

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PROPORÇÃO ÓLEO/COMBUSTÍVEL NO FUNCIONAMENTO DE MOTORES ESTACIONÁRIOS DOIS TEMPOS

Vanilson Costa de Oliveira¹

Daniel Fernando Silva²

RESUMO

Sempre houve uma preocupação quanto ao uso correto da proporção óleo/combustível especificada pelo fabricante em motores de dois tempos, mas muitos que operam máquinas com esse tipo de motor não possuem conhecimento específico ou ignoram esse aspecto. A falta de cuidados nesse sentido pode causar avarias no funcionamento do motor, tais como: geração de poluentes lançados à atmosfera, elevada carbonização das paredes do cilindro, câmara de combustão, anéis de vedação e nos eletrodos das velas, além de influenciar no seu consumo de combustível. A partir dessa problemática, esse estudo tem como objetivo analisar qual a maneira correta de realizar a mistura de óleo/combustível em motores estacionários de combustão interna do ciclo Otto de dois tempos, bem como verificar de maneira viável e considerável a realização de uma boa lubrificação dos componentes e alimentação ao consumo de combustível requerida pelo motor, em relação à mistura de lubrificantes de várias marcas, buscando obter o melhor desempenho, eficiência, precisão, e o bom funcionamento de cada componente que compõe o interior do motor. Diante dos resultados obtidos por meio de pesquisas bibliográficas e observações em testes realizados, pôde-se obter uma proporção ideal (recomendável) para sugerir o uso no motor analisado. Utilizaram-se neste trabalho 3 marcas diferentes de óleo lubrificante e os testes foram feitos nas proporções de óleo/combustível de 1/20 e 1/30 através da análise de variância desses fatores. Os resultados demonstraram que a variação desses fatores não influenciou no consumo de combustível.

Palavras-chave: Dois tempos. Óleo/Combustível. Mistura.

¹ Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde, Rio Verde, GO.

² Orientador, Mestre em Engenharia da Manutenção.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas pesquisas relacionadas à diminuição do consumo de combustível em motores de ciclo Otto (admissão da mistura ar/combustível) vem se intensificando a cada dia. Isso se deve ao elevado preço de mercado dos combustíveis utilizados nesses sistemas de combustão interna.

Quanto aos motores de dois tempos de ciclo Otto, sempre houve uma preocupação quanto ao uso correto da proporção óleo/combustível especificada pelo fabricante, mas muitos que operam máquinas com esse tipo de motor não possuem conhecimento específico ou ignoram a proporção óleo/combustível, podendo causar avarias no funcionamento do motor, tais como: geração de poluentes lançados à atmosfera, elevada carbonização das paredes do cilindro, câmara de combustão, anéis de vedação e nos eletrodos das velas, além de influenciar no seu consumo de combustível.

A busca por esse tipo de motor (dois tempos) se intensificou durante os anos correntes, devido a vários fatores que contribuíram para a diversificação de estudos feitos com aplicação e utilização referentes à praticidade no seu funcionamento (Start/On), como por exemplo: fácil mobilidade de operação e deslocamento (tamanho e baixo peso), menor custo em relação aos demais (quatro tempos), e confiabilidade (pequena quantidade de peças utilizadas em sua construção).

O estudo em questão é relacionado ao motor de dois tempos estacionário, muito utilizado em motosserras, moto bombas, motocicletas, barcos, aeromodelos, máquinas de cortar grama e algumas máquinas de utilidades caseiras. É necessário analisar a estrutura e funcionamento desse tipo de motor de acordo com a dosagem óleo/combustível, buscando sugestões de medidas indicativas para o seu melhor desempenho.

Afirma-se também que a vida útil dos motores estacionários de dois tempos depende muito do conhecimento proposto nesse estudo. A constatação dos extremos dessa dosagem permitirá que testes e planejamentos futuros sejam incentivados, o que é fundamental para que novas medidas e indicações sejam testadas e comprovadas.

O presente trabalho será dividido em duas etapas. Na primeira, foi realizada uma revisão de literatura sobre o estudo em questão. Na segunda etapa serão feitos os testes práticos com uma bancada de um sistema constituído de um motor, eixo e mancal disponíveis

no laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde, GO.

1.1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 CARACTERIZAÇÃO, VANTAGENS E DESVANTAGENS DO MOTOR DE DOIS TEMPOS

Os motores de combustão interna surgiram em meados do século XIX, ganhando vantagem sobre os motores a vapor pela sua versatilidade, eficiência, menor peso por cavalo vapor, funcionamento inicial rápido e possibilidade de adaptação a diversos tipos de máquinas (LUZ, 2013).

Segundo Luz (2013, p. 3), “o primeiro motor a combustão interna foi construído pelo mecânico alemão Lenoir, em 1860, e tinha a potência de 1 cv, trabalhando com gás de iluminação”. A partir daí, os demais motores de combustão interna foram sendo aperfeiçoados, e os mais populares hoje são derivados dos modelos feitos por Otto e Diesel.

