

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TIAGO DOS SANTOS BORG
VINNICIUS DE ALMEIDA GASPAR

MELHORIA NA COLETA DE DADOS DE UM DINAMÔMETRO HIDRÁULICO

Professor orientador: Elias Antônio Dalvi

VITÓRIA
2007

TIAGO DOS SANTOS BORG
VINNICIUS DE ALMEIDA GASPAR

MELHORIA NA COLETA DE DADOS DE UM DINAMÔMETRO HIDRÁULICO

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau em Bacharel em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Elias Antônio Dalvi

Vitória
2007

VINNICIUS DE ALMEIDA GASPAR
TIAGO DOS SANTOS BORGÓ

MELHORIA NA COLETA DE DADOS DE UM DINAMÔMETRO HIDRÁULICO

Projeto de Graduação apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau em Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em ____ de Julho de 2007.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.º Elias Antônio Dalvi.

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador

Prof.º Juan Sérgio Romero Saenz

Universidade Federal do Espírito Santo

Prof.º Rafael Teixeira

Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo pelo acompanhamento em nossas atividades durante a graduação e principalmente aqueles que nos auxiliaram neste projeto.

“O mundo está cheio de coisas óbvias,
que ninguém, em momento algum, observa!”

Arthur Conan Doyle

RESUMO

A análise de parâmetros dos motores de combustão interna mostra-se imprescindível na realização de projetos, manutenção de motores, ou mesmo na feitura de trabalhos acadêmicos. De acordo com os levantamentos realizados no decorrer do projeto, observou-se que a aquisição de dados para levantamento das curvas de torque e potência dos motores em ensaio é feita de manualmente no laboratório de Motores de Combustão Interna da UFES. Desta forma, o presente projeto melhorou o sistema de aquisição de dados, coletando-os e registrando-os continuamente em um computador, para que sejam processados, manipulados e interpretados.

Muito mais que apenas realizar as mudanças para este novo sistema, foram idealizadas melhorias, com o auxílio de uma série de equipamentos, somados ao uso de novas tecnologias. Sendo esta tendência, atualmente, uma das atribuições mais comuns aos engenheiros, foi observada a viabilidade em implementar este novo processo no meio universitário, contribuindo, assim, para uma difusão mais moderna do conhecimento.

LISTA DE FOTOS

FIGURA 1 – Freio de <i>PRONY</i>	14
FIGURA 2 – Vista geral do dinamômetro da UFES.....	20
FIGURA 3 – Balança e cabo de dados Serial – RS – 232.....	26
FIGURA 4 – Tacômetro.....	27
FIGURA 5 – Vista do laboratório com os novos equipamentos.....	28
FIGURA 6 – Interface do resultado dos dados do tacômetro.....	29
FIGURA 7 – Interface do programa de aquisição de dados do tacômetro.....	29
FIGURA 8 – Interface do resultado dos dados da balança.....	30
FIGURA 9 – Interface do programa de aquisição de dados da balança.....	30

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Gráfico de torque e consumo específico antes da melhoria.....	23
GRÁFICO 2 – Gráfico de potência antes da melhoria.....	24
GRÁFICO 3 – Gráfico de torque após a melhoria.....	32
GRÁFICO 4 – Gráfico de potência após a melhoria.....	32
GRÁFICO 5 – Gráfico de torque após a melhoria com pontos mais distantes.....	33
GRÁFICO 6 – Gráfico de potência após a melhoria com pontos mais distantes..	34
GRÁFICO 7 – Gráfico de torque após a melhoria com curva de tendência.....	35
GRÁFICO 8 – Gráfico de potência após a melhoria com curva de tendência.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Controle do dinamômetro.....	21
TABELA 2– Dados em experimento antes da melhoria.....	22

LISTA DE SIGLAS

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

cv – Cavalo Vapor

SAE – Society of Automobile Engineers

N – Newton (Unidade de Força no SI)

SI – Sistema Internacional de Unidades

kgf – Quilograma força (Unidade de força no *General Conference on Weights and Measures*)

kg – Quilograma

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. DESENVOLVIMENTO	15
2.1. DINAMÔMETRO.....	15
2.2. PARÂMETROS DE ANÁLISE EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA.....	16
2.3. TIPOS DE TESTES.....	17
2.3.1 Teste de velocidade variável.....	17
2.3.2 Teste de velocidade constante.....	18
2.3.3 Teste de torque e avanço.....	19
2.3.4 Teste de potência de atrito.....	19
3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	19
3.1. EXPERIMENTO REALIZADO ANTES DA MELHORIA.....	22
3.2. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	24
3.3. MELHORIA.....	25
3.3.1 Dados gerados.....	28
3.4. EXPERIMENTO REALIZADO COM O NOVO SISTEMA.....	31
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
5. PROPOSTAS DE PROJETOS FUTUROS	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

INTRODUÇÃO

A palavra dinamômetro vem do grego *dynos* (força) e *metron* (medição). A análise em equipamentos mecânicos é feita visando diferentes objetivos, podendo ser feita, por exemplo, com o objetivo de comparar os resultados reais de um protótipo com os esperados pelo projeto, ou visando estimar a vida residual do equipamento.

O principal equipamento do laboratório de ensaio de motores é o dinamômetro. A partir deste equipamento, os motores são submetidos a testes ou ensaios para que se possa assegurar da sua potência e demais características construtivas. Assim, dentre os vários testes realizados com o dinamômetro, o teste de potência é o principal deles, sendo implementado para todos os motores novos que saem da linha de montagem nas fábricas. Nas oficinas de reparos, por exemplo, recomenda-se que os motores reconicionados sejam submetidos ao teste de potência antes de serem colocados novamente em serviço.

Um motor de combustão consiste em um equipamento mecânico que tem a finalidade de produzir energia mecânica, por meio da transformação de energia química do combustível. Neste contexto, vale destacar que os motores de combustão são divididos em dois modelos: a) motores de combustão externa no qual o fluido de trabalho está completamente separado da mistura ar/combustível, sendo o calor dos produtos da combustão transferido através das paredes de um reservatório ou caldeira ao fluido de trabalho.; b) motores de combustão interna, no qual o fluido de trabalho consiste nos produtos da combustão da mistura de ar/combustível propriamente.

