



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

EFEITOS DA LUBRIFICAÇÃO REDUZIDA NO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E NA VIDA ÚTIL EM MOTOSSERRA DE PEQUENO PORTE

Silvio Xavier de Brito Junior¹; Robson Leal da Silva²

UFGD/ Faculdade de Engenharia, Cx.Postal 364, 79804-970, Dourados-MS, e-mail: silvioxbj@gmail.com

¹ Iniciação Científica UFGD – PIBIC / CNPq, Acadêmico do curso de Engenharia de Energia / FAEN.

² Orientador, Docente/Pesquisador FAEN, atua nos cursos Engenharia Mecânica e Engenharia de Energia

Grupo de Pesquisa ARENA – Aproveitamento de Recursos Energéticos

RESUMO

Este trabalho consiste em analisar o consumo de combustível e efeitos causados pela lubrificação acima e abaixo do recomendado, em motor de combustão interna 2 Tempos (motosserra, marca “STIHL” e modelo “MS-170”), operando com combustível comercial padrão no mercado brasileiro atual (gasolina com 25% etanol). Para a realização dos experimentos foi utilizada a instrumentação adequada disponível nos laboratórios de Engenharia de Energia e metodologia embasada em normas técnicas e bibliografia de referência para o assunto. Resultados foram obtidos para parâmetros de rotação ou velocidade angular (rpm) e o consumo absoluto de combustível (kg/s).

Palavras-chave: Biocombustíveis, Lubrificação, Motores de Combustão Interna.

INTRODUÇÃO

Motores de combustão interna dois tempos se destacam pela simplicidade mecânica, quando comparados aos aspectos construtivos para motores de combustão interna quatro tempos. Portanto, são equipamentos práticos para manuseio, que possuem menor relação peso-potência e mais compactos em relação aos demais.

Modelos comerciais de motores 2T atualmente são acoplados em equipamentos com propósitos para operações diversas, processos e manutenção, tais como: motosserras para corte e poda de galhos e árvores, cortador de grama, sopradores de folhas, bombas d’água, moto-geradores, etc. Frequentemente, são equipamentos

portáteis e, conseqüentemente, mantém o usuário com certa proximidade, que implica em possível inalação de gases e/ou partículas do sistema de exaustão ou escapamento.

Albuquerque *et al* (2011) indicam que óleos lubrificantes sintéticos, em comparação com óleos lubrificantes minerais, minimizam a emissão de hidrocarbonetos (combustível “não queimado”) nos gases de exaustão em motores de combustão. Nos motores 2T, utiliza-se óleo lubrificante misturado diretamente no combustível e, quando esta proporção é diferente daquela recomendada, pode resultar em desperdício de combustível, deficiência na combustão e no desempenho, ou mesmo, comprometimento da vida útil das partes móveis componentes do motor. Wang e Lee (1997) desenvolveram um sensor eletroquímico para identificar o tipo de óleo que é utilizado.

METODOLOGIA

Foram registrados os valores médios dos parâmetros durante a realização dos ensaios conduzidos no Laboratório de Máquinas, Sistemas Térmicos e Combustão da FAEN/Engenharia de Energia, quais sejam: temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica. A temperatura ambiente atendeu aos limites estabelecidos pela NBR 7024 (ABNT, 2010), a qual indica $20^{\circ}\text{C} < T_{\text{Ambiente}} < 30^{\circ}\text{C}$ para medição do consumo.

O tempo mínimo para garantir a condição de estabilização (regime permanente) foi estabelecido pelos autores em 10 minutos, para todos os ensaios realizados, por se tratar de um motor de combustão interna de pequeno porte e observou-se o risco de uso prolongado (risco de sobre aquecimento e desgaste de peças). Esta adaptação considerou a NBR 7024 (ABNT, 2010), que estabelece o funcionamento prévio de 30 minutos para garantir a condição de estabilização em veículos automotivos.

Os instrumentos de medição e demais equipamentos utilizados, bem como especificações técnicas são apresentados na Tab. (1).

Tabela 1. Instrumentos de medição, especificações técnicas e demais equipamentos.

Instrumento (Marca e Modelo)	Medida	Escala	Resolução	Precisão
Barômetro (Instrutherm, THAB-500)	Pressão Barométrica	10.0 – 999.9 hPa	0.1 hPa	1.5 hPa



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

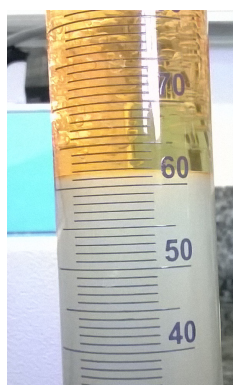
8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

Tacômetro (Instrutherm, TDR-100)	Rotação	0.5 - 19,999 RPM	0.1 RPM < 1,000 RPM	± 0.1% +1 digit
Balança (Balmak, ELP-10)	Medição da Massa	Max: 5 kg/10 kg	1 g	1 g /2g
Termo higrômetro (Instrutherm, HT-200)	Temperatura e Umidade Relativa	-20 - 70°C / 20% - 99% UR	0,1°C / 1% UR	± 1°C / ± 5% UR
Cronômetro (Instrutherm, CD-2800)	Tempo	23h59'59"	1/100"	-