Tanto Otto quanto Diesel utilizam o modelo de combustão interna de pistão. Esse modelo pode ser desenvolvido em dois tempos e quatro tempos. A característica básica de cada modelo (Otto ou Diesel) é o combustível, sendo que no modelo de Otto utiliza-se gasolina ou álcool, e no modelo Diesel utiliza-se como combustível o óleo diesel (LUZ, 2013).

As diferenças principais entre motores de quatro tempos e motores de dois tempos são: no motor de quatro tempos, as quatro fases de combustão ocorrem progressivamente, ou seja, primeiro ocorre a admissão, depois a compressão, em seguida a combustão e por último o escape; e no motor de dois tempos a admissão e o escape ocorrem ao mesmo tempo em que a compressão e expansão, ou seja, completa-se o ciclo de combustão a cada volta do virabrequim (BRUNETTI, 2012; LUZ, 2013).

O desempenho do motor de dois tempos é mais eficiente, mecanicamente falando, do que o do motor de quatro tempos, pois ele desenvolve seu funcionamento resumindo os processos efetuados pelo motor de quatro tempos pela metade. Mecanicamente, o motor de dois tempos é bem simples e possui poucas peças móveis, sendo que o próprio pistão funciona como válvula deslizante, abrindo e fechando as portas onde a mistura é admitida e os gases queimados são eliminados (LUZ, 2013; TILLMANN, 2013).

Dentre as vantagens do motor de dois tempos, destacam-se: montagem mais simples; mais leve e que o motor de quatro tempos, pois produz um tempo motor em cada volta do eixo de manivelas; menor custo; maior potência de combustão, etc. (BRUNETTI, 2012; LUZ, 2013; TILLMANN, 2013).

Todavia, os motores de dois tempos também possuem desvantagens, em destaque: pouco econômicos; maior aquecimento, devido à maior frequência de combustão; pouco poder de lubrificação, pois o óleo é diluído no combustível; parte dos gases queimados após o escapamento permanece no cilindro, o que contamina a nova mistura admitida; o motor é menos flexível e ocorrem muitas variações nas condições de rotação, altitudes, temperaturas, etc. São fatores que contribuem para sua pouca utilização em máquinas de grande porte, somente em máquinas mais leves (BRUNETTI, 2012; LUZ, 2013; TILLMANN, 2013).

Quanto ao seu funcionamento, os motores de dois tempos possuem uma certa rotação de trabalho, de modo que são mais econômicos que os motores de quatro tempos. Com o exagero de rotação, sua vida útil diminuirá mais rapidamente, e haverá o aumento contínuo do consumo e poluição constante.

1.1.2 CARACTERÍSTICAS DO FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE DOIS TEMPOS

A Termodinâmica é a ciência que define as alterações do calor e do trabalho mecânico, como também o estudo das leis que competem aos gases, durante suas evoluções, desde sua entrada no cilindro até sua saída para a atmosfera (TILLMANN, 2013).

Caracterizados como motores de ciclo termodinâmico, os motores do ciclo Otto a mistura ar/combustível ocorre antes da sua entrada no cilindro por um elemento misturador, carburador ou, mais recentemente, pelo dosador eletrônico de combustível, sendo esses componentes participantes da evolução do funcionamento desses motores (TILLMANN, 2013).

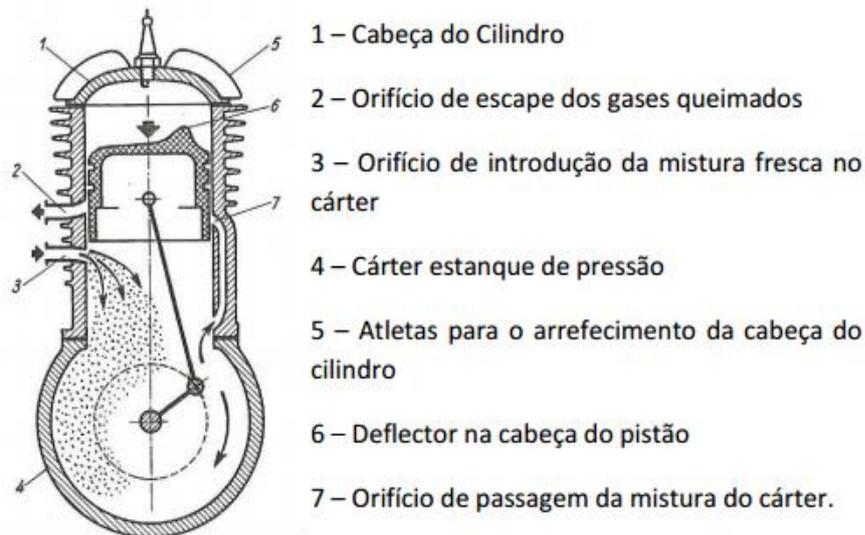
As partes fundamentais dos componentes no interior do motor são responsáveis pelo fornecimento das condições favoráveis para que o processo de transformação de energia química dos combustíveis nos motores se realize de forma eficiente e contínua (MIALHE, 1980 apud TILLMANN, 2013).

