

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

BRUNO TOMAZ ARAÚJO VIEIRA
JOÃO MARCO C. M. MENEGAZ

REDIMENSIONAMENTO DO DINAMÔMETRO HIDRÁULICO

VITÓRIA
2005

BRUNO TOMAZ ARAÚJO VIEIRA
JOÃO MARCO C. M. MENEGAZ

REDIMENSIONAMENTO DO 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.

Orientador: Prof.º Elias Antônio Dalvi.

VITÓRIA
2005

BRUNO TOMAZ ARAÚJO VIEIRA
JOÃO MARCO C. M. MENEGAZ

REDIMENSIONAMENTO DO 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 março de 2005.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.º Elias Antônio Dalvi.
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof.º Rogério Silveira Queiroz
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof.º Sergio Leite Lopes
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos nossos pais, que ajudaram em todos os momentos de nossas vidas.
E a todos os colegas e amigos, pelos momentos presentes durante o período em que estiveram conosco.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a nossos pais, irmãos, namorada e amigos pela ajuda e incentivo por mais essa conquista. Agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esse projeto fosse realizado.

Agradecemos ao professor Elias Antônio Dalvi pelo tempo dedicado ao nosso projeto, e que, em situações de dificuldade, nos entendeu e nos apoiou, buscando soluções, e nos fez acreditar que estávamos na direção certa. Agradecemos também aos professores da banca examinadora.

A todos muito obrigado.

"O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece."

Benjamin Disraeli

RESUMO

A disciplina “Motores de Combustão Interna” prevê em sua ementa aulas de laboratório visando o levantamento de curvas de desempenho dos motores de combustão interna ciclo Otto e Diesel. No entanto devido à precariedade dos dinamômetros lá existentes e da falta de um dinamômetro para motores de pequena capacidade (até 40kw), foi projetado e construído em projetos de graduação anteriores, um dinamômetro para este fim. No entanto devido a alguns problemas construtivos, o mesmo não funcionava adequadamente quando então, orientados pelo professor, resolveu-se rever o projeto e fazer todas as modificações possíveis para que o mesmo viesse funcionar adequadamente e, assim, contribuir para que as aulas pudessem ser realizadas a contento.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 : Estator em alumínio; lado acoplamento. | 17 |
| FIGURA 2 : Estator em alumínio, lado oposto acoplamento. | 17 |
| FIGURA 3 : Rotor em alumínio e eixo em aço inox. | 18 |
| FIGURA 4 : Dinamômetro com dispositivo de leitura de carga. | 19 |
| FIGURA 5 : Válvulas de entrada e saída de água. | 19 |
| FIGURA 6 : Selo mecânico desgastado. | 24 |
| FIGURA 7 : Selo mecânico danificado. | 24 |
| FIGURA 8 : Montagem do selo no estador. | 25 |
| FIGURA 9 : Montagem do selo no eixo. | 25 |
| FIGURA 10 : Selos no eixo. | 25 |
| FIGURA 11 : Rolamentos, espaçador e anel de trava. | 26 |
| FIGURA 12 : Seqüência de montagem dos elementos mecânicos. | 26 |
| FIGURA 13 : Montagem no eixo para teste. | 26 |
| FIGURA 14 : Ampliação da montagem no eixo. | 27 |
| FIGURA 15 : Usinagem interna no estator. | 27 |
| FIGURA 16 : Usinagem externa no eixo. | 28 |
| FIGURA 17 : Montagem do rolamento no estator. | 28 |
| FIGURA 18 : Montagem do anel interno no estator. | 28 |
| FIGURA 19 : Dispositivo para balanceamento. | 29 |
| FIGURA 20 : Eixo no gabarito. | 29 |
| FIGURA 21 : Braçadeira no eixo. | 30 |
| FIGURA 22 : Removendo material do rotor. | 30 |
| FIGURA 23 : Local da remoção de material. | 30 |
| FIGURA 24 : Peças e parafusos de aço inox. | 31 |
| FIGURA 25 : Aplicação de veda rosca industrial para vedação. | 32 |
| FIGURA 26 : Aplicação de silicone para vedação. | 32 |
| FIGURA 27 : Estatores montados com as peças de aço inox e alumínio. | 32 |
| FIGURA 28 : Desnível entre peça e estator. | 33 |
| FIGURA 29 : Estator montado no torno. | 33 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 30 : Usinagem das peças para nivelar com as paletas. | 34 |
| FIGURA 31 : Novas mangueiras e braçadeiras..... | 34 |
| FIGURA 32 : Acoplamento de lona..... | 35 |
| FIGURA 33 : Proteção do acoplamento..... | 35 |
| FIGURA 34 : Deslocamento axial do dinamômetro. | 36 |
| FIGURA 35 : Base de madeira e borracha para motor..... | 37 |
| FIGURA 36 : Tanque de combustível..... | 38 |
| FIGURA 37 : Tanque e motor..... | 38 |
| FIGURA 38 : Tubos do escapamento do motor..... | 39 |
| FIGURA 39 : Tubo com rosca para saída. | 40 |
| FIGURA 40 : Latão para absorção do barulho..... | 40 |
| FIGURA 41 : Montagem da espuma em todo interior do latão. | 41 |
| FIGURA 42 : Abertura de entrada para os gases. | 41 |
| FIGURA 43 : Selo mecânico danificado..... | 42 |
| FIGURA 44 : Suspiro..... | 43 |
| FIGURA 45 : Balança | 43 |
| FIGURA 46 : Balança na bancada com braço do dinamômetro. | 44 |
| FIGURA 47 : Sistema de telemetria..... | 44 |
| FIGURA 48 : Sensor e anel de duas ranhuras | 45 |
| FIGURA 49 : Apresentação final da bancada de ensaio | 61 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| GRÁFICO 1 : Torque X Rotação (1° ESAIO)..... | 53 |
| GRÁFICO 2 : Torque X Rotação (2° ENSAIO)..... | 54 |
| GRÁFICO 3 : Potência X Rotação (1° ENSAIO)..... | 55 |
| GRÁFICO 4 : Potência X Rotação (2° ENSAIO)..... | 56 |
| GRÁFICO 5 : Torque X Rotação (COMPARATIVO)..... | 57 |
| GRÁFICO 6 : Potência X Rotação (COMPARATIVO)..... | 58 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 : Controle de válvulas de comando..... | 19 |
| TABELA 2 : Características do motor | 37 |
| TABELA 3 : Leituras das rotações no display e sua transformação para real. | 45 |
| TABELA 4 : Resultados do 1º ensaio | 51 |
| TABELA 5 : Resultados do 2º ensaio | 51 |
| TABELA 6 : Custos | 60 |
| TABELA 7 : Diagnóstico de falha | 73 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| ILUSTRAÇÃO 1 :Manual da balança, capa. | 63 |
| ILUSTRAÇÃO 2 : Manual da balança, PAG 02. | 64 |
| ILUSTRAÇÃO 3 : Manual da balança, PAG 03. | 64 |
| ILUSTRAÇÃO 4 : Manual da balança, PAG 04. | 65 |
| ILUSTRAÇÃO 5 : Manual da balança, PAG 05. | 65 |
| ILUSTRAÇÃO 6 : Manual da balança, PAG 06. | 66 |
| ILUSTRAÇÃO 7 : Manual da balança, PAG 07. | 66 |
| ILUSTRAÇÃO 8 : Manual da balança, PAG 08. | 67 |
| ILUSTRAÇÃO 9 : Manual da balança, PAG 09. | 67 |
| ILUSTRAÇÃO 10 : Manual da balança, PAG 10. | 68 |
| ILUSTRAÇÃO 11 : Manual da balança, PAG 11. | 68 |
| ILUSTRAÇÃO 12 : Manual da balança, PAG 12. | 69 |

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CV – Cavalo vapor

HP – Horse power

NBR – Norma Brasileira Registrada

RPM – Rotações por minuto

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 - INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 – OBJETIVO | 16 |
| 3 - O DINAMÔMETRO | 16 |
| 3.1 - APLICAÇÃO..... | 18 |
| 3.2 - PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO | 18 |
| 3.3 - CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO | 19 |
| 4 – RETROSPCTIVA | 20 |
| 5 – SOLUÇÕES INICIALMENTE PROPOSTAS | 21 |
| 6 – A ÁGUA | 22 |
| 6.1 - FLUXO DE ÁGUA..... | 22 |
| 6.2 - SUPRIMENTO DE ÁGUA | 22 |
| 6.3 - QUALIDADE DA ÁGUA..... | 23 |
| 7 – O PROJETO | 23 |
| 7.1 – ANÁLISE E ADAPTAÇÕES DO DINAMÔMETRO | 23 |
| 7.1 - SELO MECÂNICO | 24 |
| 7.2 - ROLAMENTOS | 26 |
| 7.3 - EIXO-ROTOR | 27 |
| 7.4 - ESTATOR..... | 31 |
| 7.5 - MANGUEIRA | 34 |
| 7.6 - ACOPLAMENTO..... | 35 |
| 8 - TESTES | 36 |
| 8.1 - MOTOR | 36 |
| 8.2 - DINAMÔMETRO | 42 |
| 8.3 - BALANÇA | 43 |
| 8.4 - MEDIDOR DE ROTAÇÃO | 44 |
| 9 – ENSAIO | 46 |
| 9.1 - TIPOS DE ENSAIOS | 46 |

| | |
|--|-----------|
| 9.1.1 – Ensaio de velocidade variável..... | 46 |
| 9.1.2 – Ensaio de velocidade constante. | 47 |
| 9.2 – POTÊNICA | 48 |
| 9.3 – ERROS NA MEDIÇÃO..... | 48 |
| 9.4 – CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO | 49 |
| 9.5 – BASE DE CÁLCULOS | 49 |
| 9.6 – RESULTADOS OBTIDOS..... | 50 |
| 9.6.1 – Potência e Torque..... | 51 |
| 9.6.2 - Gráficos | 52 |
| 10 – COMENTÁRIOS E SUGESTÕES..... | 59 |
| 11 – CUSTOS..... | 60 |
| 12 – CONCLUSÃO | 61 |
| 10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 62 |
| ANEXO A..... | 63 |
| ANEXO B..... | 70 |
| B.1 – MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO | 70 |
| B.2 – MANUTENÇÃO..... | 74 |
| B.3 – LUBRIFICAÇÃO..... | 74 |

1 - INTRODUÇÃO

O projeto iniciou-se devido à vontade dos graduandos de contribuir com o Centro Tecnológico através de um projeto prático. Ao cursar a disciplina de motores de combustão interna foi apresentado um dinamômetro hidráulico em desuso devido a problemas construtivos e operacionais. Decidimos então engajarmos na resolução dos problemas do dinamômetro a fim de deixá-lo em plenas condições de testes e ensaios.

