte das vezes composto a base de zinco e fósforo utilizado para impedir o contato entre as superfícies metálicas, visto que muitas vezes, apenas a lubrificação hidrodinâmica não é suficiente.

### 1.3 MOTOR

Os motores de combustão interna são máquinas que têm por função transformar energia calorífica em energia mecânica, energia esta que pode ser advinda de meios químicos, elétricos, atômicos, entre outros, ou seja, contendo uma diversificada fonte de alimentação, todas com o intuito de fazer com que o mesmo desempenhe suas devidas atribuições. No caso tratado aqui, refere-se aos motores endotérmicos ou também chamados de motores de combustão interna, são aqueles em que a energia é gerada a partir de combustíveis que se encontram no estado líquido, gasoso ou sólido (FILHO, 1949).

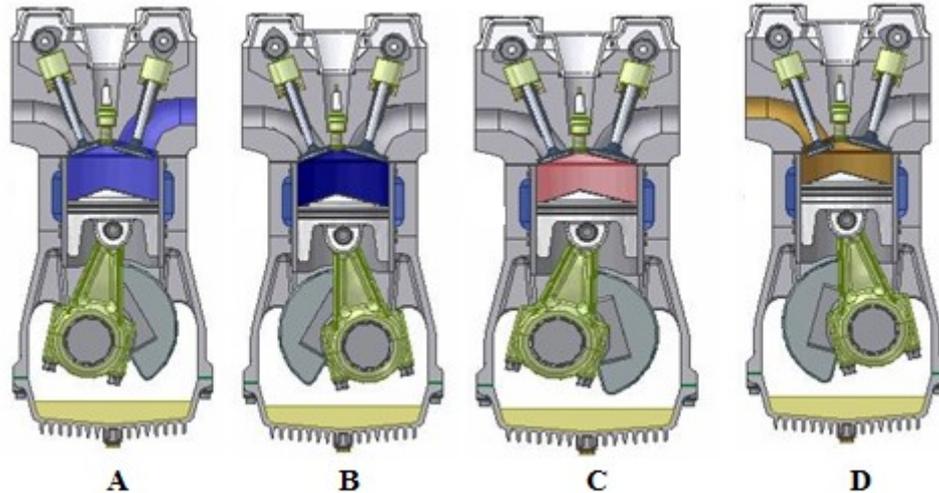
Há uma classificação dos motores de combustão interna devido a sua movimentação, que são os motores alternativos, rotativos ou de impulso. Este primeiro é subdividido de acordo com a sua combustão, pode ser por faísca, também chamado de Otto ou por ignição espontânea, como é o caso do ciclo Diesel, e ainda diferenciado quanto ao tempo necessário para completar um ciclo operativo, sendo de 2 ou 4 tempos (FILHO, 1949).

#### 1.3.1 Funcionamento do motor

De acordo com os manuscritos de Brunetti, o motor funciona em um ciclo, onde o combustível sofre várias reações devido aos movimentos exercidos pelo pistão, os quais são identificados como tempo, realizados dentro da câmara de combustão, com a finalidade de alcançar o trabalho útil. E a cada tempo pode acontecer diferentes processos. Nos motores a quatro tempos, o motor gira a sua manivela duas vezes, por ciclo.

Os ciclos dos motores de quatro tempos foram descritos e ilustrados como mostra a Figura 1:

**FIGURA 1 – A Admissão, B Compressão, C Explosão e D Escape**



Fonte: Daniel Schulz, UFRGS, 2009.

O primeiro tempo identificado pela letra A, é o tempo de admissão onde o pistão parte do Ponto Morto Superior abrindo a válvula de admissão e se direcionado ao Ponto Morto Inferior, possibilitando a aspiração do combustível conciliado com ar, ou ainda, podendo ser apenas ar, se o motor a ser analisado for um motor de injeção de combustível, os Diesel. O segundo tempo é o de compressão, neste momento as duas válvulas tanto a de admissão quanto a válvula de escape se mantem fechadas, e o pistão percorre a distância do Ponto Morto Inferior ao Ponto Morto Superior, com isso comprimindo a mistura admitida, que elevará à sua temperatura ao ponto de atingir a temperatura de autoignição do combustível presente. (BRUNETTI, 2012)