O principal equipamento do laboratório de ensaio de motores é o dinamômetro. A partir deste equipamento, os motores são submetidos a testes ou ensaios para que se possa assegurar da sua potência e demais características construtivas. Assim, dentre os vários testes realizados com o dinamômetro, o teste de potência é o principal deles, sendo implementado para todos os motores novos que saem da linha de montagem nas fábricas. Nas oficinas de reparos, por exemplo, recomenda-se que os motores

recondicionados sejam submetidos ao teste de potência antes de serem colocados novamente em serviço.

Há muitas versões, tipos e modelos de dinamômetros disponíveis atualmente, porém todos se baseiam nos princípios físicos adotados no primeiro dispositivo do gênero, conhecido como *Freio de Prony*, que pode ser visto na figura 1, inventado em 1821 pelo Engenheiro francês Gaspard de Prony. Dentre os diversos tipos de dinamômetros, os do tipo hidráulico se destacam por sua simplicidade e menor custo. Importante salientar que os testes baseiam-se em informações do motor, e, tais informações, podem ser coletadas desde de forma totalmente manual a totalmente automatizada. Neste contexto, o projeto em análise permitiu que a coleta fosse realizada de forma mais moderna e automatizada, propiciando a facilitação da coleta de dados e, especialmente, uma maior precisão no estudo da determinação da potência e do torque de motores.

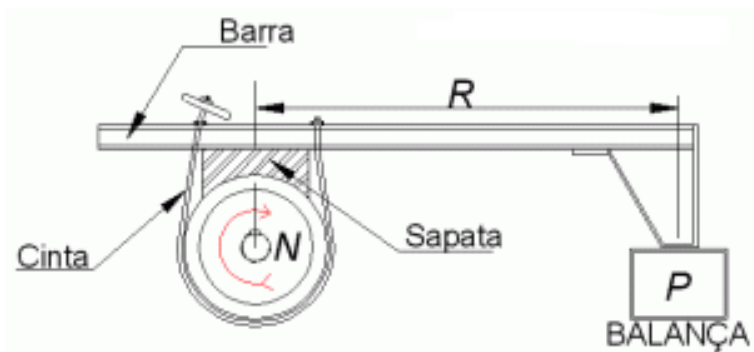


Figura 1 – Freio de PRONY

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. DINAMÔMETRO

Em um motor de combustão interna, a análise é feita com a utilização de um dinamômetro. Dentre os vários modelos deste equipamento, o mais antigo usado até os dias de hoje é constituído por um volante, cujo objetivo é transmitir diretamente a rotação, o torque e a potência do motor, circundado por uma cinta conectada a uma barra, cuja extremidade se apóia sobre a plataforma de uma balança.

Tal cinta faz esforço de restrição ao movimento do volante, transmitindo este esforço pelo braço à balança. A partir da leitura da balança, calcula-se o esforço despendido pelo motor. Entretanto, pela dificuldade operacional e incerteza de medições, este vem sendo substituído, predominantemente, pelo hidráulico.

Nos dinamômetros hidráulicos, o freio¹ é substituído pela ação de um rotor, que, pressionando água contra aletas fixas na carcaça, produz o mesmo efeito do freio citado anteriormente. O braço e a balança nesse tipo de dinamômetro podem ser substituídos por uma célula de carga, que, por efeito piezoelétrico, realiza a leitura e a fornece para um instrumento. Existem, ainda, outros tipos de dinamômetros. Dentre eles:

§ Eletro Magnético – é constituído por um rotor acionado pela máquina em prova, girando imerso em um campo magnético. A intensidade do campo magnético é controlada através de uma bobina alimentadora por corrente contínua, podendo-se, assim, variar a carga aplicada. Como nos demais dinamômetros, o esforço que tende transmitir movimento à carcaça é medido e são conhecidos os valores de potência e torque.

¹ Destaca-se que o “freio” é o equipamento apto a realizar a restrição de movimento do volante do motor.

§ Elétrico – é um gerador elétrico, que acionado pela máquina em prova, gera energia que é consumida por uma carga variável.

§ De ventilação – é constituído de um ventilador acionado pela máquina. Para se variar a carga é necessário alterar o ângulo e diâmetro das pás. De baixa utilização.

2.2. PARÂMETROS DE ANÁLISE EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Os parâmetros mais comuns na análise de motores de combustão interna são torque e potência. O torque de um motor é o binário resultante no eixo virabrequim, ou seja, no eixo de saída do motor. O binário, por sua vez, é calculado medindo-se a força na extremidade de um braço, o braço possui a distância exata de um metro, contada a partir do centro do eixo do motor. Assim, pela equação 2.2.2.:

$$T = F \times D \quad \text{equação 2.2.1.}$$

$$T = F \times 1 \quad \text{equação 2.2.2.}$$

Onde: T = Torque [N.m]

F = Força [N]

D = Distância [m]

O torque do motor é usualmente medido em kgf.m ou N.m. No presente projeto, foi utilizada a força em N, que é calculada pela equação 2.2.3.:

$$F = m \times g \quad \text{equação 2.2.3.}$$

Onde: m = Valor lido pela balança [kg]

g = aceleração da gravidade = 9,81 m.s⁻²

A potência é a capacidade de gerar energia por unidade tempo que o motor consegue realizar através do eixo virabrequim, e pode ser calculada pela equação 2.2.4.:

$$P = T \times N \quad \text{equação 2.2.4.}$$

Onde: T = Torque

N = rotação do motor

A unidade para potência foi cv, cavalo-vapor, e para rotação rpm, revoluções por minuto. Então, foi calculado um valor para que as unidades utilizadas se adequassem, a fórmula fica pela equação 2.2.5.:

$$P = \frac{T \times N}{7025,92} \text{ [cv]} \quad \text{equação 2.2.5.}$$

Onde 7025,92 vem de:

$$[P] = N.m \times \text{rpm} = N.m \times (2\pi / 60) = W$$

$$[P] = W / 735 = \text{cv}$$

2.3. TIPOS DE TESTES

O teste com um motor de combustão interna, utilizando-se um dinamômetro, pode ser feito de várias formas:

§ Teste de Velocidade Variável;

§ Teste de Velocidade Constante;

§ Teste de Torque e Avanço (para motores a ciclo Otto);

§ Teste de Potência de Atrito

2.3.1 Teste de velocidade variável

O teste de velocidade variável é aquele freqüentemente apresentado para motores automotivos e marítimos. Normalmente são realizados à plena carga, ou seja, com o acelerador na posição de abertura máxima e os testes de cargas parciais

(75%, 50% ou 25% de carga) onde o acelerador é mantido em posições intermediárias.