Os motores de dois tempos, em questão, realizam seu ciclo operativo em dois tempos

ou duas fases. Com isso, a cada volta do virabrequim ocorre uma explosão, proporcionando assim uma rotação e torque mais suave ao motor. A construção e o funcionamento desses motores são bastante simples, pois possuem um número reduzido de peças móveis, o que gera uma redução no peso, tamanho e custos com manutenção (YAMAHA, 2002 apud SILVA, 2003).

Os componentes denominados mecanismos dos motores são considerados como partes fixas ou móveis, que realizam trabalho em conjunto, produzindo assim os movimentos necessários para o funcionamento interno do motor. Temos como partes fixas do motor de dois tempos a carcaça em si, que é composta pelos seguintes itens: cabeça do cilindro, orifício de escape, orifício de entrada, cárter estanque de pressão, aletas, e orifício de passagem de mistura do cárter (Figura 1). Ou seja, é resumidamente composto por bloco do motor, cabeçote e o cárter (TILLMANN, 2013).

FIGURA 1 – Exemplo de motor de dois tempos (partes fixas)



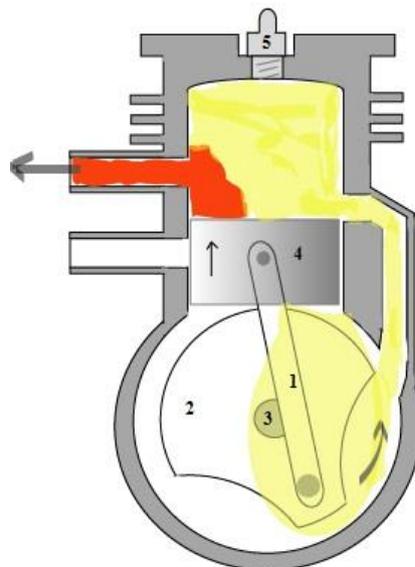
Fonte: Lucchesi (1989), adaptado.

De acordo com Varella (2016), as descrições dos componentes fixos visualizados na Figura 1 são:

1. Cabeça do cilindro: tem por finalidade limitar, junto ao PMS, o trabalho realizado pelos componentes internos e de forma que contribua na dissipação de calor do meio para o ambiente.

2. Orifício de escape: realiza sua função apenas liberando os gases produzidos pelas misturas (óleo/combustível e ar) após a realização de todo o ciclo de trabalho.
3. Orifício de entrada: realiza a entrada da mistura após sair do carburador, no interior do motor, desde a parte do cárter até a cabeça do cilindro, realizando posteriormente a lubrificação de todos elementos por meio dos movimentos internos e gerando o trabalho através dos componentes contidos na mistura.
4. Cárter estanque de pressão: tem como função estancar a pressão em que adentra a mistura e, de certa forma, limita também a sua capacidade de entrada.
5. Aletas: componentes de dissipação de calor com cavidades na parte externa do motor, localizadas ao nível de trabalho do pistão, visando o resfriamento por meio do ambiente.
6. Deflector na cabeça do pistão: direciona a saída dos gases após a realização do processo de compressão e expansão na câmara.
7. Orifício de passagem da mistura do cárter: é o canal de passagem da mistura já localizada no interior do motor e em grande parte no cárter, que, por meio de movimentos dos componentes internos, introduz a mistura na câmara de combustão.

FIGURA 2 – Componentes móveis do motor de dois tempos



Fonte: RC Airplane Advisor (2005).

Varella (2016) ainda descreve os componentes móveis, demonstrados na Figura 2:

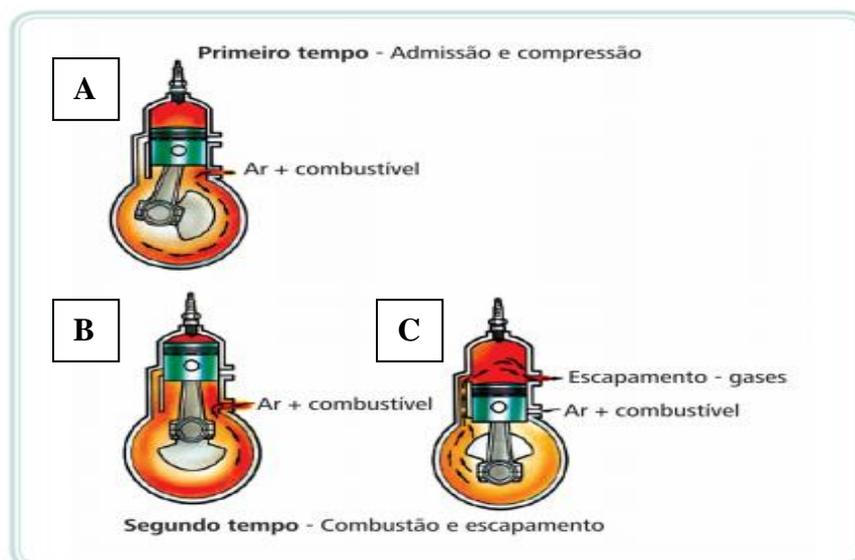
1. Biela: é o mecanismo com formato de haste que liga o pistão ao virabrequim e transfere o

movimento através das extremidades articuladas, realizando a mudança de ângulo que é feita pelo virabrequim.