Serão apresentadas, suas condições encontradas, soluções propostas, testes, ensaios, e os resultados encontrados.

2 – OBJETIVO

O nosso trabalho tem como objetivo, a recuperação do dinamômetro hidráulico existente no laboratório de motores do departamento de engenharia mecânica, recuperação esta que engloba:

- Análise das condições e problemas encontrados;
- Estudo das melhorias a serem feitas;
- Montagem e testes com o motor de 8HP (uso para o projeto Mini Baja);
- Levantamento das curvas de potência e torque x rotação.

3 - O DINAMÔMETRO

O dinamômetro hidráulico é um dispositivo destinado à absorção e medição de potência produzida por uma fonte capaz de acioná-lo, no caso, um motor de combustão interna. Para que ele funcione, é necessário o suprimento de um fluxo de água contínuo, para absorver a energia mecânica e trocar o calor gerado no processo.

O equipamento enfoque deste estudo é um dinamômetro hidráulico de palhetas, projetado para realizar ensaios em motores de combustão interna de baixa potência. Seu corpo externo (estator bipartido **FIGURA 1** e **FIGURA 2**) e seu corpo interno (rotor – **FIGURA 3**) são construídos em alumínio, sendo o eixo principal em aço inox.



FIGURA 1 : Estator em alumínio; lado acoplamento.



FIGURA 2 : Estator em alumínio, lado oposto acoplamento.



FIGURA 3 : Rotor em alumínio e eixo em aço inox.

3.1 - APLICAÇÃO

Os dinamômetros hidráulicos são construídos para realizar testes de carga em motores automotivos diesel, a álcool, a gás natural veicular e a gasolina, mas podem também ser empregados em outras aplicações apropriadas.

3.2 - PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

O dinamômetro em questão 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. 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 redemoinho que é gerado com a passagem da água entre as aletas do rotor e dos estatores. O efeito resultante, da ação da água desse processo, implica resistência ao movimento de rotação do rotor e tende a girar a carcaça no mesmo sentido com igual esforço. Este esforço é transmitido, por meio de um braço, a um dispositivo de leitura de carga instalada a uma distância fixa da linha de centro do dinamômetro. **FIGURA 4.**



FIGURA 4 : Dinamômetro com dispositivo de leitura de carga.

3.3 - CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO

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 (**FIGURA 5**) de entrada e saída de acordo com a **TABELA 1**.

TABELA 1 : Controle de válvulas de comando

| PARA: | Válvula de entrada | Válvula de Saída |
|------------------|--------------------|------------------|
| Aumentar a Carga | Abrir | Fechar |
| Reduzir a Carga | Fechar | Abrir |



FIGURA 5 : Válvulas de entrada e saída de água.

Abrindo ou fechando a válvula de entrada, o fluxo de água através da câmara do rotor é alterado. Da mesma forma, a válvula de saída que retarda ou não a massa de água no interior da câmara. Assim, uma combinação das duas válvulas permite um controle mais preciso da frenagem do motor.

Em nenhuma hipótese deve-se operar o dinamômetro com a válvula de saída completamente fechada. O bloqueio da saída da água produz elevação de temperatura e da pressão, que poderão danificar o dinamômetro e provocar algum acidente.

A uma dada velocidade de rotação, o máximo de potência é absorvido quando a câmara do rotor se encontra praticamente cheia de água. Em condições normais, o dinamômetro opera com a câmara parcialmente cheia.

O dinamômetro hidráulico opera como se fosse uma bomba centrífuga ineficiente. Uma pequena porção da energia mecânica fornecida (geralmente menos de 2%) é convertida em pressão hidráulica. A pressão centrífuga da água gerada pelo dinamômetro aumenta com o aumento do volume de água e com o aumento da velocidade de rotação. A máxima pressão interna é atingida quando o dinamômetro opera a plena carga com a câmara do rotor completamente cheia.

Os limites de rotação e potência são valores definidos pela curva de absorção, e refletem o máximo fluxo de água permitido pelo dinamômetro. Os limites de torque e rotação estão baseados no projeto mecânico do equipamento, considerando as tensões no eixo e no disco do rotor, velocidades críticas e lubrificação dos mancais.

4 – RETROSPCTIVA

Foi iniciado em meados de 1997 o projeto do dinamômetro hidráulico com a finalidade de ensaios acadêmicos de motores de baixa potência. O projeto foi realizado em quatro etapas anteriores distintas, sendo:

1ª Cálculos teóricos para determinação dos esforços e parte da sua construção.

2ª Reformulação dos cálculos e dimensionamento para utilização do motor do projeto Vitória Baja e término da construção do equipamento.

3ª Foram feitos tentativas de testes e ensaios do projeto, porém ocorreram vários problemas de operação.

4ª Manutenção e revisão do dinamômetro hidráulico, adaptações no Rotor, tentativas de testes e ensaios.

5ª Nesta etapa realizamos adaptações em função dos seguintes problemas encontrados:

- O dinamômetro não freia adequadamente o motor
- Excesso de aquecimento
- Falta de refrigeração nos selos mecânicos
- Deslocamento axial excessivo proporcionando impactos entre rotor e estator.

5 – SOLUÇÕES INICIALMENTE PROPOSTAS

Foram propostas algumas soluções para os problemas encontrados:

- Construção de um novo dinamômetro
- Diminuir o diâmetro efetivo do rotor
- Diminuir o diâmetro efetivo do estator
- Resolver o problema de folga axial excessiva
- Aumentar a troca de calor para diminuir o aquecimento do dinamômetro
- Resolver problema de quebra de selo mecânico

6 – A ÁGUA

6.1 - FLUXO DE ÁGUA

O dinamômetro hidráulico converte energia mecânica em calor. Um fluxo contínuo de água através do dinamômetro é necessário para produzir a resistência ao movimento de rotação e remover o calor gerado no processo. A vazão de água requerida depende da potência absorvida e da variação de temperatura que se pode permitir do fluxo de água.

Devido aos efeitos indesejáveis das temperaturas elevadas, tais como a formação de depósitos e de corrosão, recomenda-se que a temperatura na saída da água seja mantida abaixo de 75°C, para que não ocorra transferência de calor aos mancais do dinamômetro, a temperatura na saída da água não deve ultrapassar 82°C.

Operar o dinamômetro com temperatura da água na saída próxima dos 100°C, poderá resultar em sérios danos e acidentes.

6.2 - SUPRIMENTO DE ÁGUA

O suprimento de água é o pré requisito mais importante para a estabilidade funcional do dinamômetro hidráulico. Flutuações no fluxo de água, entrada e ar, oscilações da válvula de controle, turbulência ou simplesmente a presença de outro usuário na linha de abastecimento produzem instabilidade na carga aplicada ao motor.

O dinamômetro hidráulico é essencialmente um dispositivo passivo, e assim, qualquer variação no suprimento de água resultará flutuações de torque e rotação. Por essa razão, é extremamente importante que o suprimento de água seja superior ao necessário.

6.3 - QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água circulante não afeta o funcionamento e a acuidade dos resultados, mas pode reduzir a vida útil do dinamômetro. Água com elevado grau de dureza promove a formação de depósitos sólidos, que irão danificar prematuramente os selos mecânicos do equipamento. E água muito ácida pode causar corrosão eletrolítica entre materiais diferentes. O tratamento da água deve ser considerado quanto as suas propriedades excederem os seguintes limites:

- Dureza: Carbonato de cálcio acima de 100 PPM.
- Acidez: PH abaixo de 7,0 ou acima de 8,5.

7 – O PROJETO

7.1 – ANÁLISE E ADAPTAÇÕES DO DINAMÔMETRO

A primeira ação tomada foi à identificação dos componentes do dinamômetro:

- Selos mecânicos
- Rolamentos
- Eixo-Rotor
- Estator
- Mangueiras
- Acoplamento

Depois de listados os principais componentes, foi realizada uma análise do estado dos mesmos:

7.1 - SELO MECÂNICO

Foi constatado que os selos mecânicos estavam gastos e rompidos (**FIGURA 6** e **FIGURA 7**). Através do orientador do projeto, obteve-se a informação de que o dinamômetro trabalhava com pouca água, devido ao grande arraste que ocorria se o dinamômetro trabalhasse cheio. Como consequência, o dinamômetro freava excessivamente o motor, apagando-o. Para que o motor não apagasse e pudesse fazer os testes, era necessário que se injetasse pouca água, o que prejudicava o resfriamento dos selos mecânicos, ressecando-os e danificando-os rapidamente.



FIGURA 6 : Selo mecânico desgastado.



FIGURA 7 : Selo mecânico danificado.

A ação tomada imediatamente foi à compra de novos selos mecânicos. As **FIGURA 8**, **FIGURA 9** e **FIGURA 10** seguem apresentando a montagem dos selos.



FIGURA 8 : Montagem do selo no Estator.



FIGURA 9 : Montagem do selo no eixo.



FIGURA 10 : Selos no eixo.

7.2 - ROLAMENTOS

Foi feita uma análise superficial do rolamento e concluiu-se que estes poderiam ser reutilizados, porém foi efetuada a compra de mais dois para distribuir melhor as cargas nos rolamentos. Na **FIGURA 11** é apresentado os rolamentos, o espaçador e o anel de trava. Na **FIGURA 12** contém além dos rolamentos o eixo e na **FIGURA 13** uma pré-montagem deles, na **FIGURA 14** uma ampliação, pois a montagem dos rolamentos é feita primeira no estator.



FIGURA 11 : Rolamentos, espaçador e anel de trava.

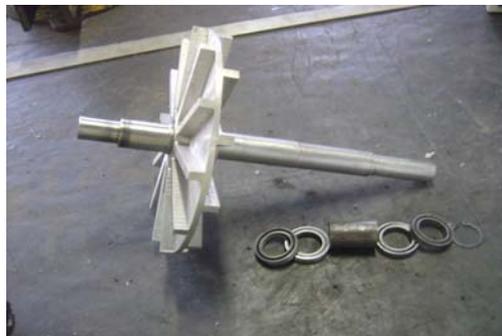


FIGURA 12 : Sequência de montagem dos elementos mecânicos.



FIGURA 13 : Montagem no eixo para teste.



FIGURA 14 : Ampliação da montagem no eixo.