O teste de velocidade variável determina a potência máxima do motor em cada rotação de funcionamento. Para tal, após o aquecimento do motor e estabilização das temperaturas, leva-se o acelerador para a posição de máxima abertura e, gradualmente, ajusta-se a carga do dinamômetro e observa-se a queda de rotação, anotando-se os valores de massa lidos e a taxa de rotação correspondente.

É importante que sejam estabelecidos os pontos de medição desejados para cada motor, onde serão efetuadas as leituras e os valores anotados, para que a prova possa ser repetida.

2.3.2 Teste de velocidade constante

O teste de velocidade constante é normalmente utilizado na análise de desempenho de motores estacionários a diesel, que acionam geradores de pequeno porte. Por exemplo, onde a velocidade de rotação é constante e deseja-se medir a potência máxima e o consumo de combustível para várias condições de carga, na mesma taxa de rotação.

Inicia-se o teste com o motor funcionando sem carga (ou somente com a carga de aquecimento), atuando-se no acelerador até atingir a velocidade desejada. O acelerador é mantido fixo nessa posição e, segundo um roteiro de testes pré-estabelecido, aplica-se a carga até o valor desejado, sendo mantida a rotação constante.

A maioria dos motores para essas aplicações está dotado de um governador automático de rotação, na bomba injetora, que se encarrega de manter constante a velocidade ajustada. Quando o ensaio estiver sendo efetuado sem o governador, é necessário corrigir a velocidade manualmente. Atingidos os valores pretendidos, efetua-se as leituras e anotações dos parâmetros que se pretende avaliar. O teste

pode ser conduzido em várias etapas de valores de carga, sendo a última o teste de plena carga. Adotando-se incrementos de carga adequados, é possível traçar, por exemplo, uma curva de consumo específico de combustível.

2.3.3 Teste de torque e avanço

Tem como finalidade determinar a curva de avanço ideal para o distribuidor, em motores do *ciclo Otto*, com o motor funcionando tanto em plena carga quanto em cargas parciais.

De posse de todos os dados levantados, o distribuidor é preparado com o auxílio de um analisador de distribuidores, onde se procura colocar o distribuidor dentro das faixas ideais determinadas por ocasião do teste em dinamômetro.

2.3.4 Teste de potência de atrito

O teste de potência de atrito tem por objetivo determinar a potência necessária para acionar o motor em condições de funcionamento, vencendo todas as resistências mecânicas resultantes do atrito das partes móveis mais os esforços para vencer os tempos de compressão, admissão e expulsão dos gases.

O motor deve ser acionado pelo dinamômetro, sem queimar combustível e a potência de atrito será considerada como igual a consumida pelo dinamômetro para as considerações de ensaio (rotação, temperatura de óleo, etc.).

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Nos experimentos realizados no laboratório de motores de combustão interna da Universidade Federal do Espírito Santo, foi utilizado o teste de velocidade variável em um dinamômetro hidráulico, que acopla-se diretamente ao eixo virabrequim do motor. O dinamômetro utilizado neste projeto pode ser visto na figura 2:



(FIGURA 2 – Vista geral do dinamômetro da UFES)

O dinamômetro possui um rotor aletado que gira no interior de uma carcaça com estatores também aletados. A água entra na câmara do rotor axialmente ao centro. Pela ação centrífuga, a água é acelerada e lançada para a saída, formando um anel no interior da câmara do rotor, que gira com rotação aproximadamente igual à metade da velocidade do disco do rotor. Finalmente, a água sai da câmara do rotor através do bocal situado na parte inferior da carcaça. A energia mecânica fornecida pelo motor em ensaio é absorvida e convertida em calor por um remoinho que é gerado com a passagem da água entre as aletas do rotor e dos estatores. O calço resultante aplica uma resistência ao movimento de rotação do rotor e tende a girar a carcaça no sentido inverso com igual esforço, sendo que a carcaça é livre para girar em torno do seu próprio eixo. Este esforço é transmitido, por meio de um braço, a uma balança.

A potência absorvida pelo dinamômetro depende da velocidade de rotação e da quantidade de água existente no interior da câmara do rotor. O nível de água na câmara do rotor é modulado com o controle das válvulas de entrada e saída

O dinamômetro hidráulico utilizado possui um suporte para fixação do motor a fim de mantê-lo estacionário e amortecer o excesso de vibração, o acoplamento entre eixo do motor e o da unidade de absorção de potência é feito por um acoplamento mecânico, a unidade de absorção de potência é fixada em uma plataforma de altura regulável para adaptar-se a motores com diferentes dimensões e geometrias.

Na carcaça externa da unidade de absorção de potência é fixado o braço que transmite a força para a balança. A balança também é suportada por uma plataforma de altura regulável para que o braço fique na horizontal. O fornecimento de combustível é feito por uma bureta graduada, e a alimentação da bureta é feita por uma bomba que bombeia o combustível de um reservatório. Com o uso da bureta, pode ser mensurado o consumo de combustível por unidade de tempo. Há um medidor de vazão de ar de admissão que é acoplado ao sistema de alimentação do motor.

A aquisição de dados com o uso do teste de velocidade variável, como especificado anteriormente, é realizado variando-se a carga do dinamômetro com o acelerador em sua posição de máxima abertura. Essa variação de carga que é conseguida variando o nível de água dentro da unidade absorvedora de potência, pode ser entendida esquematicamente na tabela 1:

Carga do dinamômetro	Rotação do motor	Válvula de Entrada	Válvula de Saída
Aumentar	Diminuir	Abrir	Fechar
Diminuir	Aumentar	Fechar	Abrir

(TABELA 1 – Controle do dinamômetro)

O teste no laboratório era realizado ligando-se o motor, acelerando até a posição de máxima abertura da borboleta do carburador, depois dando a maior carga possível, ou seja, restringindo ao máximo a saída e abrindo totalmente a válvula de

entrada, assim o motor alcançava uma rotação mínima que podia ser conseguida no experimento, que é, aproximadamente, 1900 rpm com o motor ensaiado.