2. Virabrequim: tem como função transmitir seu movimento rotativo para a biela ligada ao pistão em movimento alternativo; ao mesmo tempo, exerce a transferência de rotação por meio do seu eixo a outro mecanismo acoplado externamente.
3. Pistão ou êmbolo: exerce seu trabalho conforme o movimento produzido pelo virabrequim transferido para a biela, e assim realiza o ciclo por meio das reações químicas da mistura; também auxilia na vedação junto aos anéis nele contidos em contato com a câmara de combustão; dependendo da lubrificação contida por meio da mistura, realiza também a transferência de temperatura expelida após a mistura em contato com a ignição, e influencia na expulsão dos gases após todo o ciclo.
4. Vela de ignição: tem como função produzir a faísca que produz o ponto de ignição, que, em contato com a mistura comprimida pelo pistão, causa a explosão.

O funcionamento do motor de dois tempos é basicamente composto pelos processos de admissão, compressão, combustão e escapamento. Esses processos são divididos em duas etapas, por isso recebe o nome de dois tempos. Apresenta-se abaixo (Figura 3) o esquema do funcionamento do motor de dois tempos do ciclo Otto.

FIGURA 3 – Funcionamento do motor de dois tempos – Ciclo Otto



Fonte: Mahle (2007) apud Tillmann (2013, p.117).

Nesses dois tempos, desenvolvem-se as seguintes etapas (TILLMANN, 2013):

I. Primeiro tempo (A): supondo que o motor já esteja em funcionamento, o pistão sobe, comprimindo a mistura no cilindro e produzindo uma redução no cárter. Quando se aproxima do ponto morto alto, ocorrem a ignição e a combustão da mistura. Ao mesmo tempo, ocorre a admissão da mistura nova no cárter, devido à diminuição que sofreu durante a subida do pistão.

II. Segundo Tempo: os gases da combustão aumentam (B), fazendo com que o pistão desça, comprimindo a mistura no cárter. Quando se aproxima do ponto morto baixo, o pistão abre a porta de exaustão, permitindo a saída dos gases queimados (B). Em seguida, a porta de transferência é aberta e a mistura comprimida no cárter invade o cilindro, expulsando os gases queimados (C).

Dessa forma, conclui-se que no motor de dois tempos também ocorrem as seis fases presentes no motor de quatro tempos, porém, as etapas admissão, compressão, ignição e combustão ocorrem no primeiro tempo, e expansão e exaustão no segundo.

Dentre os sistemas fundamentais para o funcionamento dos motores de combustão interna estão os sistemas complementares. Estes proporcionam as condições necessárias para que o processo de transformação da energia interna dos combustíveis em trabalho mecânico se realize de forma eficiente e contínua. Esses sistemas são denominados: sistema de alimentação de ar; sistema de alimentação de combustível; sistema de arrefecimento; sistema de lubrificação; sistema elétrico (TILLMANN, 2013, p.55).

Desses sistemas complementares mencionados, o mais relevante para o estudo em questão é o sistema de lubrificação, visto que é um dos aspectos mais importantes para a vida útil do motor, justamente por se tratar de um sistema de manutenção constante nesse tipo de motor.

1.1.3 Sistema de Lubrificação

A principal função dos lubrificantes (óleos minerais ou sintéticos) é a de manter uma película de óleo lubrificante entre essas peças para dissipar o calor, vedar, limpar, reduzir o ruído do motor e remover as partículas geradas pelo desgaste nos locais de atrito, mantendo o bom funcionamento de todas as peças (TILLMANN, 2013, p.91).

A lubrificação é de extrema importância para o bom funcionamento do motor, pois

aumenta a vida útil de todos elementos que compõem seu interior e realizam trabalho. Nos motores de dois tempos, o óleo não é armazenado no cárter, mas misturado com o combustível e o ar (LIMA, 2009); ou seja, nesse tipo de motor especificamente, o lubrificante é adicionando em proporções específicas (óleo/combustível), fazendo ao mesmo tempo a lubrificação e a injeção do combustível, diferenciando seu processo dos motores de quatro tempos, em que o lubrificante é depositado ao cárter separadamente do combustível.

A lubrificação do virabrequim, cilindro e pistão no motor dois tempos é feita através da mistura onde partículas do lubrificante estão suspensas. Nos motores de dois tempos existem basicamente dois modos diferentes de introduzir o lubrificante na mistura, sendo elas a mistura direta do lubrificante no tanque de combustível e a mistura por meio de uma bomba (YAMAHA, 2002 apud SILVA, 2003).