O tempo de expansão seguindo o processo, a explosão gera um impacto tão forte, devido ao aumento brusco da pressão, que empurra o pistão para baixo, voltando ao Ponto Morto Inferior. Como não houve a necessidade de nenhum esforço do motor, somente a força da reação, este é o único tempo que produz o trabalho útil no motor. Fecha-se o ciclo com o tempo de escape, em que o Pistão sai do Ponto Morto Inferior e vai ao Ponto Morto Superior para eliminar o que restou de gases da explosão gerada com a compressão. (BRUNETTI, 2012)

## 1.4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar os prejuízos do óleo lubrificante que é responsável por evitar o contato direto das partes metálicas e auxiliar na dissipação de calor, quando o motor é abastecido com uma gasolina adulterada de forma criminosa pelos postos de gasolina. O contaminante usado foi o querosene, visto que este é um dos aditivos utilizados por estes fraudadores segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os testes foram aplicados na bancada, de um motor estacionário marca Honda modelo GX160, quatro tempos, que possui potência de 5,5 CV à 3.600 rpm e potência líquida de 4,8 CV à 3.600 rpm, com torque máximo de 1,10 kgf.m à 3600 rpm e torque líquido de 1,05 kgf.m à 2.500 rpm, sendo que a capacidade de lubrificante no cárter é de 0,6 litros e de combustível é de 3,1 litros e a sua rotação em marcha lenta a 1.400 rpm podendo variar para 200 rpm a mais ou diminuir 150 rpm em relação ao primeiro valor. O motor passará por vários processos, com intuito de coletar amostras de óleo de ciclos de 40 horas cada. Em cada operação a gasolina será contaminada com solventes, aumentando progressivamente o percentual. O motor possui sensor de falta de lubrificante, que o desliga quando o nível do lubrificante baixa a níveis críticos, preservando a integridade do motor (HONDA, [201-]).

A análise de óleo tem como objetivo detectar o nível de degradação do lubrificante, elemento fundamental para diminuir ou mesmo impedir o atrito dos elementos móveis que constituem o motor, este controle é possível por meio de pesquisas detalhadas que contabilizam as partículas, estabelecendo uma relação comparativa para entender se espessura, o comprimento, as dimensões estão dentro dos padrões, e estes dados conduzem valores que demonstram qual o estado que se encontra as camadas de atrito do motor, sem a precisão de desmontá-lo para inspeção (MALPICA, 2007).

Há vários testes que podem ser aplicados para identificar a perda de propriedades do lubrificante, porém neste trabalho utilizaram-se de dois destes: O espectrometria de raio X e o monitor de partículas ferrosas – em inglês Particle Quantifier Analysis (PQA).

A análise espectrométrica de óleo (SOA) trata-se de um método que estuda a constituição das partículas dos elementos químicos que estão presentes nas porcentagens de

óleo de elementos móveis que são lubrificados. Podendo este ser de dois tipos: Espectrômetro de emissão, no qual o átomo recebe uma carga e com este estímulo reage liberando radiação, produzindo ondas longitudinais características; Espectrômetro de absorção atômica que usa da disponibilidade de luz monocromática que os átomos absorvem quando estimula o elemento, sendo a luz compatível à concentração do átomo (SCILLING, 1965).

O monitor de partículas ferrosas (PQA) tem por finalidade quantificar as partículas que estão presentes no lubrificante utilizado, estes dados são transformados em gráficos, que fornecem claramente o grau de desgaste no objeto em análise, cabendo ao pesquisador tomar as medidas necessárias para sanar o problema ocasionado quando ainda houver reversão (LAGO, 2007).

O PQA é composto por duas bobinas sendo uma de amostra (sensor) e outra de referência, as duas ficam em equilíbrio quando não existe amostra no sensor. Ambas as bobinas são preparadas para alterar por igual com a variação da temperatura ambiente, ao colocar uma amostra do óleo lubrificante que contém partículas ferromagnéticas, vai modificar o equilíbrio entre as bobinas, e com isso, vai produzir um sinal que será ampliado, analisado e exposto em forma de gráfico que demonstrará o índice de massa das partículas ferromagnéticas (PQ). Estes dados podem ser controlados por meio de botões em um painel dianteiro, ou mesmo, por um teclado de computador que esteja acoplado diretamente ao monitor. O painel informa dados alfanuméricos que dão a opção de escolher os modos alternativos de operação e oferece uma demonstração local das informações quantitativas do índice de PQ após cada medida (LAGO, 2007).