Então, manipulando-se as válvulas, como demonstrado acima, chegava-se aos valores de rotação desejados, mantendo-se a rotação, por alguns segundos, a fim de se estabilizar a leitura da balança. A partir daí, anotava-se o valor e, assim, seguia-se a manipulação das válvulas, até o valor de máxima rotação do motor, por volta de 4000 rpm.

Ao fim do experimento, eram obtidos os valores de rotações com as respectivas leituras da balança. Então, os pontos eram plotados em um gráfico para se obter as curvas de torque e potência.

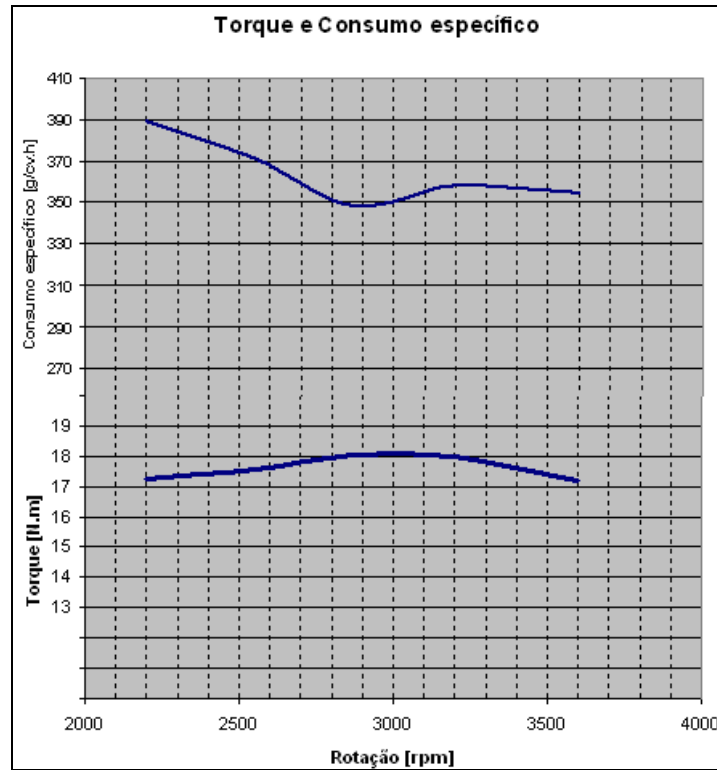
3.1. EXPERIMENTO REALIZADO ANTES DA MELHORIA

Com a metodologia descrita acima, foi realizado um ensaio na aula da disciplina Motores de Combustão Interna. No experimento foram gerados cinco conjuntos de dados experimentais, que podem ser vistos na tabela 2:

Rotação [rpm]	Massa (kg)	Torque [N.m]	Potência [cv]
2200	1,760	17,267	5,332
2550	1,790	17,5599	6,285
2870	1,840	18,050	7,272
3200	1,835	18,001	8,086
3600	1,755	17,216	8,700

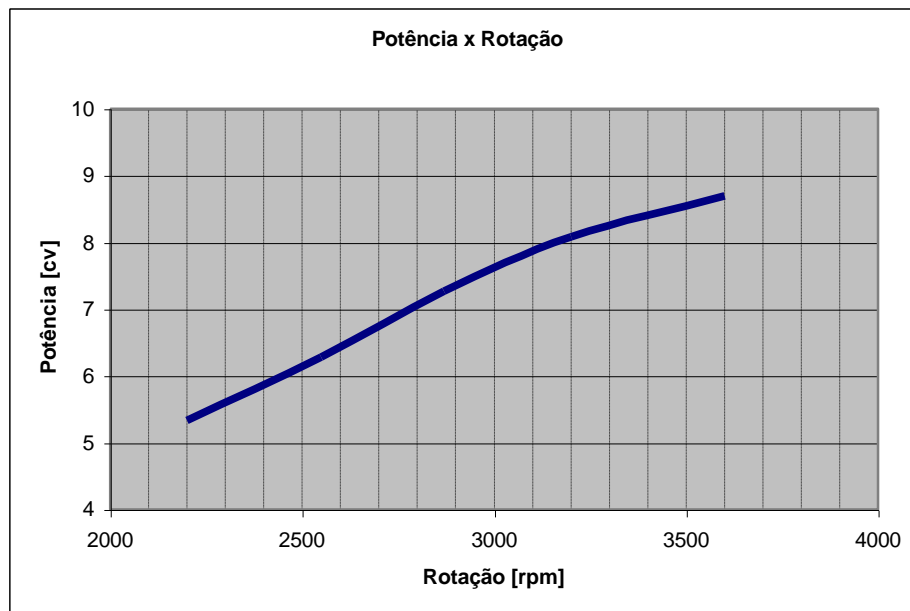
(TABELA 2– Dados em experimento antes da melhoria)

Que manipulados, geram os curvas do gráfico 1:



(GRÁFICO 1 – Gráfico de torque e consumo específico antes da melhoria)

O consumo específico é o consumo mássico de combustível por unidade de tempo e de potência, não sendo modificado com as alterações propostas pelo presente trabalho. A medição do consumo específico é feito estabilizando a rotação do motor, e através de uma bureta, graduada em milímetros, mede-se em um determinado intervalo de tempo o volume de combustível consumido.



(GRÁFICO 2 – Gráfico de potência antes da melhoria)

3.2. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Um sistema de aquisição de dados é dividido em quatro partes, são elas:

§ Sensores: São elementos que percebem e captam variações físicas, transformando-as em sinais ou impulsos elétricos.

§ Condicionador de sinais: É o conjunto de elementos que adequam os sinais analógicos vindos dos sensores para que o conversor A/D possa utilizá-los. Esta etapa é importante para que os sinais sejam filtrados ou ainda protegidos de eventuais picos de sinal.

§ Conversor A/D (analógico/digital): É o elemento que transforma a grandeza física, vinda do condicionador de sinais, para uma representação numérica.

§ Programa: O programa de aquisição de dados é o responsável pelo controle do sistema, permitindo ao usuário parametrizar, comandar e monitorar o processo de aquisição de dados.

No caso do laboratório de motores de combustão interna do departamento de Engenharia Mecânica da UFES, o sistema de aquisição só possuía as três primeiras partes dos elementos antes citados, sendo a representação numérica mostrada em um *display* de interface no tacômetro e na balança. A parte do programa era realizada manualmente.