Na lubrificação direta no tanque, o lubrificante circula sob a forma de névoa misturada ao combustível. A relação lubrificante-gasolina varia entre 1/20 – 1/30, ou seja, 1 litro de óleo lubrificante para 20 litros de gasolina ou 1 litro de óleo lubrificante para 30 litros de gasolina (BRUNETTI, 2012).

Depois, o combustível/lubrificante é pulverizado no carburador e conseqüentemente admitido no cárter e na câmara de combustão, queimando logo após lubrificar as peças do motor. Desse modo, a quantidade de lubrificante não pode ser medida, por conta da rotação do motor, sendo queimada grande quantidade de lubrificante nas rotações médias e baixas, o que provoca um aumento na fumaça do escapamento e a carbonização da câmara, pistão e eletrodo da vela (SILVA, 2003).

No segundo modo, o óleo é armazenado em um reservatório específico e dosado por meio de uma bomba conforme a rotação do motor. O óleo é enviado para a janela da admissão do cilindro e adicionado à mistura já pulverizado. Dessa forma, nas rotações médias e baixas não ocorrem os problemas do caso anterior e há uma melhora na capacidade de lubrificação, eficiência da combustão e na economia do combustível (SILVA, 2003).

A principal qualidade para o óleo a ser usado nesse tipo de motor é a alta viscosidade, suficiente para assegurar um atrito líquido a temperaturas de funcionamento das peças do motor de 80 a 150°C. Com óleos de baixa viscosidade o atrito do motor aumenta e, conseqüentemente, o desgaste é mais rápido (TILLMANN, 2013, p. 100).

Geralmente, os óleos usados em motores de combustão interna é óleos de origem mineral. Estes possuem uma grande estabilidade química, porém, seu poder lubrificante

diminui facilmente quando passa de 120°C. É comum também a utilização de lubrificantes de origem vegetal, no entanto, sua estabilidade química é pouca, o que ocasiona o surgimento de ácidos orgânicos não aconselháveis às partes internas do motor (TILLMANN, 2013, p. 100).

Para melhorar a qualidade dos óleos, atualmente, costuma-se adicionar elementos químicos como os aditivos. Esses aditivos são conhecidos por óleos HD (Heavy Duty), e são vendidos no mercado sob diversas designações, dependendo da proporção de aditivos que eles contêm (TILLMANN, 2013, p. 101).

A indicação mais adequada para a lubrificação dos motores de dois tempos são os óleos multiviscosos, cuja resistência em relação às avarias da temperatura do motor é pequena. Esses são munidos de aditivos (óleos HD) e requerem as mesmas precauções quanto a sua utilização.

1.2 OBJETIVOS

O estudo a ser feito tem como objetivo adquirir conhecimentos sobre a maneira correta de misturar óleo/combustível em motores de combustão interna do ciclo Otto de dois tempos, bem como verificar de maneira viável e considerável a realização de uma boa lubrificação dos componentes e alimentação ao consumo de combustível requerida pelo motor, em relação à mistura de lubrificantes de várias marcas, buscando obter o melhor desempenho, eficiência, precisão, e o bom funcionamento de cada componente que compõe o interior do motor.

O objetivo específico deste estudo será:

- Analisar o consumo de combustível com lubrificantes de diferentes marcas, e gerar resultados e comparativos com o lubrificante recomendado pelo fabricante e lubrificantes paralelos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Já com o conhecimento teórico sobre os sistemas de lubrificação de motores de dois tempos adquirido nesta primeira etapa, a segunda etapa do trabalho será feita de acordo com o objetivo específico abordado.

Na segunda etapa, primeiro será feita uma análise do consumo de combustível em relação à proporção da mistura óleo/combustível presente no motor, e depois vários testes na

proporção indicada pelo fabricante, além de testes feitos com a proporção não indicada pelo fabricante.

Os testes foram realizados em uma bancada didática conforme visto na **(Figura 4)** contendo um motor estacionário de dois tempos da marca Branco de 3,5 CV modelo B2T-3.5 G6, com sistema de eixo mancal, um sistema de contrapeso ou “volante”, que trabalham acoplados por intermédio de cruzeta e bucha, cujo sistema tem como função obrigar o motor a gerar torque simulando as aplicações de trabalho no dia a dia, porém por falta de equipamentos para aferição de torque e rotação, o motor foi testado com ato de meia aceleração.

Figura 4 – Bancada didática com o sistema motor-eixo-mancal utilizada para a realização dos testes.