Ao preparar a amostra de combustível para os ensaios, realizou-se a determinação de AEAC – Álcool Etílico Anidro Combustível, conforme NBR 13992 (ABNT, 2008). Neste procedimento, a fração de gasolina (pura ou 100%) fica na camada superior da proveta de vidro de 100 mL, e, na camada inferior, fica o etanol misturado à solução aquosa em cloreto de sódio (NaCl) a 10% p/v. Na figura (1) pode-se verificar o volume $A = 62 \pm 1 \text{ mL}$, que é o volume total de etanol e mistura aquosa. Este parâmetro é utilizado na Eq. (1) para determinação do percentual de AEAC no combustível comercial, τ (%). O resultado obtido foi $\tau = 25\%$, ou seja, 25% de AEAC (em volume) na amostra para ensaios.

$$\tau = [(A - 50) \times 2] + 1 \quad (1)$$

Para os demais procedimentos de ensaio foram considerados os requisitos e demais informações de interesse contidos na NBR 6396 (ABNT, 1976), aplicável à motores alternativos de combustão interna não veicular ciclo de 2 tempos, como é o caso da motosserra de pequeno porte utilizada neste trabalho, Fig. (1).



a)



b)

Figura 1. Preparação da amostra de combustível (a), e motosserra ensaiada (b).



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

Para a medição do consumo de combustível foi considerado o método gravimétrico descrito pela NBR 7024 (ABNT, 2010). O tanque de combustível foi desacoplado da motosserra e posicionado sobre a balança. Tacômetro posicionado em distância mínima de 50 mm, conforme manual do fabricante. Usou-se um computador com o software de aquisição de dados (Instrutherm, SW-U801) para o tacômetro, e registro manual para massa de combustível e condições ambientes (temperatura, umidade relativa e pressão barométrica).

Após verificação de pleno funcionamento de todos os equipamentos, resultados foram obtidos em duplicata com o seguinte procedimento: 2 minutos de ensaios, com massa registrada a cada 30 segundos (4 valores) e rotação a cada segundo (120 valores).

Este procedimento aplicou-se para cada diferente mistura combustível e/ou lubrificante, para 5 e 7 rotações distintas com $\Delta 1000-3000$ rpm entre a rotação mínima e máxima (“marcha lenta” ~ 2800 rpm e ~ 14.800 rpm’, respectivamente). Também se calculou a discrepância dos resultados obtidos, cujo critério de aceitação é $D \leq 5\%$ conforme NBR 7024 (ABNT, 2010), do contrário deve-se repetir o procedimento até obtenção de dois resultados compatíveis, ou seja, em duplicata.

As Equações (2) e (3) apresentam, respectivamente, o cálculo para consumo de combustível no ensaio, C (g/s), e para discrepância entre dois valores de consumo de combustível, $D(\%)$.

$$C = \left(\frac{m_{final} - m_{inicial}}{\Delta t} \right) \quad (2)$$

$$D \leq [(C_1 - C_2) / C_1] \times 100\% \quad (3)$$

Onde: C_1 = Consumo Ensaio 1; C_2 = Consumo Ensaio 2 (duplicata); D = Discrepância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de combustível, na condição de motor 2T original e danificado é mostrado na Figura (2). Quantitativamente, consumo máximo é inferior a 16 g/s e após danos, acima de 22 g/s. Qualitativamente, a região de redução de consumo com



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

aumento de rotação (4000-6000 rpm) deixa de existir e o comportamento fica com tendência única de aumento do consumo com aumento da rotação, em todas as faixas.

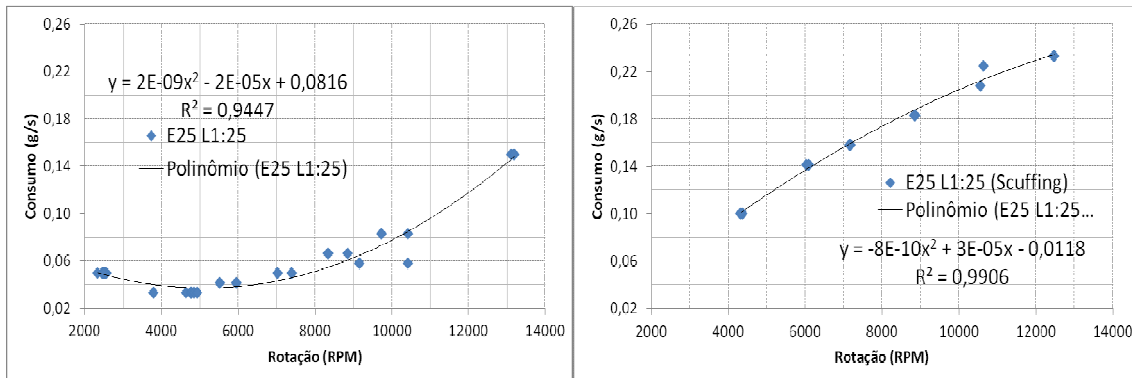


Figura 2. Consumo de combustível (g/s) x velocidade angular (rpm), E25 & L1:25, motor original (esquerda) e motor danificado por “scuffing” (direita).