3.3. MELHORIA

Com o objetivo de melhorar a aquisição de dados, foi utilizado o envio de dados da leitura da balança e da leitura do tacômetro, equipamento que tem a finalidade de fazer a leitura de rotação, para um computador. Foi observado que assim, haveria uma maior precisão na coleta de dados, pois a quantidade de pontos coletados aumentaria, e maior facilidade na realização do ensaio, pois poderia ser feito de forma contínua, sem a necessidade de anotações manuais.

A balança utilizada no laboratório é dotada de uma porta de comunicação serial padrão RS-232, como pode ser observado na figura 3. Com essa porta de comunicação, são enviados dados do peso assim que há uma estabilidade na leitura.

A empresa FILIZOLA disponibiliza, em seu *site* <http://www.filizola.com.br/upgrade/upgrade.asp#pcscale> um software que é capaz de mostrar as leituras em tempo real e gerar um arquivo de texto com as mesmas. O software PcScale reúne todas as informações e recurso necessário para efetuar a comunicação serial das balanças com outros dispositivos. É, principalmente, uma ferramenta para facilitar o desenvolvimento de programas que necessitam ler as balanças.



(FIGURA 3 – Balança e cabo de dados Serial – RS - 232)

O tacômetro que havia no laboratório não possuía saída de comunicação, então, vislumbrou-se a necessidade em se adquirir um tacômetro com porta de comunicação. Assim, foi comprado o tacômetro digital portátil INSTRUTHERM TDR – 100, que pode ser visto na figura 4, que é foto-tacômetro e tacômetro de contato que possui uma porta de comunicação USB. É disponibilizado pela empresa um software, Lutron 801, que mostra em tempo real, além de gerar um arquivo de texto com os valores da rotação.



(FIGURA 4 – Tacômetro)

Assim, o experimento passou a ser realizado de forma diferente. Foi utilizado, então, um computador pessoal e o tacômetro digital no seu modo operacional com sensor ótico. A diferença consistiu na não necessidade de realização de anotações ao longo do experimento. Da mesma forma ligava-se o motor, dava-se a carga máxima, era obtido o valor de menor rotação, mas manipulava-se as válvulas de forma diferente, pois não havia a necessidade da estabilização do motor em uma dada rotação para que fossem feitas anotações, eram manipuladas com o objetivo de aumentar a rotação do motor lentamente, para que possam ser gerados valores, no computador, pelos softwares de leitura. Ao atingir o valor de máxima rotação, terminava-se o ensaio e era obtido uma série de dados no computador.



(FIGURA 5 – Vista do laboratório com os novos equipamentos)

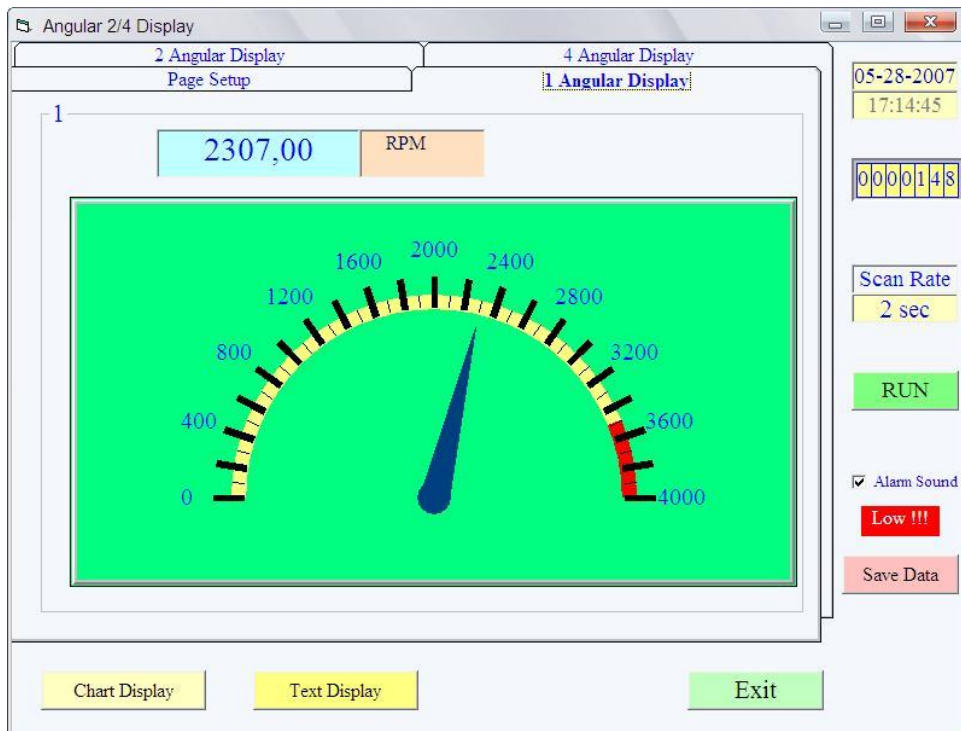
3.3.1 Dados gerados

Os dados gerados pelo software do tacômetro têm a característica de serem gerados a cada dois segundos, e o arquivo possui as seguintes características mostradas na figura 6:

DataRecord : Tabela						
date	time	chan 1	unit 1	chan 2	unit 2	cha
22/5/2007	10:07:37	1991	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:39	1916	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:41	1847	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:43	2400	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:45	2488	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:47	2621	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:49	2761	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:51	2631	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:53	2450	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:55	2259	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:57	2204	RPM		0	NO UNIT
22/5/2007	10:07:59	2359	RPM		0	NO UNIT

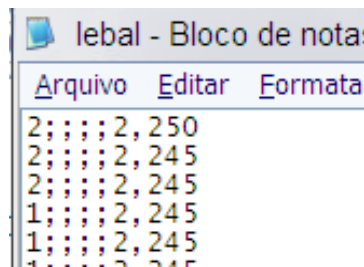
(FIGURA 6 – Interface do resultado dos dados do tacômetro)

Sendo a interface do programa, mostrada na figura 7:



(FIGURA 7 - Interface do programa de aquisição de dados do tacômetro)