Utilizou-se o lubrificante genuíno Honda SAE 10W-30 SJ JASO MA, semissintético, o qual é indicado para trabalhar em altas rotações, também com bons resultados quando aplicado em embreagens, por evitar o deslizamento nas mudanças de transmissão dando mais condições da potência gerada chegar ao motor, porém poderia ter sido usado outro lubrificante semissintético com características iguais ou superiores a este (PETROBRAS, 2011).

As amostras de lubrificante foram coletadas na Universidade de Rio Verde e enviadas para a Universidade Estadual Paulista, câmpus de Ilha Solteira, os testes apresentam resultados confiáveis podendo os dados serem utilizados como embasamento para pesquisas futuras.

O motor foi montado em uma bancada, este foi ligado a um alternador através de uma correia e polias, o qual simula uma carga dando peso ao motor, para que ele funcione

normalmente. Trata-se de um motor novo, e como diz os fornecedores (HONDA, [201-]) o motor tem que passar pelo processo de amaciamento, e foi seguido os passos ditos pelo manual, passando por um funcionamento de 20 horas sem carregamento. Ao término do amaciamento, fez-se a inspeção do motor, retirando e substituindo o lubrificante em uso, e posteriormente desmontando-o para limpeza interna, feito esses procedimentos deu-se início aos ciclos pré-determinados para os testes.

Para ter controle destes ciclos foi implantado ao equipamento um horímetro e tacômetro que é um acessório que tem por função contabilizar as horas, a leitura deste é feita em tempos diferentes, quando o motor não está em funcionamento o horímetro apresenta as horas que foram exercidas até o dado instante, quando aperta-se o botão seletor o relógio passa a marcar as horas parciais trabalhadas. Quando aciona o motor o relógio apresenta a rotação do mesmo e apertando o seletor ele passa a mostrar as horas trabalhadas, assim ao decorrer das operações quando chegar o prazo estipulado, o motor será desligado.

Ao sessar o trabalho e selecionando a opção horímetro parcial e mantendo o seletor pressionado por aproximadamente 3 segundos, o relógio zera a contagem das horas e estará pronto para iniciar a contagem de outra amostra, este é um equipamento muito eficaz e seguro para a medição das horas, visto que é tudo eletrônico, evitando o trabalho manual que pode ter o risco de se perder na contagem.

Não deixando de dizer que o relógio horímetro/tacômetro funciona devido ao ganho de energia transmitida pelo cabo de vela, no mesmo está presente dois fios, sua fixação é bastante simples, precisando apenas enrolar cinco voltas de um dos fios no cabo de vela e o outro fio deve ser preso na carcaça do motor, por ser o polo negativo. O horímetro tem como vantagem a sua flexibilidade de se configurar de acordo com o motor que está em uso, portanto de acordo com o tipo do motor, que pode ser de dois ou quatro tempos e a quantidade de cilindros que o motor possui.

Foi definido que o motor funcionaria a 50 km/h já que esta é a velocidade padrão para uma cidade de estatura média. O motor Honda em teste é similar aos dos motociclistas, que fazem geralmente a sua troca de lubrificante a cada 4.000 km percorridos como aconselhado pelos manuais, mas dependendo, se o trabalho for intenso este prazo é reduzido pela metade, ou seja, a cada 2.000 hm rodados. Por este motor estar preso a uma bancada interligado a um alternador, não tendo a mesma ventilação que em situação normal, estabelecemos que este está trabalhando em condições severas, por isso adotamos a troca do lubrificante a 2.000 km. Baseando nestes dados de substituição de lubrificante e a velocidade constante estabelecida,

convertendo os valores para quilômetros em horas, encontram-se 40 horas, que foi o tempo gasto para cada ciclo.

O motor abastecido com o combustível e óleo lubrificante, em seguida foi colocado para trabalhar 40 horas que foram contabilizadas pelo horímetro, ao encerrar o tempo foi retirada uma amostra de lubrificante e acondicionada em frascos. Em seguida, o motor foi desmontado para fazer a limpeza interna do motor.

Foi feita a limpeza com muito cuidado para não deixar restos de lubrificante ou mesmo de papel absorvente que foi o material usado. O papel evita a contaminação interna do motor por fiapos ou linhas que o pano soltaria. Depois da limpeza feita, só repetir os procedimentos novamente, abastecer com o novo percentual de combustível adulterado, zerar o horímetro parcial, e assim gerando os novos resultados.