A situação constatada pelos autores é do fenômeno de “scuffing”, conforme consulta à literatura especializada (BRUNETTI, 2012), Fig. (6a). Isto acontece quando existe lubrificação deficiente no motor de combustão, que resulta em danos permanentes aos componentes do motor, tal como na saia pistão (face lateral), Fig. (6c) e (6d).

O motor 2T foi desmontado, para visualização dos danos, conforme Figura (6). É possível visualizar diversas ranhuras e acúmulos de particulados dos anéis em toda a lateral do pistão e da câmara de combustão, Fig. (6c). Conforme Tomanik (2000), o aumento do atrito é devido à lubrificação reduzida, que implica em superaquecimento das peças e protuberâncias térmicas ao longo do anel que liberam partículas sólidas.

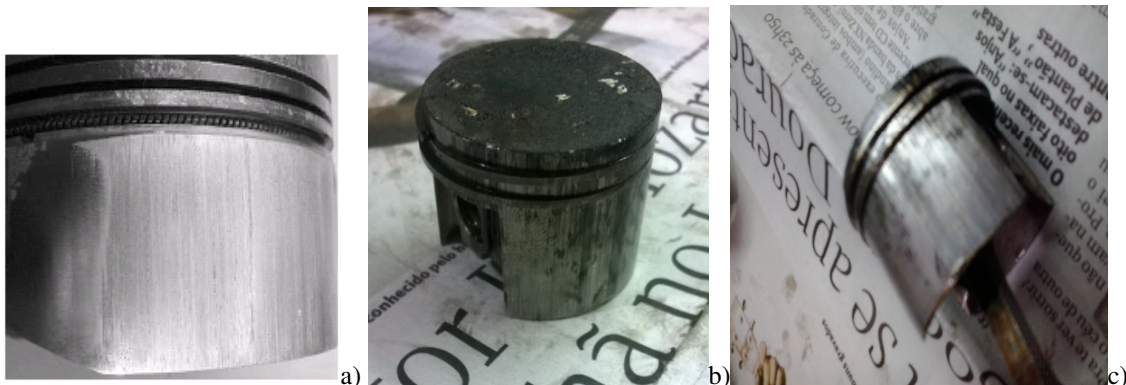


Figura 6. Scuffing ocorrido no motor 2T - (a) BRUNETTI (2012); (b) e (c) Autores.



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

CONCLUSÕES

O consumo de combustível é mínimo em uma determinada faixa de rotações, que para o motor 2T ensaiado (motoserra pequeno porte, MS 170) é entre 4000-6000 rpm. Este comportamento se modifica em caso de danos permanentes. Lubrificação inadequada resulta em “*scuffing*”, e consequente redução da vida útil dos componentes do motor, funcionamento apenas em rotações mais elevadas em comparação com a “marcha lenta” e consumo cerca de duas vezes superior ao do motor original.

AGRADECIMENTOS

À bolsa PIBIC/CNPq através do programa de Iniciação Científica UFGD, ao orientador e aos técnicos José Carlos Venturin e David Correia (laboratórios de Engenharia de Energia/FAEN). À FUNDECT-MS Edital 10/2011 – Universal, pela concessão de apoio financeiro ao projeto de pesquisa “Motores de Combustão Interna 2 Tempos: eficiência e curvas características operando com diferentes misturas combustíveis”, Termo de outorga 0262/12, SIAFEM 021.031.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7024: Veículos rodoviários automotores leves – Medição do consumo de combustível – Método de ensaio**. 13p. 2010.
- [2] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13992: Gasolina automotiva – Determinação do teor de álcool etílico anidro combustível (AEAC)**. 3p. 2008
- [3] BRUNETTI, F. **Motores de Combustão Interna**, vol. 1 e vol. 2, São Paulo: Blucher, 2012.
- [4] TOMANIK, E. **Modelamento do desgaste por deslizamento em anéis de pistão de motores de combustão interna**. Imprensa. São Paulo, 199p. 2000.
- [5] ALBUQUERQUE, P.C.C.; ÁVILA, R.N.A.; ZÁRANTE, P.H.B. e SODRÉ, R. Lubricating oil influence on exhaust hydrocarbon emissions from a gasoline fueled engine, **Tribology International**, Vol. 44, pp.1796–1799, 2011.
- [6] WANG, S.S. e LEE, H.S. An electrochemical sensor for distinguishing two-stroke-engine oils, **Sensors and Actuators Series B** Vol. 40, pp. 199-203, 1997.