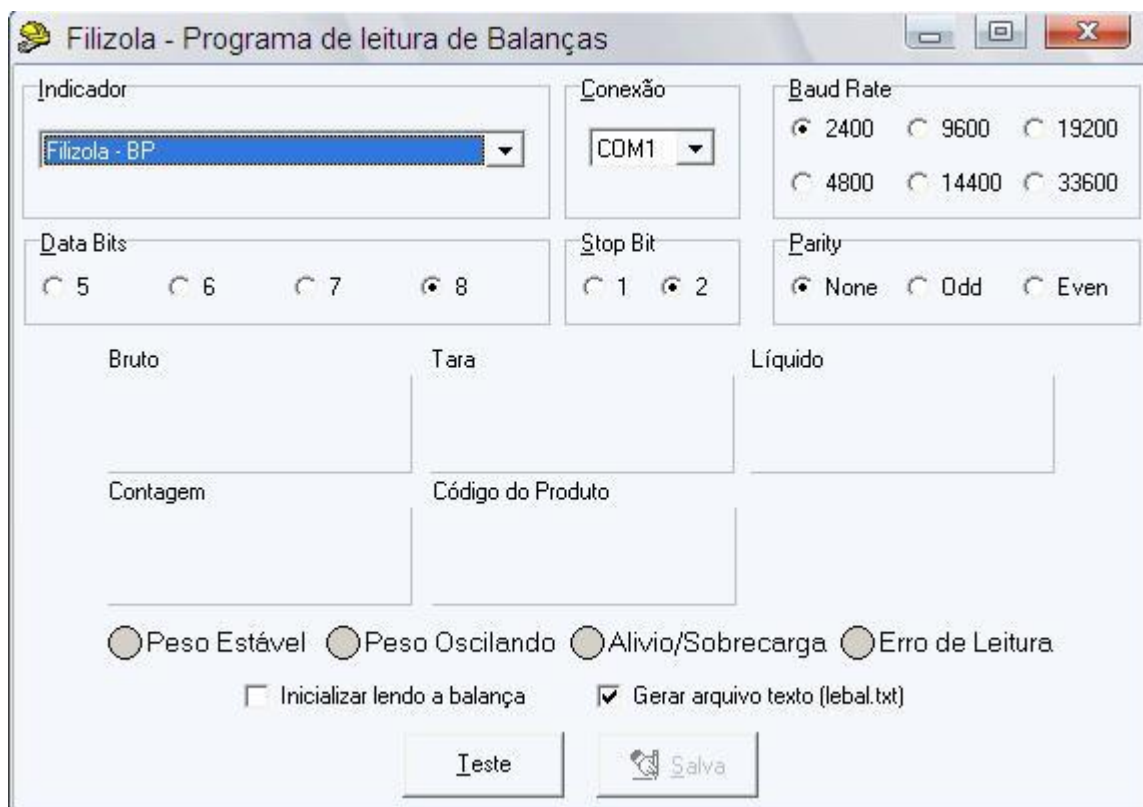
Os dados da balança têm a característica de serem gerados a cada 0,41667 segundo. E o arquivo tem o seguinte aspecto, mostrado na figura 8:



(FIGURA 8 – Interface do resultado dos dados da balança)

Onde o primeiro dígito representa a condição da balança, se o peso é estável ou instável e os últimos indica a leitura feita na balança.

O software tem a seguinte interface, mostrada na figura 9:



(FIGURA 9 – Interface do programa de aquisição de dados da balança)

Para gerar as curvas, havia a necessidade de que os dados fossem manipulados. O exemplo com o experimento realizado mostra detalhadamente como se obtém as curvas características do motor através do experimento.

3.4. EXPERIMENTO REALIZADO COM O NOVO SISTEMA

Foi realizado um experimento de um motor de combustão interna de ciclo Otto que foi utilizado pela equipe vitória baja da universidade federal do espírito santo em competições de mini baja da SAE. O motor é monocilíndrico fabricado pela Briggs e Stratton Industrial Plus.

O experimento resumiu-se nas seguintes etapas:

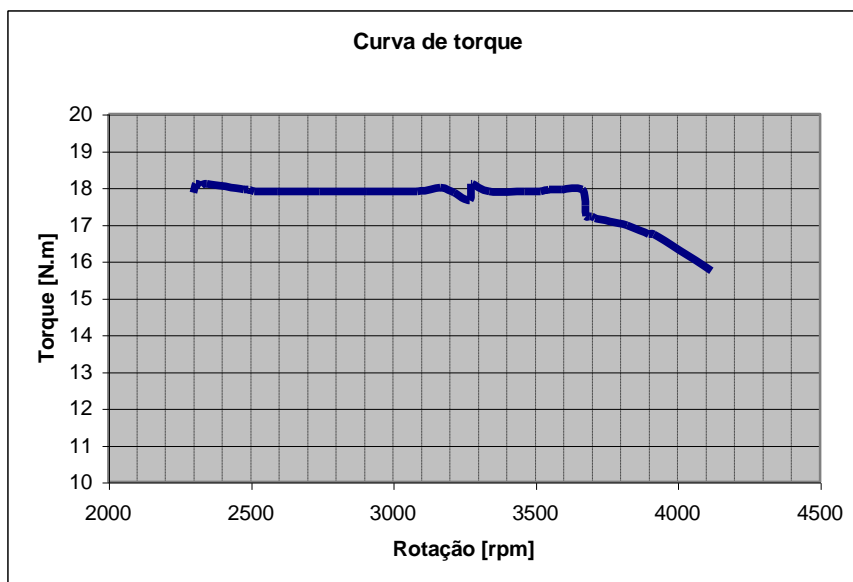
§ O motor foi ligado com a carga mínima no dinamômetro, foi deixado em marcha lenta para que o motor pudesse atingir uma temperatura próxima à permanente.

§ O motor foi acelerado até a posição de máxima abertura da borboleta do carburador, então foi dada a maior carga possível do dinamômetro, para que o motor atingisse a menor rotação possível do ensaio.