7.3 - EIXO-ROTOR

O eixo encontrava-se em boas condições visuais e dimensionais, porém, o rotor estava desbalanceado devido aos impactos sofridos entre o rotor e o estator. Esses impactos ocorriam devido a uma excessiva folga axial.

Para solucionar o problema da folga axial foi decidido por travar o eixo no estator através de anéis de trava. Para tanto, colocamos um anel de trava interno no estator (**FIGURA 15**), responsável por travá-lo nos rolamentos e outro anel de trava externa no eixo (**FIGURA 16**) para travar o rolamento ao eixo. Dessa forma, obteve-se o travamento indireto do eixo ao estator.

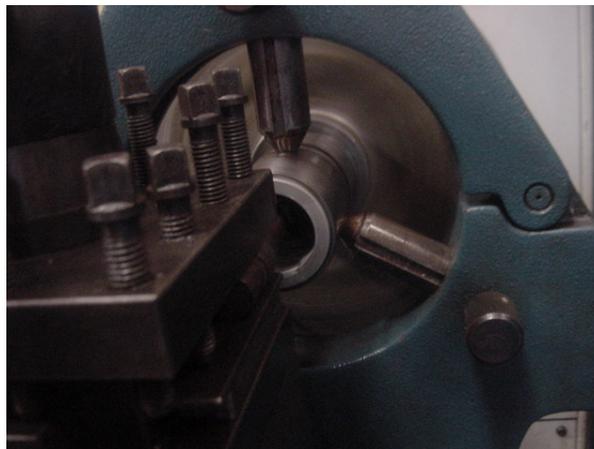


FIGURA 15 : Usinagem interna no estator.

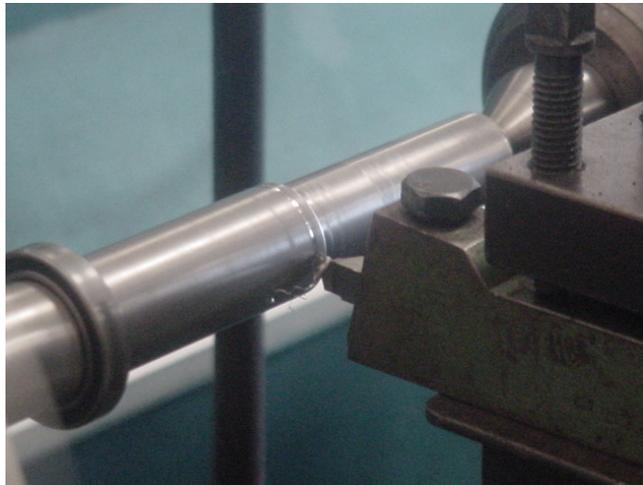


FIGURA 16 : Usinagem externa no eixo.

Como foi dito a real montagem dos rolamentos e feita primeiro no estator (lado acoplamento (**FIGURA 17**), montam-se dois rolamentos depois eles são travados com o anel interno (**FIGURA 18**), coloca o espaçador os outros dois rolamentos e trava o pacote no eixo com o anel externo.



FIGURA 17 : Montagem do rolamento no estator.



FIGURA 18 : Montagem do anel interno no estator.

Depois de feito o rasgo para o anel de trava do eixo, foi realizado um balanceamento estático no rotor. Para realizar este balanceamento foi necessária a construção de uma luva de cobre (**FIGURA 19**) para que pudesse ser apoiado o eixo em dois gabaritos (**FIGURA 20**) e assim realizar o balanceamento



FIGURA 19 : Luva de cobre para balanceamento.



FIGURA 20 : Eixo no gabarito.

Foi utilizada uma braçadeira, (**FIGURA 21**) com o intuito de substituir a perda de massa devido ao rasgo de chaveta existente no eixo.



FIGURA 21 : Braçadeira no eixo.

Foi então retirado material do rotor, (**FIGURA 22** e **FIGURA 23**) até que se chegasse a um balanceamento aceitável.



FIGURA 22 : Removendo material do rotor.



FIGURA 23 : Local da remoção de material

7.4 - ESTATOR

Foi observado que algumas palhetas estavam desalinhadas devido ao impacto com o rotor em testes anteriores.

Constatou-se também que seria necessário diminuir a área efetiva de arraste do dinamômetro para que pudesse solucionar o problema de funcionamento com pouca água no sistema, problema já mencionado no selo mecânico. A melhor forma encontrada foi adaptar peças de alumínio no estator, diminuindo a sua área efetiva de arraste.

Foram compradas duas placas de alumínio de 250 X 250 mm, com espessura de 10 mm. Em cada placa seriam usinadas as peças.

Durante a fabricação das peças de alumínio, ocorreu um erro de usinagem em uma das placas, como o fabricante não possuía placa de alumínio, trocou-se uma das placas por placa de inox (**FIGURA 24**), o que não afetaria o projeto, pois também, é resistente a água.



FIGURA 24 : Peças e parafusos de aço inox.

Para a montagem dos parafusos, utilizou-se veda rosca líquido (**FIGURA 25**) e para vedação das peças, com o estator (**FIGURA 27**), utilizou-se silicone (**FIGURA 26**).



FIGURA 25 : Aplicação de veda rosca industrial para vedação.



FIGURA 26 : Aplicação de silicone para vedação.



FIGURA 27 : Estatores montados com as peças de aço inox e alumínio.

Com a indicação do orientador, as peças foram calculadas de tal forma que seu raio fosse à metade do raio do estator e que se fizesse a fixação a um terço da altura de cada peça, para

promover uma grande redução de massa de água, caso reduzisse muito, simplesmente retira-se de quatro em quatro peças, sendo que para cada lado do estator, devem ser retirados aos pares em lados opostos, para não desbalancear o conjunto. Assim, aumentaria mais a massa de água no sistema e a área efetiva de arraste, sem a necessidade da fabricação de novas peças ou usinagem das mesmas.

Após a montagem das peças, foi constatado que as peças de inox estavam com altura acima do esperado, passando dos limites das paletas (**FIGURA 28**).



FIGURA 28 : Desnível entre peça e estator.

Foi feita uma usinagem para corrigir o problema (**FIGURA 29** e **FIGURA 30**).



FIGURA 29 : Estator montado no torno

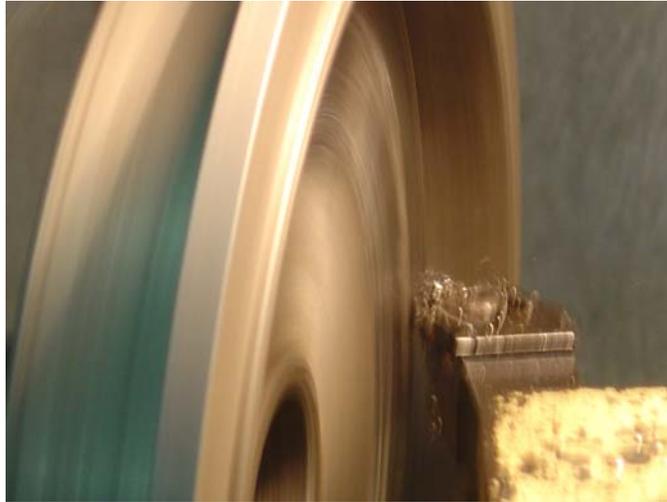


FIGURA 30 : Usinagem das peças para nivelar com as paletas.

7.5 - MANGUEIRA

Foi verificado que algumas das mangueiras de entrada e saída de água estavam ressecadas e braçadeiras corroídas.

Foi feita a substituição dessas mangueiras e das braçadeiras (**FIGURA 31**).



FIGURA 31 : Novas mangueiras e braçadeiras.

7.6 - ACOPLAMENTO

Havia dois acoplamentos, um de borracha e um de lona. Decidiu-se, então por utilizar o acoplamento de lona (**FIGURA 32**), pois se transmitiria menos vibração e corrigiria algum eventual desalinhamento do motor com o dinamômetro.

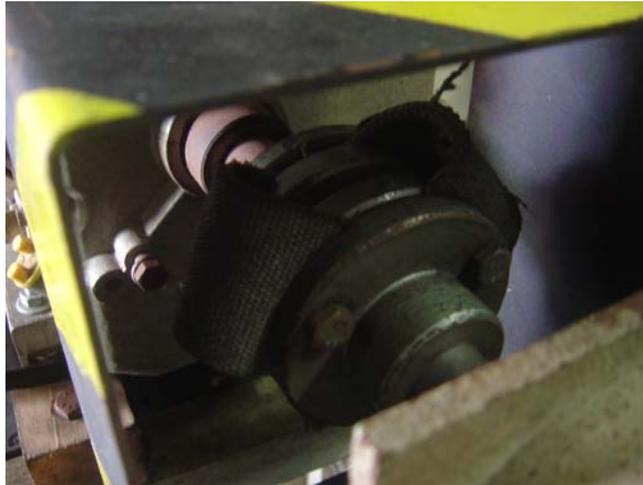


FIGURA 32 : Acoplamento de lona

Foi utilizada também uma proteção (**FIGURA 33**) no acoplamento para proteger de possível rompimento ou folga no parafuso ocasionando a expulsão da lona.



FIGURA 33 : Proteção do acoplamento

Observou-se com o acionamento do conjunto, o dinamômetro se deslocou em sua base axialmente (**FIGURA 34**). Esse deslocamento é de vital importância, pois minimiza os esforços sobre o eixo do rotor caso fosse travado na base.



FIGURA 34 : Deslocamento axial do dinamômetro.

8 - TESTES

Antes de começar o recolhimento dos dados, foi feitos testes no motor, dinamômetro, medidor de rotação e balança, para que possíveis problemas fossem corrigidos:

8.1 - MOTOR

O motor utilizado como modelo para a construção e para os ensaios realizados possui as seguintes características, **TABELA 2**:

TABELA 2 : Características do motor

| | |
|-----------------------------|---|
| Fabricante: | Briggs e Stratton Industrial Plus |
| Tipo: | Monocilíndrico, quatro tempos a gasolina arrefecimento a ar, partida manual e regulador centrifuga de velocidade. |
| Diâmetro do pistão: | 76,2 mm |
| Curso do pistão: | 69,8 mm |
| Cilindrada: | 320 cc |
| Taxa de compressão: | 6,9 |
| Torque máximo: | 17 Nm @ 2800 RPM |
| Potência: | 8HP @ 3600 RPM |
| Potência específica: | 25 HP/litro |
| Capacidade de óleo | 1,3 litros |
| Peso do motor: | 21 Kg |

Foi detectado que seria necessário fazer uma base para o motor, já que não foi encontrada a base anterior. Para tanto, foi utilizado madeira e borracha.