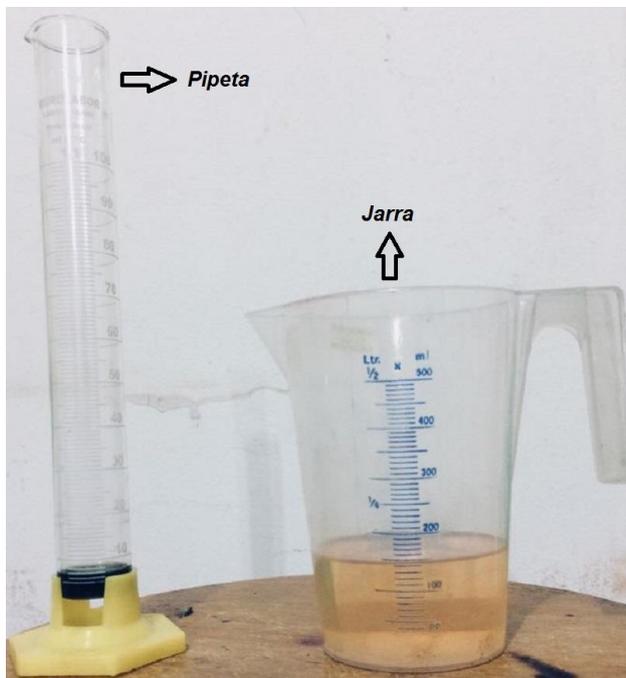


Fonte: Vanilson Costa de Oliveira, 2017.

Os equipamentos utilizados para aferir a medição da proporção de óleo/combustível foram uma pipeta e uma jarra, ambos com medidas compostas em mililitros (ml) visto na **(Figura 5)**. A pipeta foi utilizada para medição de óleo lubrificante, e possui escala que afere uma quantidade mínima de 5 ml e máxima de 100 ml, em que, por utilidade, acima de 5 ml é graduada de mililitro em mililitro. A jarra utilizada teve como função realizar as medidas do

combustível e contém uma capacidade mínima de aferição de 50 ml; a partir dessa medida, a sua escala é graduada a cada 10 ml até uma quantidade máxima de 500 ml.

Figura 5 - Pipeta e jarra com medidas compostas em mililitros (ml).



Fonte: Vanilson Costa de Oliveira, 2017.

Em relação aos testes com a bancada realizados no laboratório da universidade, é de grande importância destacar alguns dados que foram levados em consideração durante o experimento, como: rotação média de trabalho de 3600 rpm, que produz uma potência de 3,5 cv (segundo estima o manual do fabricante); tempo estipulado de 10 minutos para cada teste.

Na realização dos testes, o motor foi submetido a seis testes com gasolina comum e três fabricantes distintas de lubrificante sendo assim feitas duas razões de proporções diferentes segundo estipulou-se este estudo e efetuados dois testes para cada fabricante de óleo lubrificante.

Para a realização dos testes, a relação óleo/combustível foi estipulada teoricamente por Brunetti (2012), na página 9 deste estudo, onde foi possível observar o consumo do equipamento com três diferentes fabricantes dos lubrificantes utilizados, alterando as proporções a cada teste da seguinte maneira: foram adicionadas duas razões de mistura com proporções distintas, onde a razão da primeira relação foi de 1 litro de óleo lubrificante para 20 litros de combustível (1/20), e a segunda razão com relação de 1 litro de óleo lubrificante para 30 litros de combustível (1/30), para cada um dos 3 fabricantes dos lubrificantes testados. Os lubrificantes testados podem ser definidos na **Figura 6**.

Assim adiciona-se a mistura ao reservatório de combustível utilizando os objetos vistos na **Figura 5**, em que, as razões de proporções 1:20 e 1:30 foram reduzidas de maneira significativa por conta de viabilidade, preservando a mesma relação de proporção onde testou-se com a quantidade de 5 ml de óleo lubrificante para 150 ml de gasolina a razão de 1:20, já na razão de proporção de 1:30 testou-se a quantidade de 7,5 ml de óleo lubrificante para 150 ml de gasolina. Após a realização de cada teste a sobra da mistura é retirada com auxílio dos objetos de aferição vistos na **Figura 5**, para verificação do consumo de combustível do motor. Por fim, a cada teste os resultados obtidos foram lançados para construção do gráfico exposto na página 14, pela **Figura 7** deste trabalho.

Figura 6 – Lubrificantes testados



Fonte: Vanilson Costa de Oliveira, 2017.

De acordo com a **Figura 6**, acima, podem-se analisar da direita para a esquerda os seguintes lubrificantes: Texaco 2T Super, que é o recomendado pelo meio comercial e mais vendido na região para o motor da bancada de testes, e o Ipiranga 2T –API TC e o Castrol 8017H, ambos considerados paralelos por conta de fácil acessibilidade na região, mas com as mesmas especificações e recomendações para motores de dois tempos.