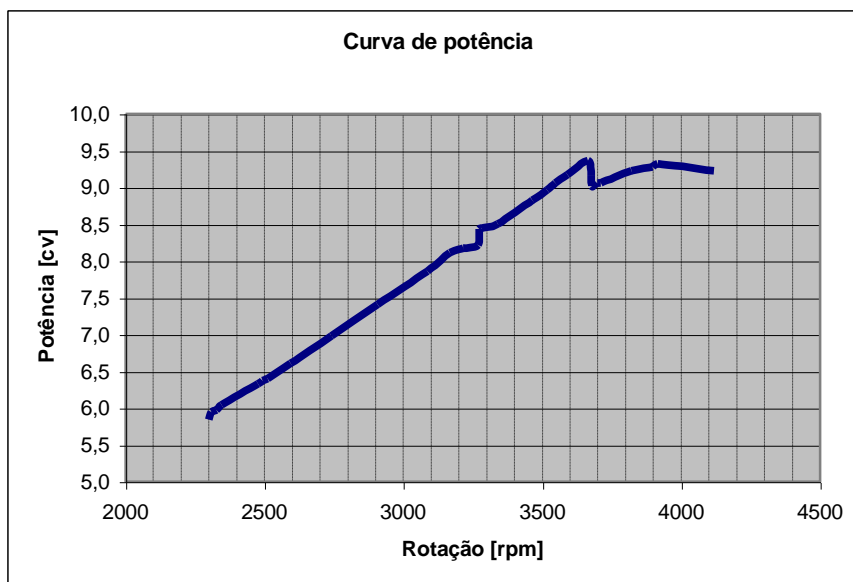
§ Com a balança e o tacômetro ligados ao computador, foi iniciado o teste e dado o início nos softwares de aquisição de dados.

§ Com as leituras sendo mandadas para o computador, foi sendo variada a carga do dinamômetro de forma que a rotação do motor subisse lentamente até alcançar sua rotação máxima.

O ensaio de aquisição de dados durou um minuto e seis segundos sendo a rotação inicial de 2299 rpm e a leitura de massa inicial de 1,860 kg, a leitura de rotação final de 4118 rpm e a leitura de torque final de 1,825 kg. Foram obtidos os dados com 33 valores para a leitura do tacômetro e 160 pontos para a leitura da balança. Com interpolação, foram obtidos 33 pontos de torque, potência e rotação e foram levantadas as curvas dos gráficos 3 e 4:



(GRÁFICO 3 – Gráfico de torque após a melhoria)

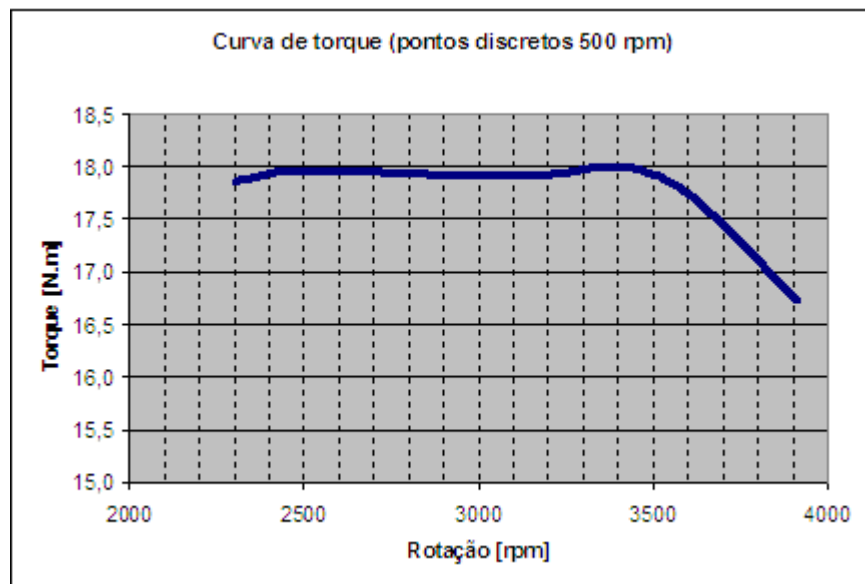


(GRÁFICO 4 – Gráfico de potência após a melhoria)

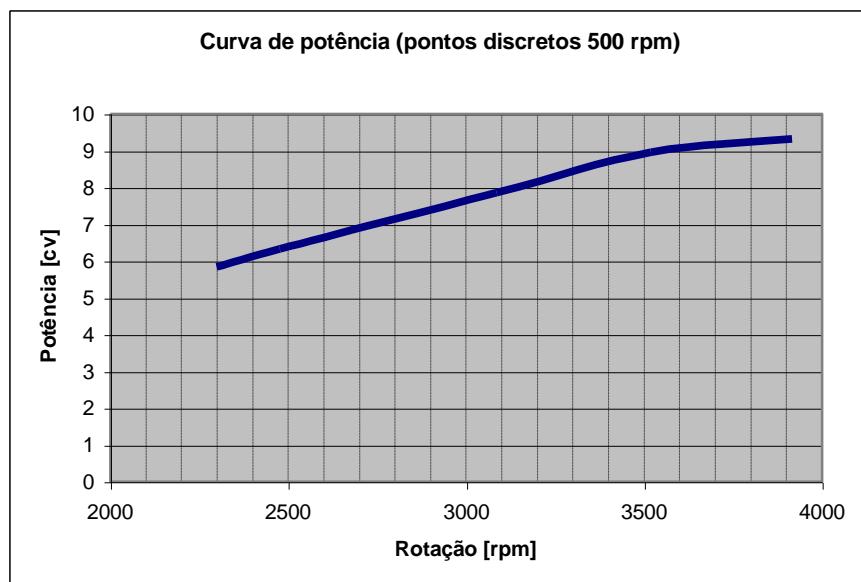
Entretanto, como pôde ser observado, as curvas possuem certos valores que não condizem com padrão geométrico da mesma, esses valores podem ser considerados

erros e têm diferentes explicações, por exemplo, fluxo de água não constante entrando e saindo da carcaça do dinamômetro, vibração do motor ou pelo período transiente que o dinamômetro encontra antes da leitura correta. Este período transiente é comum quando há uma grande variação da carga em um curto período de tempo.