A madeira seria a base sólida e a borracha seria utilizada como absoverdor de vibração (FIGURA 35).



FIGURA 35 : Base de madeira e borracha para motor.

Assim que foi instalado, o motor na base adaptou-se um novo tanque de combustível de plástico (**FIGURA 36**), pois o antigo, de aço, encontrava-se corroído interiormente. Colocou-se o novo tanque na parede, para criar uma diferença de altura, para que o combustível saísse através da gravidade, não necessitando de bomba de gasolina (**FIGURA 37**).



FIGURA 36 : Tanque de combustível.



FIGURA 37 : Tanque e motor.

Depois de feito todos os preparativos e com a supervisão do orientador, preparou-se o motor para funcionar. Assim que se abriu o registro da gasolina, verificou-se que havia um vazamento no carburador. O orientador desmontou-o e descobriu que um O' ring (um tipo de vedação em forma de anel), estava fora do lugar, o que provocava o vazamento.

Após montagem correta e verificação da extinção do vazamento ligou-se o motor. O motor respondeu bem e não necessitou de mais ajustes.

Porém, havia um problema sério de monóxido de carbono, pois o escapamento estava direcionado diretamente para o interior do laboratório. Havia uma necessidade de se redirecionar o escapamento para o exterior do laboratório.

Foi então realizado um desvio através de tubos e mangueiras para o exterior (**FIGURA 38** e **FIGURA 39**), porém o barulho era muito intenso na saída, necessitando de um abafador.



FIGURA 38 : Tubos do escapamento do motor



FIGURA 39 : Tubo com rosca para saída.

Para representar tal elemento encontrou-se um latão (FIGURA 40) com duas saídas perpendiculares que serviriam ao propósito.



FIGURA 40 : Latão para absorção do barulho.

Após adaptado, verificou-se que havia um barulho de “bate lata” devido ao próprio sistema de exaustão. Para corrigir este barulho de “bate lata” foi utilizado no interior do latão espuma na forma de caixa de ovo, (**FIGURA 41** e **FIGURA 42**). Observaram-se então, resultados bem satisfatórios.



FIGURA 41 : Montagem da espuma em todo interior do latão.



FIGURA 42 : Abertura de entrada para os gases.

8.2 - DINAMÔMETRO

A primeira providência tomada foi fazer um teste hidrostático no dinamômetro para averiguar possíveis vazamentos. Quando foi aberta a válvula de entrada de água observou-se que vazava muita água pelo selo mecânico do lado oposto ao acoplamento, pensou-se que seria por um problema de assentamento, e então, o motor foi ligado.

Como o problema persistiu, resolveu-se abrir o dinamômetro e foi descoberto que o novo selo mecânico estava quebrado (**FIGURA 43**).



FIGURA 43 : Selo mecânico danificado.

Levou-se o selo mecânico danificado ao fornecedor, onde se obteve a informação de que o selo mecânico não poderia entrar com muita interferência, e era justamente o que estava acontecendo. Usinou-se o alojamento do mesmo e colocou-se outro selo mecânico.

Fazendo um novo teste hidrostático observou-se que não havia mais vazamento, porém observou-se que a metodologia utilizada para o suspiro, uma torneirinha, não atendia aos requisitos, pois poderia se criar ar durante o experimento. Resolveu-se então criar e adaptar uma válvula de respiro (**FIGURA 44**).



FIGURA 44 : Suspiro.

8.3 - BALANÇA

Foi utilizada uma balança digital de compressão modelo Filizola PB 15 (FIGURA 45), com capacidade para até 15 kg e resolução de 5 grs.



FIGURA 45 : Balança

A haste do acionamento da balança possui 1000 mm e tem um pino de borracha na extremidade (FIGURA 46), com essa medida facilita a leitura de torque que é direta em [kgf.m], tendo que multiplicar apenas pela aceleração da gravidade para se obter em [N.m].



FIGURA 46 : Balança na bancada com braço do dinamômetro.

8.4 - MEDIDOR DE ROTAÇÃO

Foi utilizado o sistema de telemetria da equipe Vitória Baja (**FIGURA 47**), nele contém um display digital que fornece a rotação em RPM.

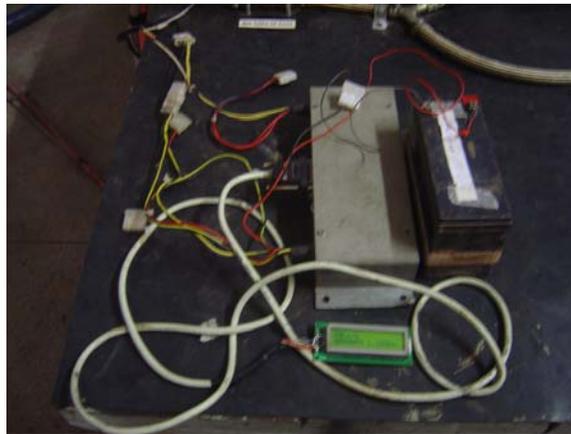


FIGURA 47 : Sistema de telemetria.

No eixo do motor, tem instalado um anel com duas ranhuras e instalado um sensor magnético (**FIGURA 48**), que faz a leitura da passagem das ranhuras.

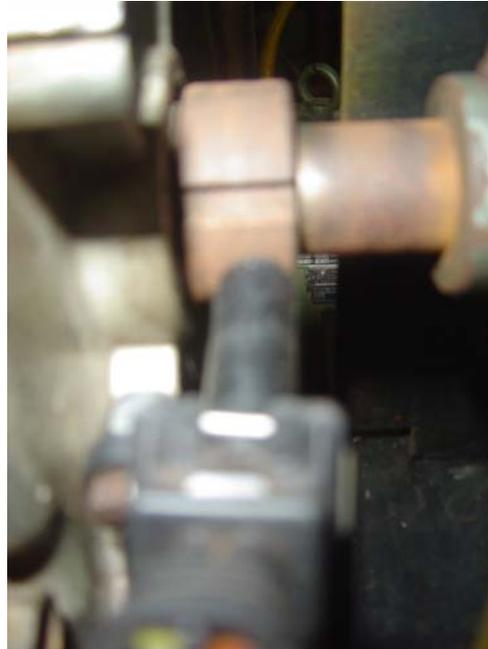


FIGURA 48 : Sensor e anel de duas ranhuras

Como o sistema de telemetria é programado para ser utilizado no novo motor da equipe Vitória Baja de 10HP que possui um anel de 6 ranhuras, e o motor utilizado no dinamômetro possui um anel com 2 ranhuras, teve que se multiplicar por 3 a leitura que aparecia no display, para saber a real rotação, que foi testada e aprovada. As rotações foram estabelecidas conforme **TABELA 3**

TABELA 3 : Leituras das rotações no display e sua transformação para real.

| Leitura no Display | Rotação Real |
|--------------------|--------------|
| 1200 RPM | 3600 RPM |
| 1133 RPM | 3400 RPM |
| 1067 RPM | 3200 RPM |
| 1000 RPM | 3000 RPM |
| 833 RPM | 2500 RPM |
| 667 RPM | 2000 RPM |
| 500 RPM | 1500 RPM |

9 – ENSAIO

9.1 - TIPOS DE ENSAIOS

Podem-se destacar os seguintes tipos de ensaios realizados em motores:

Ensaio de velocidade variável;

Ensaio de velocidade constante;

9.1.1 – Ensaio de velocidade variável

Este ensaio é freqüentemente apresentado para motores automotivos e marítimos. Normalmente é realizada a plena carga, ou seja, com o acelerador na posição de máxima rotação do motor e os testes de cargas parciais (75%, 50% ou 25% de carga) onde o acelerador é mantido em posições intermediárias.

9.1.1.1 – Descrição do ensaio

O teste de plena carga 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 rotação e, gradualmente, ajusta-se a carga do dinamômetro e observa-se a queda de rotação, anotando-se os valores de potências lidos e a RPM correspondente.

Em geral, nos motores Diesel, os valores mais importantes são os nominais de placa neste teste. Por exemplo, se o motor é de 400 HP a 2100 RPM, dados constantes na plaqueta de identificação, ao posicionar o acelerador em máxima RPM, sem carga, o tacômetro deverá assinalar algo como 2500 RPM. Aumentando-se gradualmente a carga aplicada, ao atingir 2100 RPM a carga deverá ser de 400 HP, como informado pelo fabricante. São importantes

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. Parâmetros como temperatura dos gases de escape, pressão no coletor de admissão e temperaturas da água e do óleo lubrificante, assim como a coloração dos gases de escape, são indicadores importantes de problemas que necessitam ser corrigidos.

Deve-se ter em mente que a coloração dos gases de escape é um indicativo da carga do motor, porém não é absoluto, posto que outros fatores, tais como injeção atrasada, compressão inadequada e injeção desigual nos diversos cilindros produzem fumaça. Para um motor em boas condições, o aspecto dos gases de escape dá uma idéia satisfatória da situação de carga do motor.

9.1.2 – Ensaio de velocidade constante.

Este ensaio é normalmente utilizado na análise de desempenho de motores estacionários, que acionam geradores, 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 RPM.

9.1.2.1 – Descrição do ensaio

Inicia-se o ensaio 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.

As maiorias dos motores para essas aplicações estão dotadas de um governador automático de RPM, 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, efetuam-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.

9.2 – POTÊNCIA

As potências máximas indicadas pelos fabricantes dos motores são referidas às condições atmosférico padrão e se aplicam os motores operando em regime de carga intermitente, salvo indicação em contrário.

Quando for necessário despotenciar um motor para operação em grandes altitudes acima do nível do mar, essa despotenciação poderá ser obtida reduzindo-se a velocidade máxima regulada do motor.

Os motores de aspiração natural devem ser despotenciados em 3% para cada 304,8m acima do nível do mar em 1% para cada 6°C de elevação acima da temperatura padrão.

Motores novos ou recém reconicionados não devem ser imediatamente solicitados a desenvolver acima de 96% da sua potência máxima durante os testes de verificação de potência.

9.3 – ERROS NA MEDIÇÃO

O erro total na medição de torque em um dinamômetro hidráulico é a soma dos erros dos seguintes componentes:

A) Erro causado pela fricção dos mancais da carcaça do dinamômetro; tolerância do comprimento do braço; restrições ao movimento causadas por mangueiras e cabos, desbalanceamento estático e momento de reação do fluxo de água. Com a instalação correta

das mangueiras, o erro do dinamômetro deve resultar em mais ou menos 0,1% da escala de torque do dinamômetro.