Este ciclo por ser tão pequena a alteração pode parecer não ter significado, mas é importante para entender o comportamento do motor ao adicionar outro aditivo, ver se este suporta, se fez diferença e caso não tenha causado problemas bruscos dá a entender que pode fazer testes com valores maiores de contaminação, abrindo espaço para novas pesquisas.

Para eficiência dos resultados é importante que os testes sejam aplicados nas mesmas condições, para ter os dados os mais próximos do real, por isso, alguns parâmetros foram estabelecidos para que a variação ficasse somente por conta do combustível. A aceleração foi fixada na faixa de 2.000 a 2.400 rpm, por meio do parafuso de regulagem da marcha lenta do motor. Esse intervalo de rotação deve-se ao fato que quando o motor está frio ele funciona com uma rotação um pouco mais baixo e conforme vai aquecendo ele aumenta chegando próximo aos 2.400 rpm que era a rotação na temperatura de trabalho, neste nível de rotação sem tem um consumo moderado de combustível.

## 2.1 MÉTODO

Os testes foram realizados com pouca adulteração no combustível, para comprovar se uma pequena alteração pode comprometer a vida do motor, mesmo sabendo que o querosene tem uma cadeia de carbono próxima a da gasolina.

Realizamos nove ciclos, no primeiro ciclo usamos apenas a gasolina comum, sem nenhuma modificação em sua composição, nas outras etapas fomos acrescentando a cada ciclo 1% de contaminante até chegar a 8%. A cada vez que foi adicionado querosene à gasolina, foram feitos cálculos para identificar o teor de etanol para verificar se este estava

dentro do padrão estabelecido pela norma de 27%  $\pm$ 1%. Quando este teor de etanol não atingia os 26% era repostado até atingir a faixa padrão.

Os cálculos receberam auxílio da Tabela 1, para saber a quantidade necessária de contaminante e etanol que é preciso por ciclo.

**TABELA 1** - Cálculo de querosene e etanol adicionados à gasolina

		<i>PERCENTUAL DE QUEROSENE ADICIONADO À GASOLINA</i>									
		0%	1%	2%	3%	4%	5,0%	6%	7%	8%	
<i>Querosene</i>	<i>ml</i>	0	50	100	150	200	250	300	350	400	
<i>Gasolina "C"</i>	<i>ml</i>	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	
<i>Gasolina</i>	<i>ml</i>	3650	3686,5	3723	3759,5	3796	3832,5	3650	3905,5	3942	
<i>Etanol</i>	<i>ml</i>	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	
<i>Etanol</i>	<i>%</i>	27,0%	26,7%	26,5%	26,2%	26,0%	26,1%	26,0%	26,1%	26,0%	
<i>Acresc. Etanol</i>	<i>ml</i>	0	-	-	-	4	30	40	60	75	
<b><i>% real de querosene</i></b>		<b>0,0%</b>	<b>1,0%</b>	<b>2,0%</b>	<b>3,0%</b>	<b>4,0%</b>	<b>5,0%</b>	<b>6,0%</b>	<b>6,9%</b>	<b>7,9%</b>	

Fonte: Ronaldo Lourenço Ferreira, 2015.

As medições de combustível contaram com auxílio de um béquer, uma proveta e uma pipeta, instrumentos utilizados para medir o querosene e o etanol a serem misturados na gasolina, todos estes dados baseados na Tabela 1. Quando misturamos a gasolina ao contaminante, teremos uma mistura homogênea, essa mistura é despejada dentro da proveta para medir o percentual de etanol, porém com o acréscimo de contaminante o etanol estará fora dos parâmetros, daí a necessidade de adicionar etanol a mistura para se enquadrar os padrões exigidos pela Lei de 27%  $\pm$  1%.