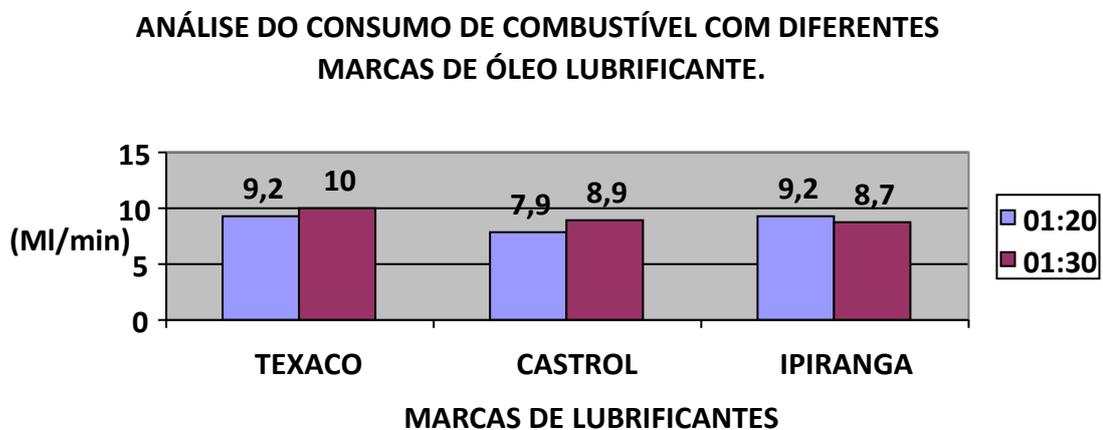
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de acordo com a metodologia descrita no tópico anterior podem ser analisados abaixo:

3.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ACORDO COM A PROPORÇÃO ÓLEO/COMBUSTÍVEL.

Podem-se analisar no gráfico abaixo (**Figura 7**) os seguintes resultados médios relativos ao consumo de combustível de acordo com cada proporção de óleo/combustível, conforme o conhecimento teórico adquirido neste estudo:

Figura 7 – Gráfico dos resultados relativos ao consumo de combustível de acordo com a proporção óleo/combustível



Fonte: Vanilson Costa de Oliveira, 2017.

Ao observarmos o gráfico, visualizamos que houve variações do consumo em relação às proporções das razões sugeridas teoricamente. A cada marca, os testes foram feitos com proporções teóricas mínima e máxima referentes ao estudo em prática, obtendo resultados com pequenas discrepâncias.

O primeiro teste realizado com óleo lubrificante foi com a marca TEXACO 2T Super, cujo frasco com 500 ml custa R\$18,00. Assim, pudemos analisar que, com a razão de proporção de óleo lubrificante mínima (1/20) sugerida teoricamente pelo estudo, o motor veio

a consumir menos combustível. Já com a razão máxima da proporção (1/30) de óleo lubrificante sugerida, o motor veio a consumir mais combustível.

O segundo teste foi realizado com o óleo lubrificante fabricado pela marca CASTROL 8017H, com o custo de R\$22,00 para o frasco de 500 ml. De acordo com as quantidades mínimas e máximas em avaliação, obtivemos os resultados demonstrados graficamente, que mostram que, com a razão mínima (1/20) da proporção de óleo lubrificante contido a mistura, o equipamento veio a consumir menos combustível do que na proporção máxima (1/30).

A terceira e última marca em teste do estudo com óleo lubrificante foi realizada com óleo Ipiranga 2T- API TC, cujo frasco de 500 ml custa atualmente R\$ 14,00, atualmente (menor custo entre todos). Neste ocorreu o inverso dos outros testes, pois a razão mínima (1/20) apresentou um maior consumo de combustível, enquanto a razão máxima (1/30) apresentou menor consumo.

Para uma melhor análise comparativa do consumo de combustível com diferentes marcas de óleo lubrificante e também com a variação das razões de óleo/combustível, utilizou-se um planejamento estatístico fatorial, mostrado na Tabela 2, enquanto a Tabela 3 apresenta a análise de variância para um nível de significância de 5%, foi adotado esse nível de variância pelo fato de obter-se um fator de segurança maior em relação as variações e também uma possibilidade menor de haver erros nos testes. Nestas são apresentadas todas as combinações entre as marcas de óleo (variável A) e as razões de proporção óleo/combustível (variável B).

Tabela 1 – Planejamento fatorial com dois fatores e três níveis

| | 1:20 | 1:30 | Soma |
|----------|------|------|------|
| TEXACO | 9,2 | 10 | 19,2 |
| CASTROL | 7,9 | 8,9 | 16,8 |
| IPIRANGA | 9,2 | 8,7 | 17,9 |
| Soma | 26,3 | 27,6 | 53,9 |

Fonte: Vanilson Costa de Oliveira, 2017.

Tabela 2 – Análise de variância com nível de significância de 5%.

| Variável | SQ | Fi | MQ | F0cal | F0tab | Influência |
|----------|--------|----|--------|--------|-------|------------|
| A | 1,4433 | 2 | 0,7217 | 2,1759 | 19 | não |
| B | 0,2817 | 1 | 0,2817 | 0,8492 | 18,51 | não |
| AB | 0,6633 | 2 | 0,3317 | | | |
| Erro | 0 | 0 | | | | |
| Total | 2,3883 | 5 | 0,4777 | | | |

Fonte: Vanilson Costa de Oliveira, 2017.

A análise de variância demonstrou que nenhuma variável influenciou no consumo de combustível, ou seja, a variação de diferentes marcas de óleo lubrificante com diferentes proporções de óleo/combustível não interferiram no consumo de combustível, o que pode ser evidenciado no gráfico da **Figura 7**, que demonstra que não houve uma discrepância entre os valores de consumo (ml/min).