- B) Erros resultantes do sistema de leitura, representando todos os erros relacionados ao sistema de leitura de carga (balança).
- C) Erro do comprimento do braço de calibração.

9.4 – CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS PADRÃO

As condições atmosféricas padrão seguem a norma NBR 5484 da ABNT.

9.5 – BASE DE CÁLCULOS

R = Comprimento do braço (ft ou m) = 1m = 1000 mm.

N = Rotação do motor (em RPM) = Leitura no DISPLAY.

P = Carga na balança (lbf ou kgf) = Leitura na balança.

O trabalho da força de atrito é dado pela expressão: Trabalho = Força x distância. Essa força seria a leitura na balança **P** e a distância seria o braço **R**.

Sabendo-se que uma rotação, **Trabalho = 2 π P R**, e o motor funciona a **N [RPM]**, o Trabalho por minuto será dado por:

$$t=2 \pi P R \quad (1)$$

A expressão acima define a potência desenvolvida pelo motor, que pode ser expressa em HP (Horsepower) ou em CV (Cavalo-vapor), dependendo das unidades empregadas.

$$HP = (2 \pi P R N) / 33.000 \iff HP = (P R N) / 5252 \quad (2)$$

Para **P** em libras, **R** em pés e **N** em RPM, ou:

$$CV = (2 \pi P R N) / 4.500 \iff CV = (P R N) / 716,2 \quad (3)$$

Para **P** em Kg, **R** em metros e **N** em RPM.

As constantes 33.000 e 4.500 são resultantes das definições de HP e CV, respectivamente, são:

33.000 é o resultado do produto 550 x 60, ou seja, potência necessária para elevar a uma altura de 1 ft, em um minuto, uma carga de 550 libras.

4.500 é o resultado do produto 75 x 60, ou seja, potência necessária para elevar a uma altura de 1 m, em um minuto, uma carga de 75 quilogramas.

É comum encontrarmos dinamômetros onde a leitura da balança é dada em Torque, já levando em conta o comprimento do braço. Neste caso, resulta:

$$HP = (\text{Torque(ft.lb)} \times N(\text{RPM})) / 5252 \quad (4)$$

Ou

$$CV = (\text{Torque(Kg.m)} \times N(\text{RPM})) / 716,2 \quad (5)$$

9.6 – RESULTADOS OBTIDOS

Como foi utilizado um motor estacionário, adotou-se o ensaio por velocidade constante, apesar da dificuldade na sensibilidade das válvulas de entrada e saída de água conseguiu-se estabilizar as rotações.

Foram feitos dois ensaios **TABELA 4** e **TABELA 5**, para tentar constatar a repetibilidade das curvas. Serão mostradas da primeiramente, as curvas dos dois ensaios separados e depois serão mostradas as duas curvas juntas para comparação.

Conversão: 1 kg = 2,2046 lb

1m = 3,2808 ft

TABELA 4 : Resultados do 1º ensaio

| Rotação [RPM] | Torque [N.m] | Torque [Kgf.m] | Potência [HP] |
|---------------|--------------|----------------|---------------|
| 3600 | 14,028 | 1,430 | 7,089 |
| 3400 | 16,039 | 1,635 | 7,655 |
| 3200 | 16,333 | 1,665 | 7,337 |
| 3000 | 16,775 | 1,710 | 7,064 |
| 2500 | 17,756 | 1,810 | 6,231 |
| 2000 | 17,265 | 1,760 | 4,847 |
| 1500 | 14,665 | 1,600 | 3,305 |

TABELA 5 : Resultados do 2º ensaio

| Rotação [RPM] | Torque [N.m] | Torque [Kgf.m] | Potência [HP] |
|---------------|--------------|----------------|---------------|
| 3600 | 13,734 | 1,400 | 6,940 |
| 3400 | 15,450 | 1,575 | 7,374 |
| 3200 | 16,431 | 1,675 | 7,381 |
| 3000 | 16,873 | 1,720 | 7,106 |
| 2500 | 18,589 | 1,895 | 6,524 |
| 2000 | 16,922 | 1,725 | 4,751 |
| 1500 | 15,990 | 1,630 | 3,367 |

9.6.1 – Potência e Torque

Conforme os dados, a potência máxima apresentada foi de 7,65 HP a 3400 RPM, abaixo dos 8 HP a 3600 RPM que é a potência informada pelo fabricante e o torque máximo foi de 18,589 N.m a 2500 RPM acima dos 17 N.m a 2800 RPM fornecido pelo fabricante. Isso se deve em grande parte pela contração da mangueira, utilizada na saída dos gases, devido ao

aquecimento dos mesmos. Isso ocorreu principalmente nas rotações mais altas onde a vazão dos gases aumenta. Essa contração da mangueira faz aumentar a perda de carga na saída ocasionando essa queda de potência, já o torque tende a aumentar para compensar essa perda de carga.

Uma melhoria no escapamento poderia chegar à potência de 8HP, podendo superá-la, devido adaptações passadas que foram feitas no motor. Trocou-se uma junta no cabeçote do motor com espessura abaixo do original, fazendo com que a taxa da compressão seja elevada e consequentemente a potência também.

9.6.2 - Gráficos

Serão levantadas, pra cada ensaio as curvas de torque [N.m] e potência [HP] em função da rotação [RPM] (**GRÁFICO 1**, **GRÁFICO 2**, **GRÁFICO 3** e **GRÁFICO 4**).

Posteriormente serão mostradas as curvas das duas funções juntas para comparação (**GRÁFICO 5** e **GRÁFICO 6**).

GRÁFICO 1 : Torque X Rotação (1° ESAIO)

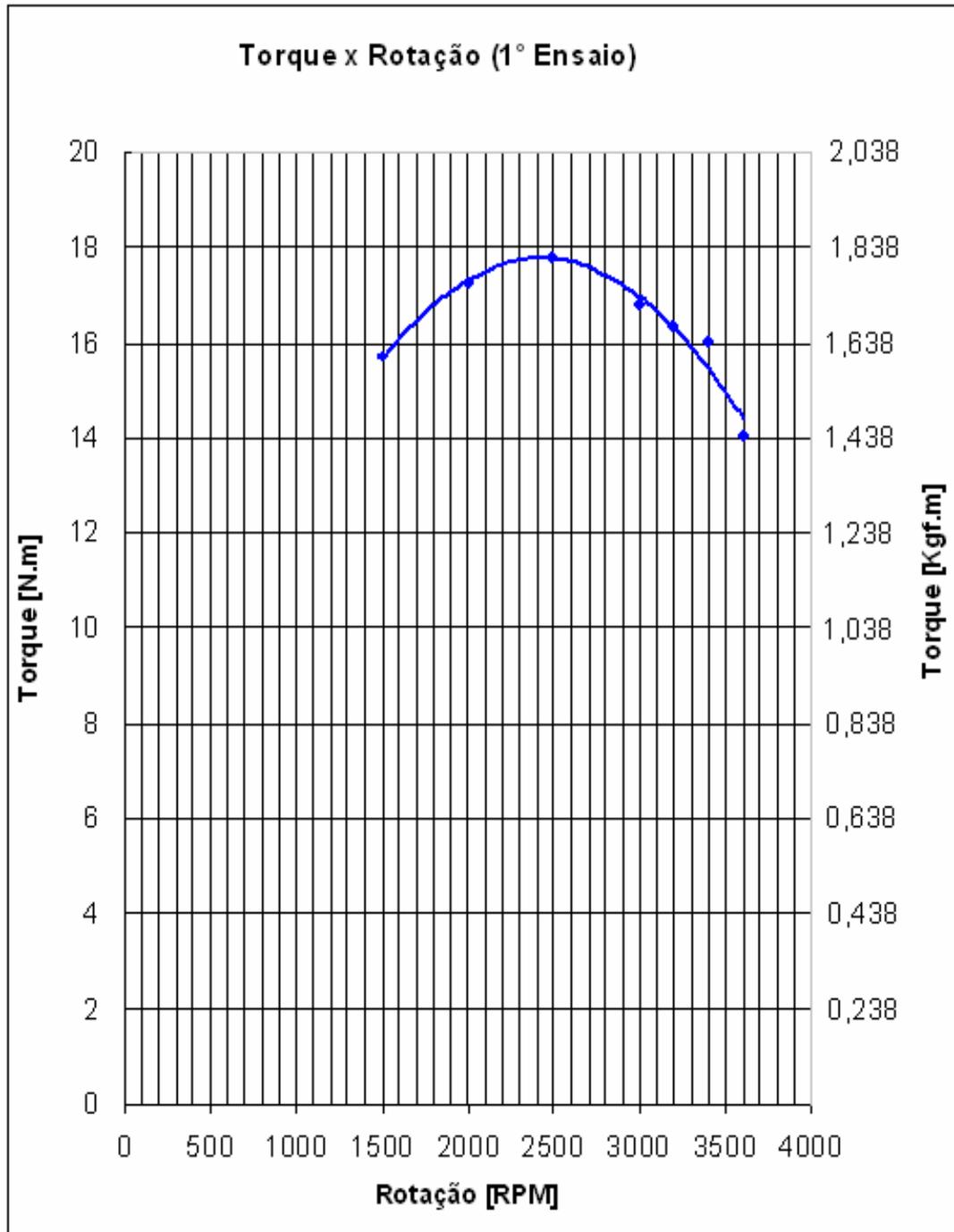
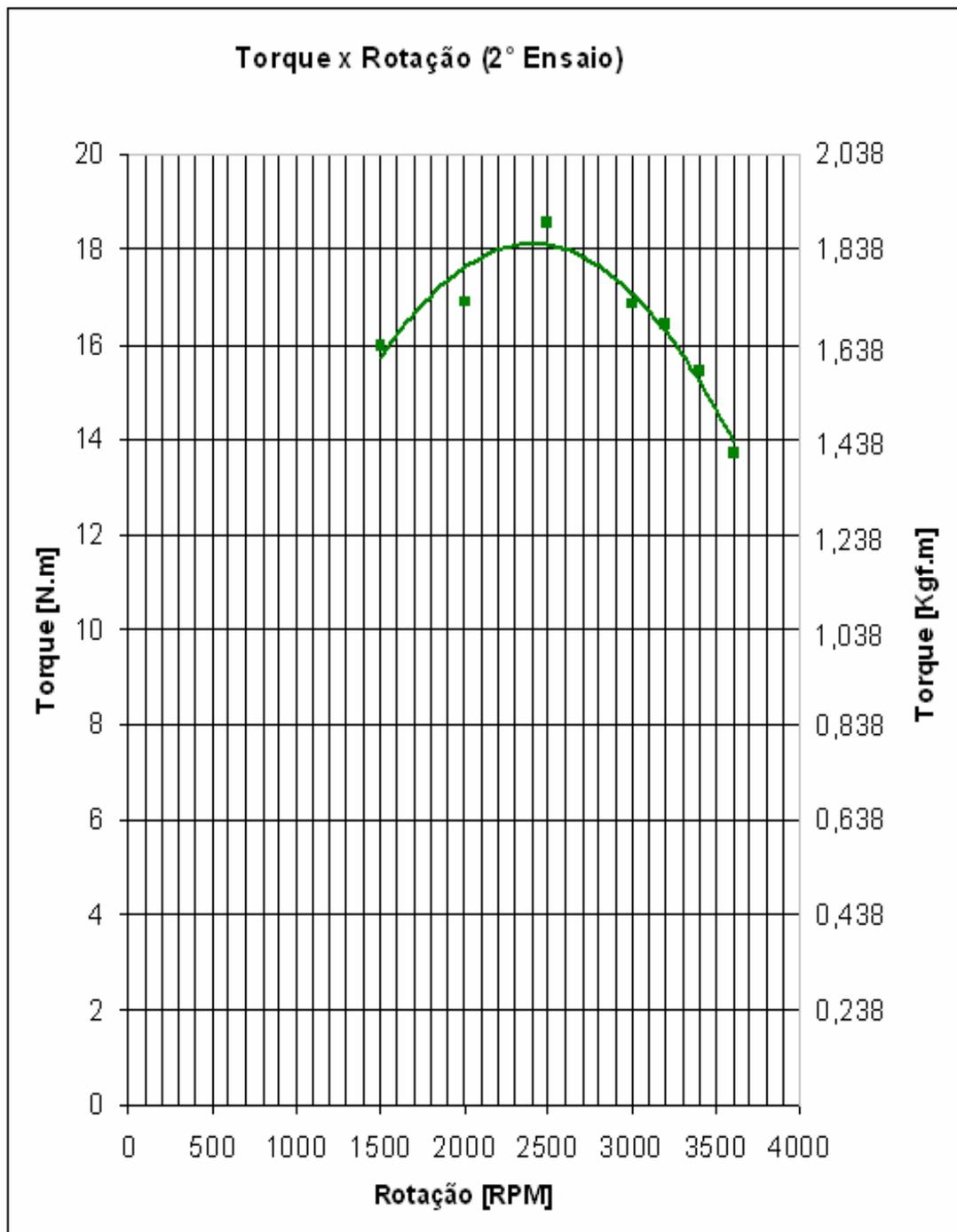