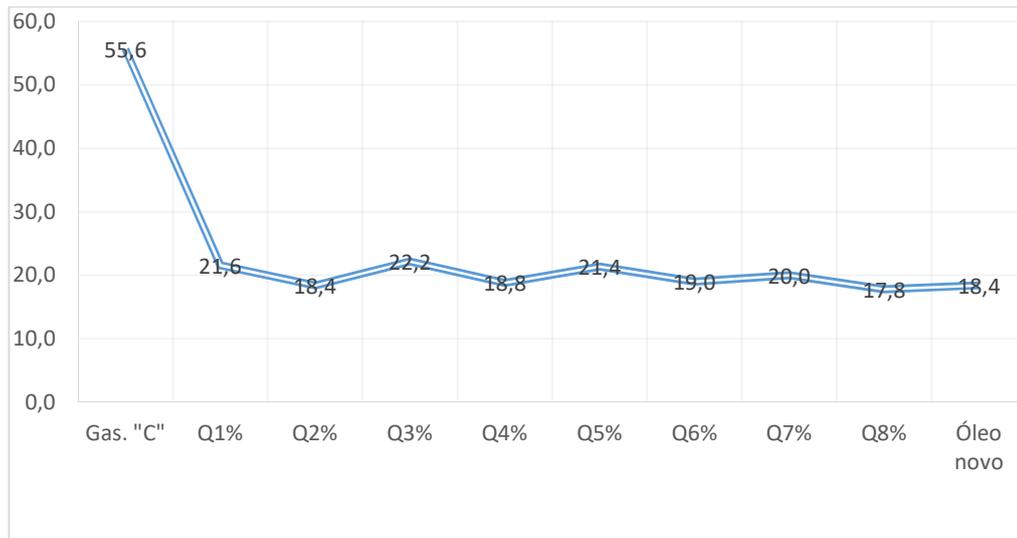
Lembrando que as amostras foram retiradas enquanto o motor ainda estava quente, para que estas não perdessem as suas características, para o recolhimento das amostras foram utilizados luvas, mangueira, seringa e pote para armazenar, mantendo a máxima higienização.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ENSAIO QUEROSENE PQA

Os testes de PQA com querosene foram nivelados em relação aos resultados do óleo ainda não utilizado e a da gasolina comum. Pode-se observar que este óleo novo possui partículas metálicas, sendo estas provenientes do processo de fabricação e não do desgaste do motor.

**FIGURA 2** – Gráfico do teste de PQA



Fonte: Próprio autor, 2016.

No primeiro teste de PQA, realizado com gasolina comum, observa-se uma grande variação, essa pode ser explicada devido o motor ainda não ter sido utilizado. Mesmo o motor tendo sido amaciado de acordo com as normas e orientações do fabricante, verificou-se que a quantidade de partículas tão elevada se deu pelo motor não estar completamente amaciado.

Em geral, as médias dos testes com querosene em percentuais de 1% a 8% ficaram próximas da média do óleo novo que é de 18,4%. Testes comprovam que alteração em pequenas escalas acarreta pouco desgaste.