Este problema pode ser minimizado, fazendo um ensaio de maior duração e menor taxa de variação da carga. O levantamento das curvas acima foi realizado com intervalo de valores da rotação de, em média, 55 rpm. Se, por exemplo, utilizarmos, ainda com os valores coletados no experimento, valores com intervalo de aquisição, de 500 rpm, as curvas levantadas têm o aspecto do gráfico 5 e 6:

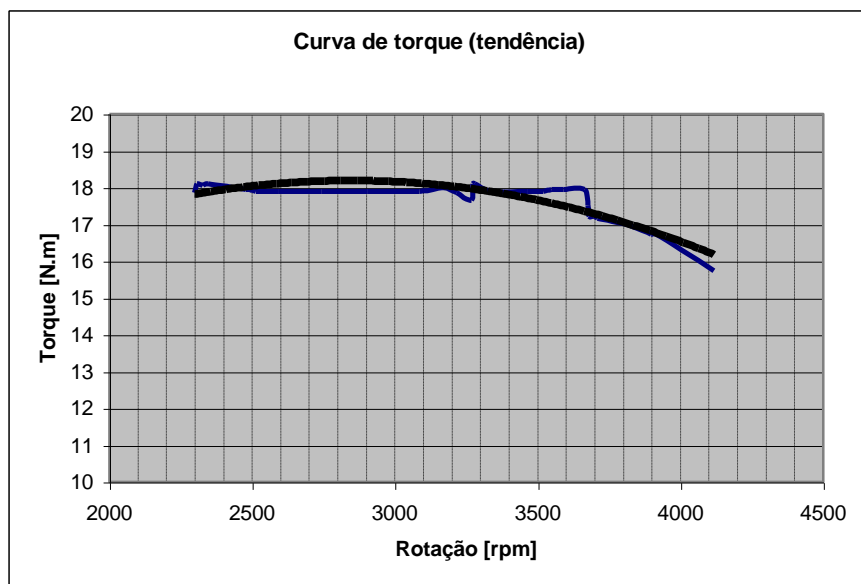


(GRÁFICO 5 – Gráfico de torque após a melhoria com pontos mais distantes)

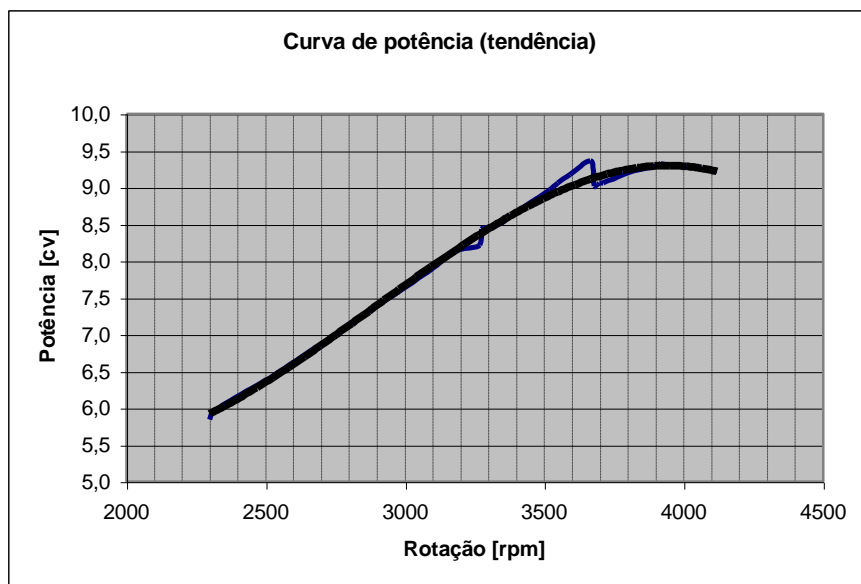


(GRÁFICO 6 – Gráfico de potência após a melhoria com pontos mais distantes)

Este aspecto é mais comum para este tipo de experimento, porém, pelo grande número de dados que podem ser coletados com o equipamento em discussão, os erros se tornam mais evidentes. Os erros podem ser amenizados pelo uso da ferramenta curva de tendência, as curvas assumem o seguinte aspecto, dos gráficos 7 e 8:



(GRÁFICO 7 – Gráfico de torque após a melhoria com curva de tendência)



(GRÁFICO 8 – Gráfico de potência após a melhoria com curva de tendência)

Em linhas finais, resta mencionar a opção para que a curva de tendência gerasse uma curva com uma equação por regressão polinomial de segunda ordem.

O aspecto da curva é satisfatório e desconsidera os erros quando o gráfico é plotado com todos os pontos colhidos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste projeto implantou-se um projeto de melhorias no Laboratório de Motores de Combustão Interna do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, valendo-se, para tanto, de modernas tendências e tecnologias aptas a ensejar uma maior facilitação na realização do ensaio, melhorar a precisão no cálculo da potência e do torque e automatizar o processo.

No tocante aos resultados observados, obteve-se sucesso quanto ao objeto buscado no presente projeto, eis que, com a realização da melhoria proposta, foi de fácil percepção a ampliação da tecnologia do laboratório, mais atualizado e com melhores condições de realizar ensaios.

Mais do que a realização de uma pesquisa acadêmica, fundada em dados empiricamente observados e aferidos, utilizando-se os materiais e métodos mais adequados para o atingimento das metas propostas, fica, indubitavelmente, a satisfação em contribuir para a reprodução do saber acadêmico, pelo que foi possível incrementar melhorias no Departamento de Engenharia Mecânica.

Tal iniciativa, sem a pretensão de ser inédita, espera despertar o corpo discente da Universidade para a importância e valorizar este campo de trabalho que tanto forma e colabora para o conhecimento tecnológico.

5. PROPOSTAS DE PROJETOS FUTUROS

Foi observado que algumas melhorias poderiam ser implementadas visando, ainda mais, melhorar, automatizar e modernizar o laboratório, são elas:

§ Um dinamômetro mais preciso, como o elétrico, pois o hidráulico, como pôde ser observado anteriormente, possui erros de leitura e é de difícil manipulação.

§ Um sistema mais eficaz no sistema absorção de vibração do motor.

§ um sistema abafador de ruídos do sistema de exaustão, assim como uma nova instalação, pois a atual encontra-se com fendas onde os gases de exaustão escapam.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INDÚSTRIAS FILIZOLA S.A. **Equipamentos de Pesagem Eletrônicos e Mecânicos**. Disponível em: <www.filizola.com.br>. Acessado em 01/07/07.

RAHDE, Sérgio Barbosa. **Motores de Combustão Interna**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica, 2005.

CLÁUDIO, José. **Dinamômetros**. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/dinos1.html>>. Acessado em 28/06/07.