Gráfico do 1^a ensaio da curva que demonstra as características básicas de um gráfico de torque x rotação

GRÁFICO 2 : Torque X Rotação (2° ENSAIO)



No segundo ensaio foi encontrado um torque com valor acima do citado pelo fabricante possivelmente pelo motivo já citado no tópico de potência e torque. Um torque de 18,589 N.m a uma rotação de 2500 RPM.

GRÁFICO 3 : Potência X Rotação (1º ENSAIO)

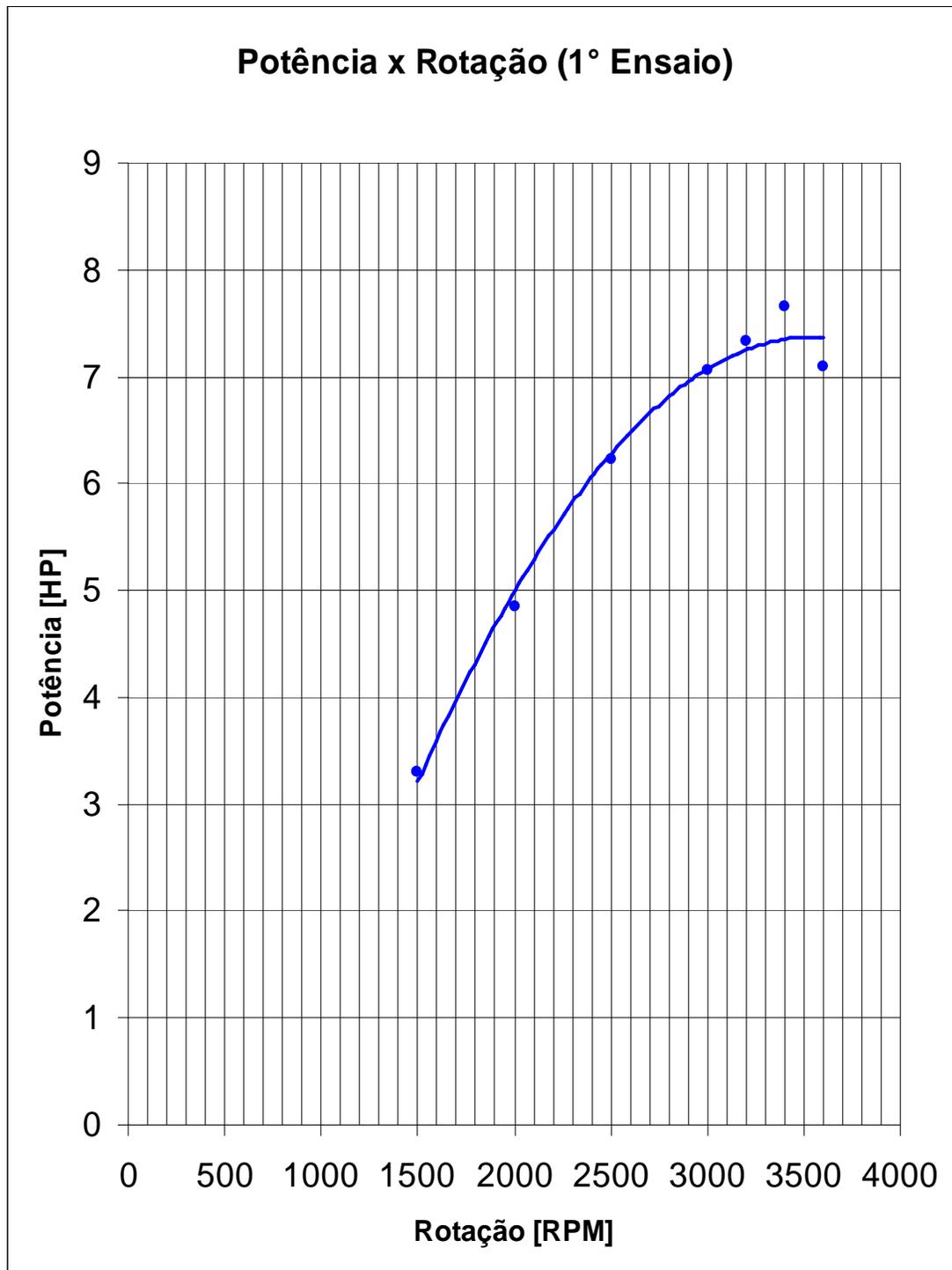
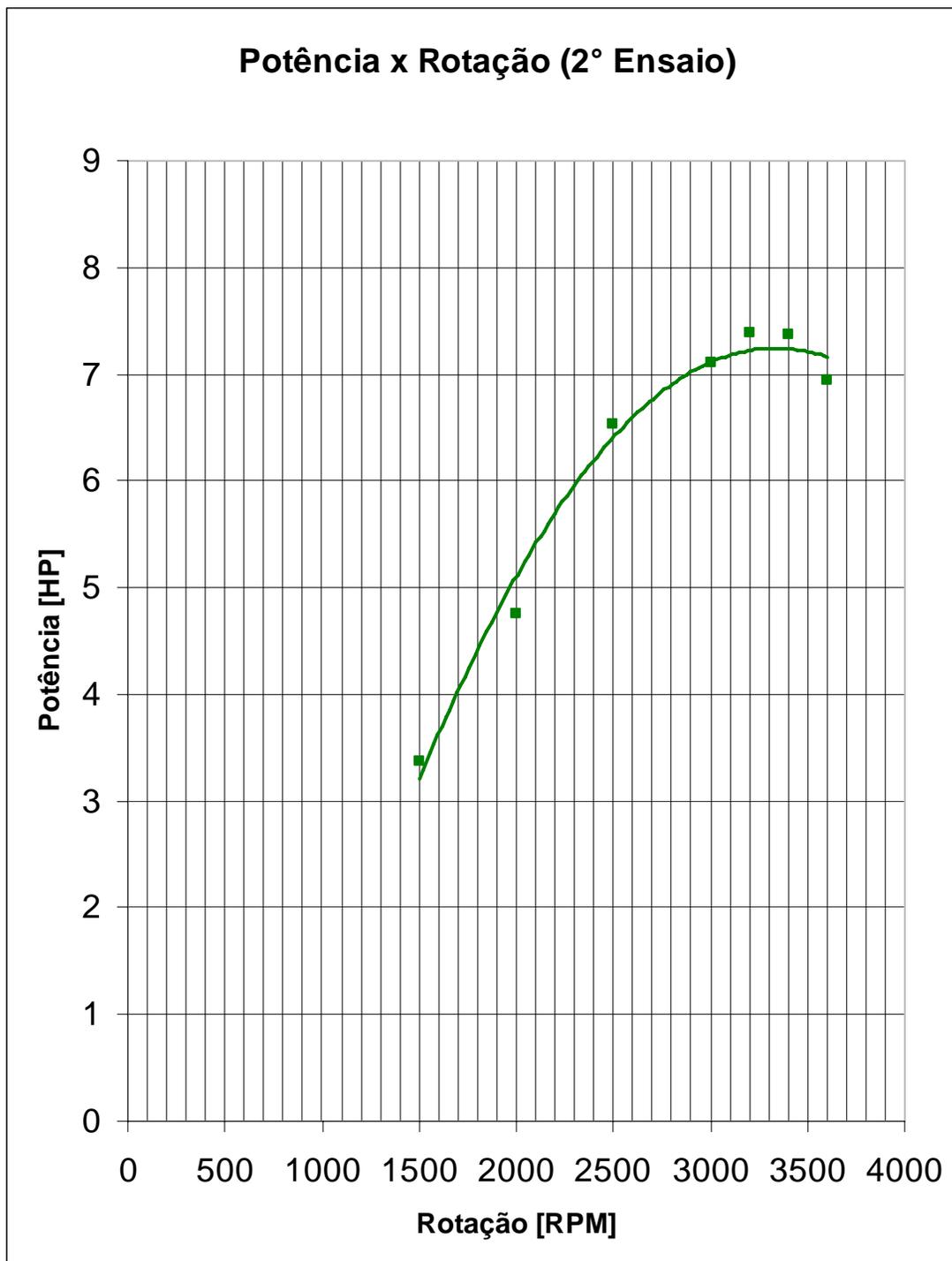


GRÁFICO 4 : Potência X Rotação (2º ENSAIO).