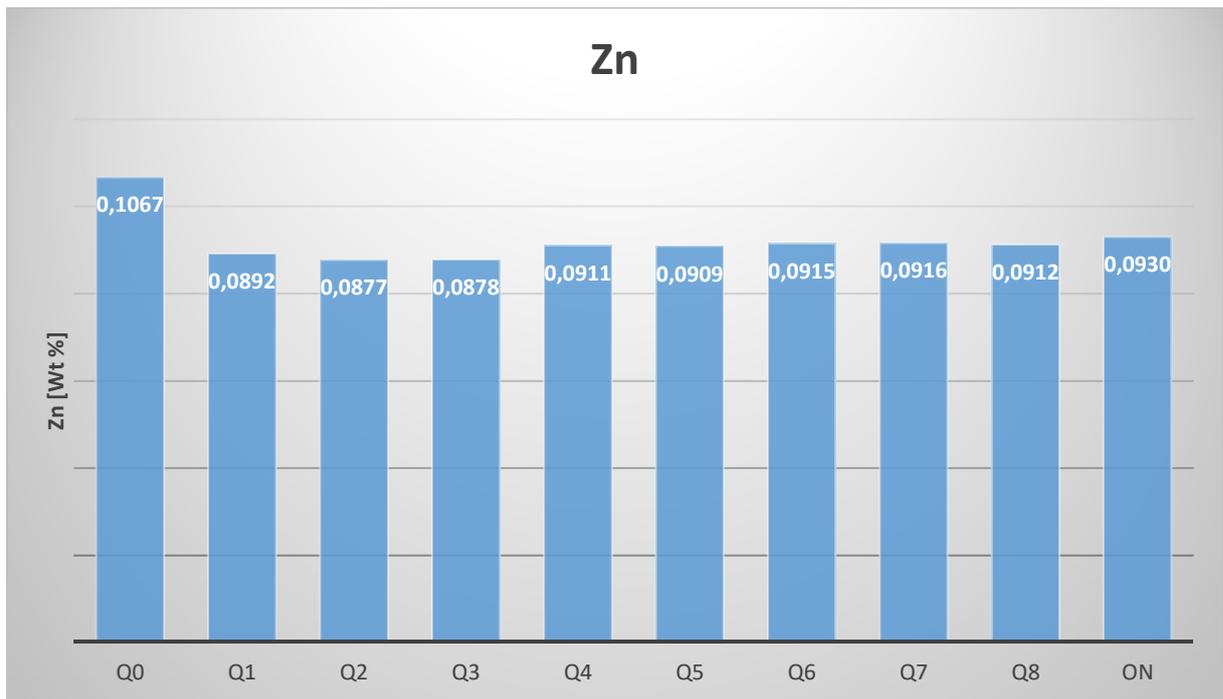
### 3.2 ESPECTROMETRIA DE RAIOS X

O espectrômetro de raio X tem por função quantificar as partículas que estão presentes na amostra, detectando diversos elementos como o manganês, alumínio, ferro, cromo, etc. Dentre estes, foram selecionados o zinco e o fósforo, ambos apresentam múltiplas funções.

### 3.2.1 Testes com zinco

O zinco se junta ao óleo lubrificante para agregar propriedades antioxidantes, anticorrosivos, antidesgastes, aumentar a resistência a elevadas pressões e detergentes (CARDOSO; CUNHA, 2011).

**FIGURA 3** – Gráfico da análise do zinco



Fonte: Próprio autor, 2016.

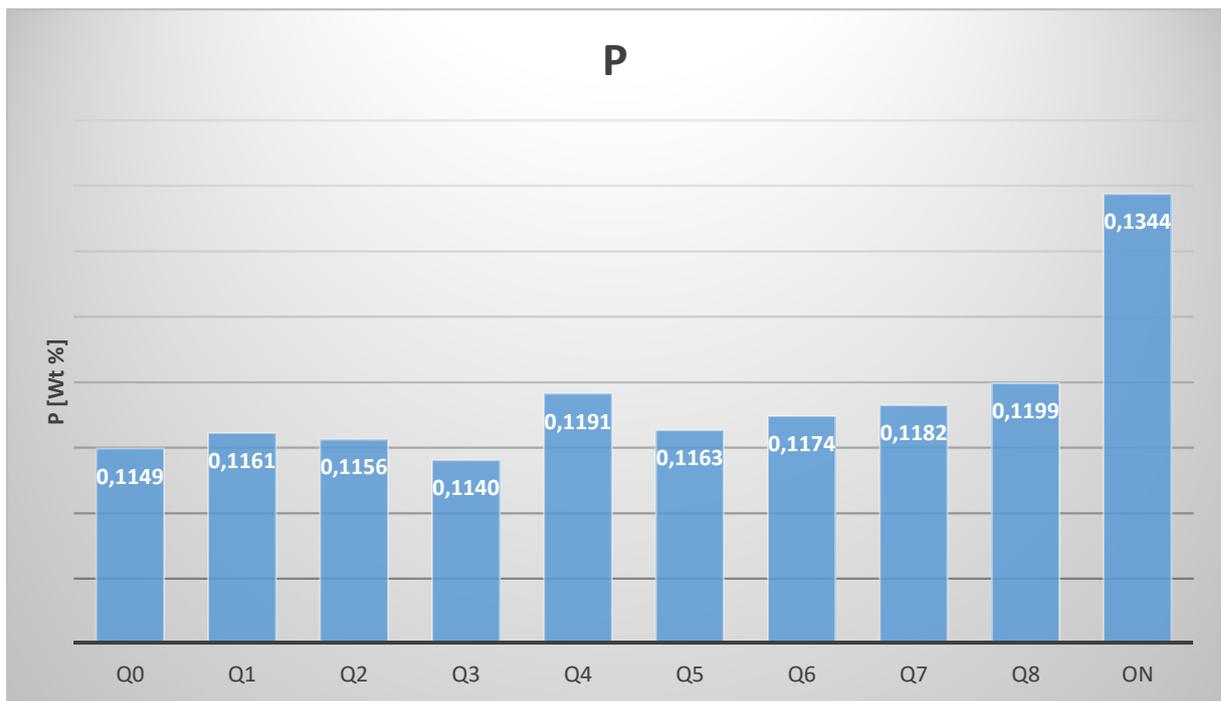
As alterações nos percentuais de querosene (Q1 a Q8) ficaram bem próximas em relação ao óleo novo (ON), nota-se que decaiu os testes de 1 a 3% e o teor sobe quando atinge o nível máximo dos testes que é a 8% esse valor está bem perto do óleo novo.