4 CONCLUSÕES

Após a conclusão dos testes, objetivou-se analisar a viabilidade e o bom funcionamento do equipamento em condições normais de uso, utilizando diferentes proporções e marcas de óleos lubrificantes.

Analisando-se cada teste, observa-se graficamente que cada marca apresentou, de maneira significativa e quantitativa, variações distintas entre as razões pressupostas advindas da teoria.

Portanto, de acordo com o que foi demonstrado nos resultados acima, em que a variação das grandezas estudadas não interferiu no consumo de combustível, pode-se concluir que o melhor custo/benefício apresentado pelas 3 marcas de lubrificantes foi da Ipiranga 2T – API TC, por ter apresentado o menor custo de lubrificante atualmente em relação o menor consumo na razão de proporção de 1/30, onde visualiza-se na **Figura 7**, pagina 14 deste estudo, Porém, não seria uma boa escolha por não atender as especificações, pois não tem as características e recomendações do meio comercial, sendo conveniente utilizar o Texaco 2T Super, recomendado pelo meio comercial.

Depois de se fazer os testes com diferentes marcas de óleos lubrificantes e diferentes proporções de óleo/combustível, fica como sugestão para trabalhos futuros avaliar, além do consumo, as condições de desgaste interno do motor e as composições químicas das diferentes fabricantes de óleos testados neste estudo para realmente saber qual o melhor óleo na relação custo/benefício, pois nem sempre o óleo recomendado pelo meio comercial será o melhor em relação a custo/benefício e desgaste/eficiência.

*ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF OIL / FUEL PROPORTION IN THE
OPERATION OF TWO-STAGE STATIONARY ENGINES*

ABSTRACT

There has always been concern about the correct use of the oil / fuel ratio specified by the manufacturer in two-stroke engines, but many who operate engines with this type of engine do not have specific knowledge or ignore this aspect. Failure to do so may cause engine malfunctions, such as: generation of pollutants thrown into the atmosphere, high carbonization of the cylinder walls, combustion chamber, sealing rings and spark plug electrodes, as well as influencing the consumption of fuel. Based on this problem, this study aims to analyze the correct way to realize the mixture of Oil / Fuel in stationary internal combustion engines of the cycle Otto two times, as well as verify in a viable and considerable way the accomplishment of a good lubrication components and fuel consumption required by the same, in relation to the mixture of lubricants of various brands, seeking to achieve the best performance, efficiency, precision, and smooth operation of each component that makes up the engine interior. Given the results obtained through bibliographical research and observations in tests performed, an ideal proportion (recommended) could be obtained to suggest the use in the analyzed motor.

Keywords: Two-stroke. Oil / Fuel. Proportion.

REFERÊNCIAS

BRUNETTI, F.. **Motores de Combustão Interna**. Vol. 1. 1º Ed. São Paulo: Blucher. 2012.

LIMA, F. L. M. et al.. **Motores de combustão interna**. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2009. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2009_10/relatorios/R507.pdf>. Acesso em: 20 Mai. 2017.

LUCCHESI, D.. **O Automóvel**: Curso técnico. Vol.1. Lisboa: Presença, 1989. 312p.

LUZ, M. L. G. S.. **Apostila de motores a combustão interna**. Universidade Federal de Pelotas. 2013. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combust%C3%A3o-Interna.pdf>>. Acesso em: 30 Mai. 2017.

ROSTAND, R.. **Motores a combustão interna e externa**: histórico, técnica, funcionamento, aplicações e novidades em Pesquisa e Desenvolvimento. Motores de combustão. Adaptação do post "Blue Cloud 2011- Os créditos pelo destacado 3=6". 2014. Disponível em: <<http://motoresdecombustao.blogspot.com.br/2014/12/motores-de-dois-tempos-diversidade-de.html>>. Acesso em: 28 Mai. 2017.

RC AIRPLANE ADIVISOR. **Figura**: Componentes móveis do motor dois tempos. 2005. Disponível em: <<http://www.rc-airplane-advisor.com/images/two-stroke-transfer.jpg>>. Acesso em: 25 Mai. 2017.

SILVA, A. F.. **Alternativa construtiva para motores dois tempos visando a redução da emissão de poluentes**. 13º POSMEC. FEMEC/UFU, Uberlândia-MG, 2003. Disponível em: <<http://www.posgrad.mecanica.ufu.br/posmec/13/artigos/TRB133.pdf>>. Acesso em: 30 Mai. 2017.

TILLMANN, C. A. C.. **Motores de combustão interna e seus sistemas**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, Campus Pelotas-Visconde da Graça. 2013. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf>. Acesso em: 25 Mai. 2017.

VARELLA, C. A. A.. **Constituição dos motores**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Departamento de Engenharia. Área de Máquinas e Energia na Agricultura 154- Motores e Tratores. 2016. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/constituicao_dos_motores.pdf>. Acesso em: 30 Mai. 2017.