Gráficos do 1º e 2º ensaio que demonstram que as curvas permanecem obedecendo às características básicas de uma curva de potência x Rotação.

GRÁFICO 5 : Torque X Rotação (COMPARATIVO).

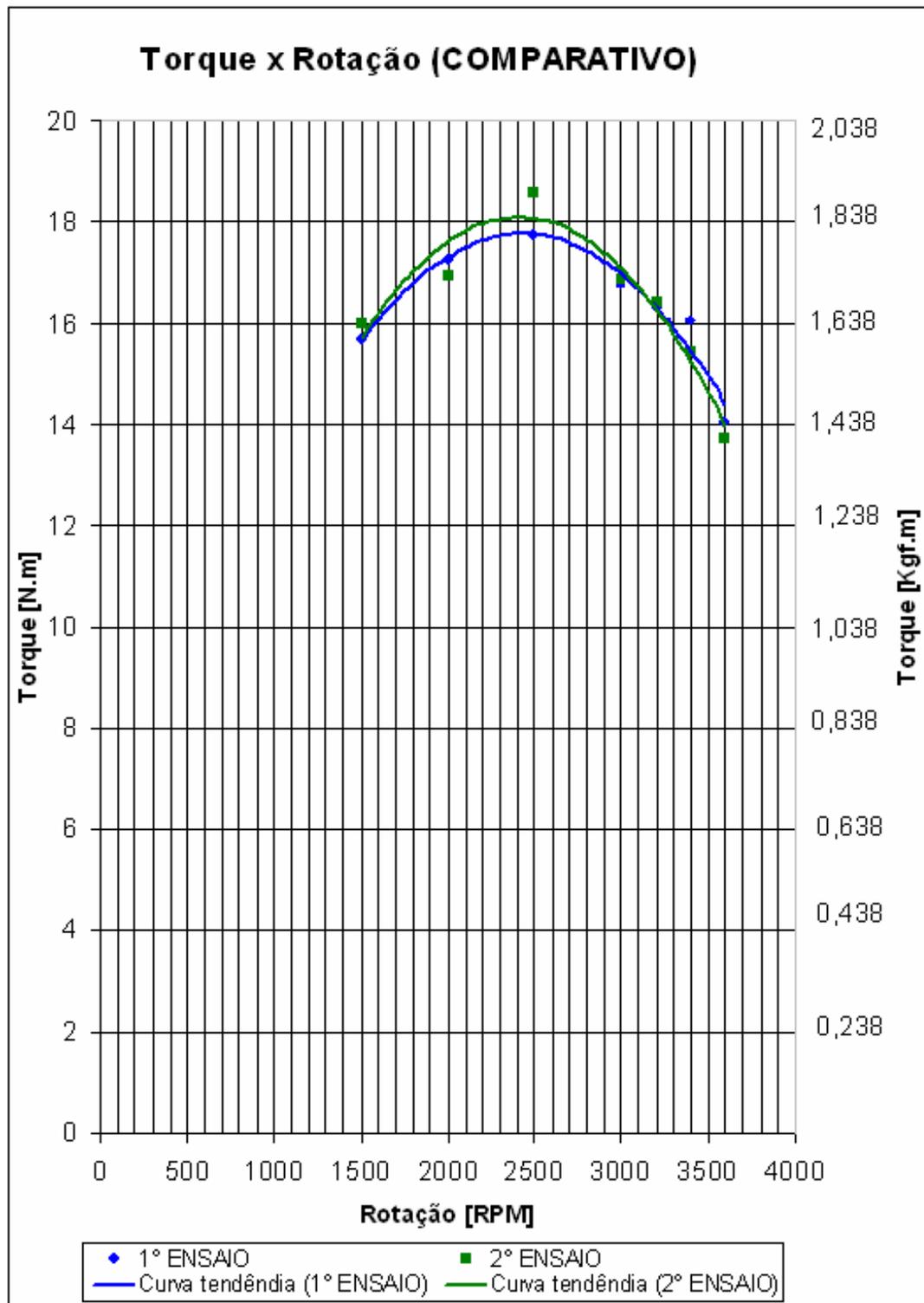


GRÁFICO 6 : Potência X Rotação (COMPARATIVO).

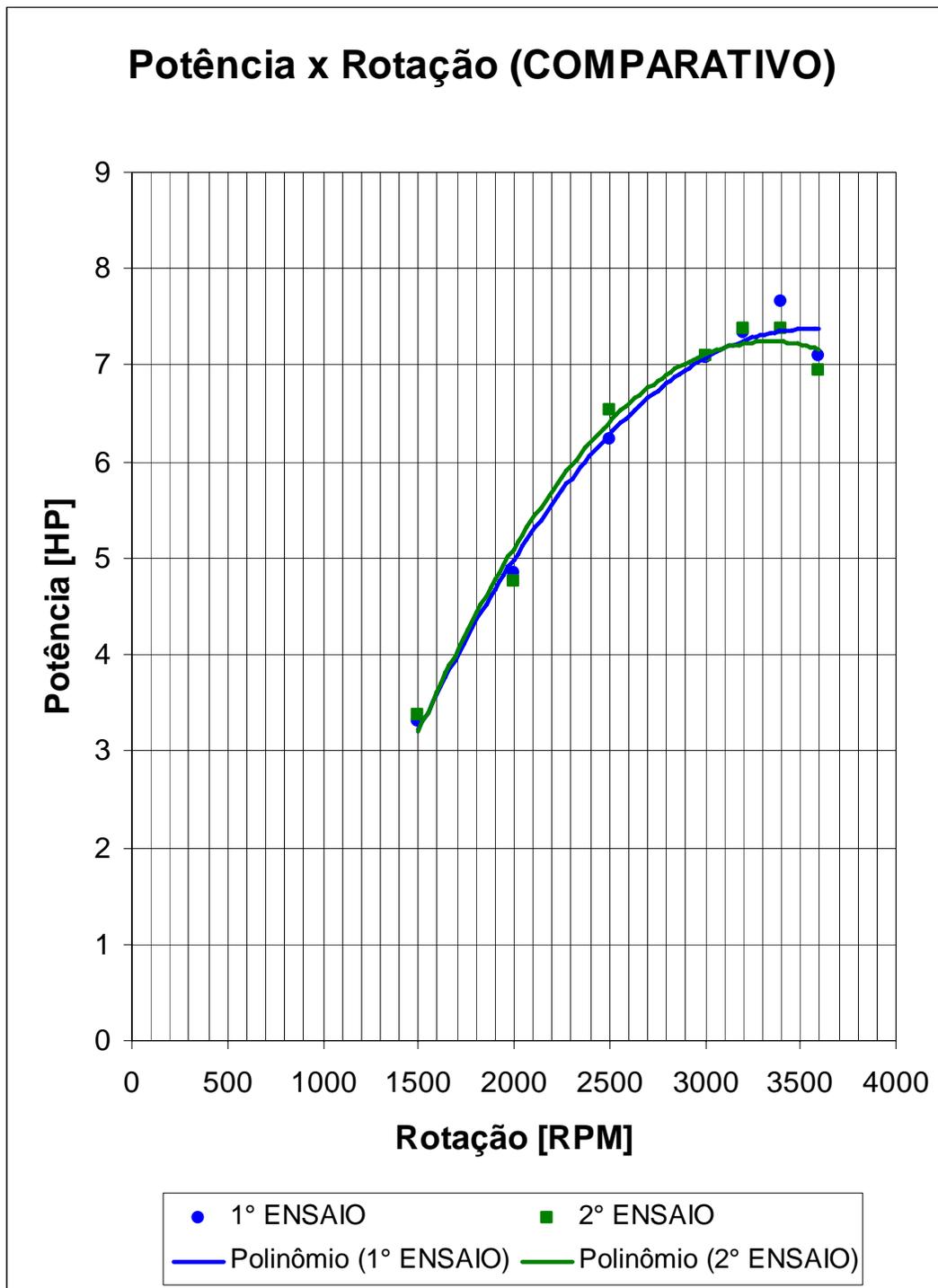


Gráfico que demonstra que as curvas de potência x rotação dos dois ensaios estão obedecendo a uma mesma tendência, apesar de estarem deslocados.

10 – COMENTÁRIOS E SUGESTÕES

Durante os ensaios foram observados alguns problemas. O principal problema foi em relação às mangueiras de saída do escapamento, que se aqueciam muito e acabavam diminuindo o seu diâmetro e alterando as condições do ensaio. Outro problema foi em relação à coleta de dados dos pontos mais extremos (alta e baixa rotação), pois a regulagem nas válvulas de saída e entrada de água são muito sensíveis, dificultando a estabilidade do sistema ou problema de faixa de absorção. Devido a esses fatos alguns pontos das curvas de potência x rotação e torque x rotação podem não representar as condições reais, o que pode explicar a diferença entre o 1º ensaio e 2º ensaio (**GRÁFICO 5** e **GRÁFICO 6**). Uma observação positiva foi em relação ao não aquecimento do estator, mesmo durante as altas rotações e baixa vazão de água.

Depois de concluído o projeto observamos algumas sugestões de implementação para possa fazer outros tipos de ensaios, melhorar a confiabilidade do ensaio:

- Melhorar o sistema de saída dos gases de tal forma que os gases saiam mais livremente para não oscilar o sistema
- Acelerador do motor
- Implementar instrumentos de medição de:
 - Temperatura ambiente
 - Umidade ambiente
 - Volume de ar que entra no motor em ΔT
 - Temperatura de saída dos gases
 - Concentração de monóxido de carbono na saída
 - Volume de combustível gasto em ΔT
 - Temperatura de saída da água do dinamômetro
 - Vazão de água no dinamômetro
 - Interligação do medidor de rotação e balança com um computador
 - Controle de vazão de água
 - Realizar teste com outros motores para se obter a curva de absorção
 - Modificar e melhorar o sistema de suspiro

11 – CUSTOS

A seguir a TABELA 6 com os gastos.