A gasolina comum (Q0) mostrou um pequeno avanço, que pode ser proveniente das partículas que se soltaram das peças na fase de amaciamento, as quais saem do processo de fabricação com um certo grau de rugosidade, tanto dos pistões, como das engrenagens, anéis, eixos, virabrequim, cilindros, sendo uma variação positiva, por oferecer ao óleo lubrificante mais das características de antidesgastes, anticorrosivo, citados anteriormente.

### 3.2.2 Testes com fósforo

Este aditivo químico representado pela letra P, é aplicado quando se busca combater ou pelo menos diminuir a corrosão, o desgaste, e ao mesmo tempo, ter uma boa lubrificação mesmo em condições de altas pressões, e que suporte cargas pesadas de engrenamento sem romper o filme de óleo. (SANT'ANNA, 20?)

**FIGURA 4** – Gráfico da análise do fósforo



Fonte: Próprio autor, 2016.

Após a realização do primeiro ciclo o percentual de fósforo presente no óleo novo (ON) cai de 0,1344 para 0,1149, nos ciclos subsequentes, adicionando ao querosene a taxa de fósforo cresce lentamente. Pode-se comprovar que o querosene não consome o fósforo em grandes proporções, ficando próximo ao padrão da gasolina comum limpa.

O uso de querosene em pequenas quantidades aumenta o teor de fósforo, e consequente a vida útil do equipamento. É desconhecido para este trabalho os efeitos do querosene em maiores quantidades.

## 4 CONCLUSÃO

Diante do objetivo deste trabalho, visando a manutenção preventiva e observando os resultados obtidos é possível concluir que a adição do querosene não alterou significativamente as condições do óleo novo, que exerce um papel fundamental em inibir o desgaste, a corrosão, a oxidação, a formação de bolhas, dentre outros fatores causadores de danos nas superfícies internas do motor. A alteração foi observada no lubrificante utilizado no motor quando o mesmo funcionou com gasolina comum, que analisando o PQA para este combustível, o mesmo apresentou um número elevado de partículas e que leva a conclusão que o motor ainda liberou partículas provenientes de seu amaciamento. O amaciamento foi feito conforme a recomendação do fabricante, mas em um teste futuro é recomendado fazer dois ciclos com gasolina limpa e descartar o primeiro, garantindo assim um perfeito amaciamento do motor.

O motor continuou no mesmo estado, visualmente a emissão de fumaça permaneceu igual. Observa-se nos gráficos apresentados nos resultados que a contaminação da gasolina com querosene em percentuais de 1% a 8%, não demonstraram nenhum valor alarmante em relação as propriedades (do zinco e do fósforo). O consumo destes elementos foi de forma regular sem alterações expressivas.

Ao longo deste trabalho surgiram sugestões para novas análises e indagações para trabalhos futuros, são elas, analisar o óleo contaminado por um tempo maior, inserir uma percentagem maior de contaminante, podendo executar testes práticos com o motor teste em laboratório.

*PREVENTIVE MAINTENANCE OF ENGINES THROUGH OIL ANALYSIS  
THE PQA METHODS AND EXPECTROMETRIA*

**ABSTRACT**

In today's world is a common thing to hear some claims from drivers who fill up their vehicles with altered gasoline taken in gas stations that sell products with less quality than the ANP established norms, this kind of thing can cause some damage to the engine, because of that, I decided to analyze the effects of the gasoline that was contaminated with kerosene into lubricating oil, to make possible to conclude if certain types of mixtures are or are not harmful to the engine's life. From the consumer's eyes, it's a difficult task to identify if the product was altered since kerosene dilutes itself easily with its nonpolars like gasoline. The engine, once that was filled up with these kinds of illegal fuels has a quick reaction, presenting symptoms like noises, vibrations, smoke, and so the owner just makes the replacement of the fuel, disregarding the lubricating oil, which is extremely import to avoid the friction between the metallic parts. The analyses were made using two equipments, those are, the Expectrometria x-ray and the ferrous particles' monitor, which proved that low levels of kerosene has no significant impact in the engine wear.

Keywords: Fuel. Poisoning. Analysis. Lubricant.

## REFERÊNCIAS

BRUNETTI, F. (a). **MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**. São Paulo: EDGARD BLUCHER LTDA., v. 1, 2012. 554 p.

BRUNETTI, F. (b). **MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**. São Paulo: EDGARD BLUCHER LTDA., v. 2, 2012. 485 p.

CARDOSO SILVEIRA, E. L. et al. **DETERMINAÇÃO DE METAIS EM ÓLEOS LUBRIFICANTES, PROVENIENTES DE MOTORES DE ÔNIBUS**. Universidade Federal do Piauí. Teresina - PI, p. 5. 2011.

FILHO, P. P. **OS MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA**. BELO HORIZONTE: LEMI S. A., 1949. 349 p.

HONDA, P. D. F. **Motores estacionários GX 120/160/200, Manual do proprietário**. São Paulo: [s.n.], [201-].

LAGO, D. F. **Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante**. Dissertação de mestrado. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, p. 179. 2007.

MALPICA, L. G. T. **MANUTENÇÃO PREDITIVA DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA, À GASOLINA, ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ANÁLISE DE LUBRIFICANTES**. Dissertação de mestrado. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. ILHA SOLTERIA, p. 113. 2007.

PETROBRAS (a). **GASOLINA**, 20? Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/automotivos/gasolina/>>. Acesso em: 10 ABRIL 2016.

PETROBRAS (b). **GASOLINA COMUM**, 20? Disponível em: <[http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/automotivos/gasolina!/ut/p/c5/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N\\_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ4MgQ6B8JJK8v7-nK1DewNXVw9gcqNyYgG4v\\_aj0nPwkoD1-](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/automotivos/gasolina!/ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ4MgQ6B8JJK8v7-nK1DewNXVw9gcqNyYgG4v_aj0nPwkoD1-)>

Hvm5qfoFuRGVjo6KigADRBoi/dl3/d3/L01DU0IKSWdra0EhIS9JTIJBQUlpQ>. Acesso em: 24 Março 2016.

PETROBRAS (c). **LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS- LINHA LUBRAX**, 20? Disponível em: <[http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/automotivos/gasolina!/ut/p/c5/04\\_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N\\_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ4MgQ6B8JJK8v7-nK1DewNXVw9gcqNyYgG4v\\_aj0nPwkoD1-Hvm5qfoFuRGVjo6KigADRBoi/dl3/d3/L01DU0IKSWdra0EhIS9JTIJBQUlpQ](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/automotivos/gasolina!/ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ4MgQ6B8JJK8v7-nK1DewNXVw9gcqNyYgG4v_aj0nPwkoD1-Hvm5qfoFuRGVjo6KigADRBoi/dl3/d3/L01DU0IKSWdra0EhIS9JTIJBQUlpQ)>. Acesso em: 11 ABRIL 2016.

PETROBRAS (d). **LUBRAX**, 2011. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/19d79b8046263686b4b9bfb37e971e31/ft-lub-auto-moto-tecno-moto.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 24 Março 2016.

PETROBRAS (e). **Ficha de informação de Segura de Produto Químico - FISPQ**, 2014. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/f884ae8043a79f5ebdf2bfecc2d0136c/fispq-avi-querosene-jeta1.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 25 Março 2016.

PETROBRAS (f). **ETANOL**, 2015. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/3b33fe8043a79941b531bfecc2d0136c/fispq-comb-etanol-etanol-hidratado-combustivel-ehc.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=3b33fe8043a79941b531bfecc2d0136c>>. Acesso em: 11 Março 2016.

PETROBRAS (g). **Óleo Diesel**, 2016. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/automotivos/oleo-diesel/>>. Acesso em: 10 Abril 2016.

ROBERT, J. C.; KURT, M. M. **Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas**. Tradução de FERNANDO RIBEIRO DA SILVA. Rio de Janeiro: CIP-BRASIL, v. Único, 2008. 500 p.

SANT'ANNA, A. **DIVISÃO LOCAÇÃO DE COMBOIOS PARA LUBRIFICAÇÃO | INFORMATIVO ALMAQ SANT'ANNA | EDIÇÃO 03**, 20? Disponível em: <[http://almaqsantanna.com.br/images/expresso/003\\_aditivos\(1\).pdf](http://almaqsantanna.com.br/images/expresso/003_aditivos(1).pdf)>. Acesso em: 24 out. 2016.

SCILLING, A. **Los aceites para motores y la lubricación de los motores**. Madri: Intrencia, 1965.

SHYGLEY, E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **PROJETO DE ENGENHARIA MÊCANICA**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p.