TABELA 6 : Custos

| Descrição | Quantidade | Preço Unitário | Preço Total |
|---|------------|----------------|-------------|
| Rolamento Fixo de Esfera 61805 2RS: | 2,00 un | R\$ 18,00 | R\$ 36,00 |
| Chapa de Alumínio 10mm X 250mm X 250mm | 2,00 un | R\$ 42,00 | R\$ 84,00 |
| Selo Mecânico INPIP 01- BP - 1": | 3,00 un | R\$ 20,00 | R\$ 60,00 |
| Espuma Caixa de Ovo: | 0,50 mm | R\$ 26,90 | R\$ 13,45 |
| Parafuso e Porca 10mm X 100 mm: | 8,00 un | R\$ 1,30 | R\$ 10,40 |
| Tubo Galvanizado 3/4" (interno): | 2,50 mm | R\$ 15,00 | R\$ 37,50 |
| Parafuso e Porca 5mm X 25mm | 27,00 un | R\$ 0,90 | R\$ 24,30 |
| Broca AR 3/16" : | 2,00 un | R\$ 3,50 | R\$ 7,00 |
| Broca AR 3/8" | 1,00 un | R\$ 13,00 | R\$ 13,00 |
| TOTAL | | | R\$ 285,65 |

12 – CONCLUSÃO

Avaliando os resultados obtidos, concluiu-se que o dinamômetro hidráulico do laboratório de combustão interna encontra-se em pleno funcionamento, podendo ser utilizado como objeto de estudo para a graduação.

Em relação aos primeiros resultados encontrados, podemos concluir que são satisfatórios e apresentou uma repetibilidade no ensaio aplicado.

Espera-se que este equipamento (**FIGURA 49**) possa acrescentar ainda mais o potencial de ensino à universidade, e a todos que também tenham interesse de estudo nessa área.

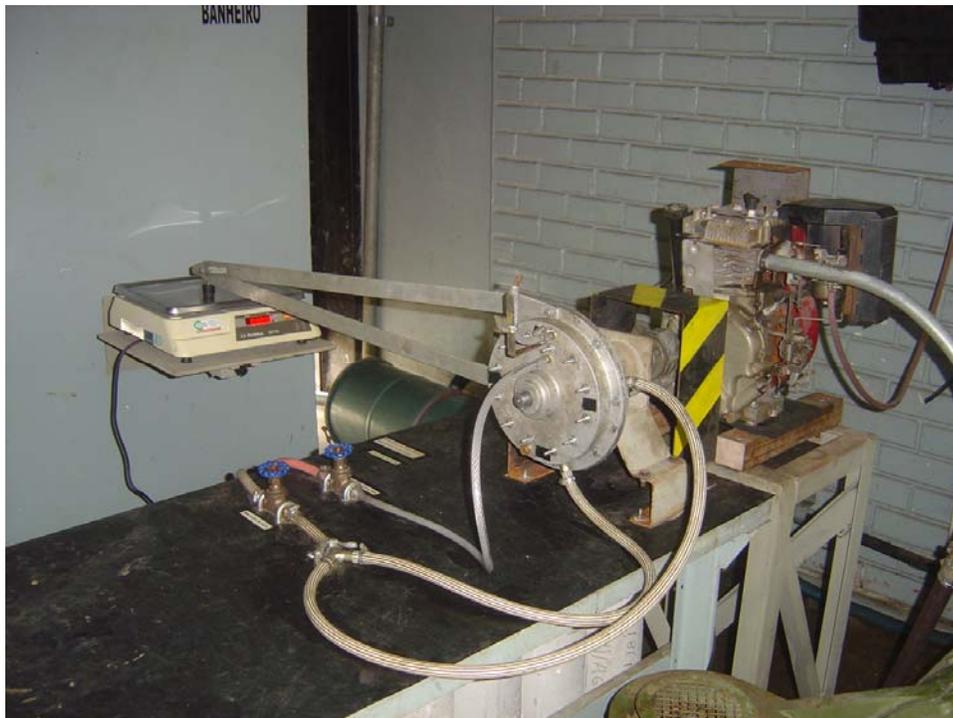


FIGURA 49 : Apresentação final da bancada de ensaio

10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 – ALFA INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS LTDA. **Células de carga, Balança Eletrônicas e sistemas de pesagem Estática e Dinâmica.** São Paulo, 2003.

Disponível em: <www.alfainstrumentos.com.br>

2 – MATOS, Alexandre Moura; ROCHA, Bernardo rocha. **Dimensionamento de um dinamômetro hidráulico.** Vitória: UFES, 2001

3 – CANDIDO, André Dias; NOGUEIRA, Renzo Nagem. **Construção do protótipo de um dinamômetro hidráulico.** Vitória: UFES, 2002

4 – PERIM, Bruno Wolff; VALLE, Bruno Chavier. **Melhoria estrutural, implantação de dispositivo de leitura de dados e testes do protótipo de um dinamômetro hidráulico.** Vitória: UFES, 2003

5 – INDÚSTRIAS FILIZOLA S.A.. **Equipamentos de Pesagem Eletrônicos e Mecânicos.** São Paulo, 2005. disponível em: <www.filizola.com.br> .

6 – INPACOM SELOS MECÂNICOS. **Selos Mecânicos.** São Paulo, 2001 Disponível em: <www.inpacom.com.br>

ANEXO A

A seguir o manual, do fabricante, da balança utilizada no projeto.



ILUSTRAÇÃO 1 :Manual da balança, capa.

ÍNDICE

| | |
|---|--------|
| 1. EMBALAGEM | pág.03 |
| 2. MONTAGEM | pág.04 |
| 3. LOCALIZAÇÃO E FUNÇÕES | pág.05 |
| 4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS | pág.06 |
| 5. INSTALAÇÃO | pág.06 |
| ASPECTOS LEGAIS | pág.06 |
| PRECAUÇÕES | pág.07 |
| CONEXÃO AO PDV / COMPUTADOR (RS 232) | pág.07 |
| CONEXÃO A REDE ELÉTRICA | pág.07 |
| VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO | pág.07 |
| EVENTUAIS ANORMALIDADES | pág.08 |
| 6. OPERAÇÃO DE PESAGEM | pág.08 |
| 7. USO DA TARA | pág.09 |
| 8. BATERIA INTERNA RECARREGÁVEL | pág.09 |
| 9. OPCIONAIS | pág.10 |
| INTERFACE USB (CONEXÃO AO COMPUTADOR) | pág.10 |
| BANDEJA PLÁSTICA | pág.10 |
| CABO PARA CONEXÃO A BATERIA | pág.10 |
| 10. CUIDADOS E MANUTENÇÃO | pág.10 |
| 11. TROCA DE FUSÍVEL | pág.11 |
| 12. GARANTIA | pág.11 |
| 13. ASSISTÊNCIA TÉCNICA | pág.11 |

ILUSTRAÇÃO 2 : Manual da balança, PAG 02.



ILUSTRAÇÃO 3 : Manual da balança, PAG 03.

2. MONTAGEM

Se a sua balança não possuir coluna vá diretamente ao passo f).

Cuidado: Ao manusear a sua balança, tome cuidado com o cabo de interligação do visor da coluna, evitando puxões ou esforços sobre o mesmo.

a) Apoie cuidadosamente a balança de ponta cabeça sobre uma superfície firme (ex.: mesa, bancada, etc.), de modo a deixar a base virada para cima e com sua lateral oposta as teclas, próxima à borda dessa superfície.

b) Com a balança virada para baixo, posicione o pé da coluna sobre os três furos com rosca localizados sob a balança, no lado oposto ao que se encontram as teclas.

c) Coloque os parafusos e, com o auxílio de uma chave de fenda, aperte-os fixando a coluna na base da balança. O parafuso menor deve ficar no centro da coluna (canaleta).

d) Insira o cabo excedente para dentro da coluna.

e) Retorne a balança para sua posição de trabalho.

f) Encaixe as arruelas de proteção e as borrachas nos pinos de apoio do prato. Depois posicione o prato de inox sobre as borrachas.

IMPORTANTE: Preste atenção no lacre da balança. Ele não deve encostar ou permanecer encostado no prato, pois isto causa erro na pesagem.

4

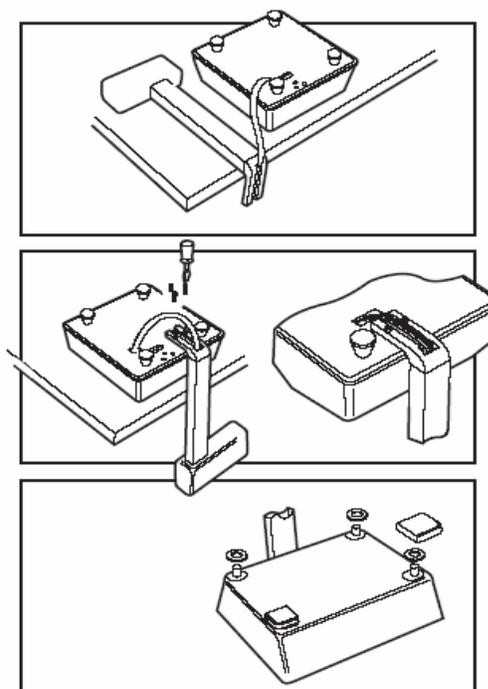
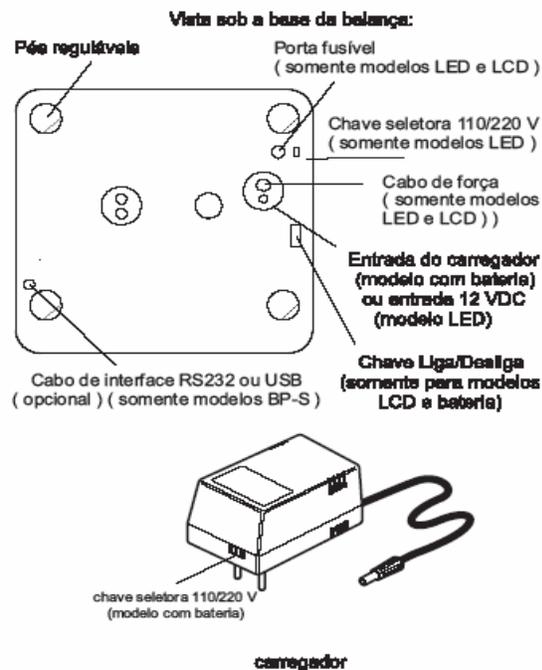
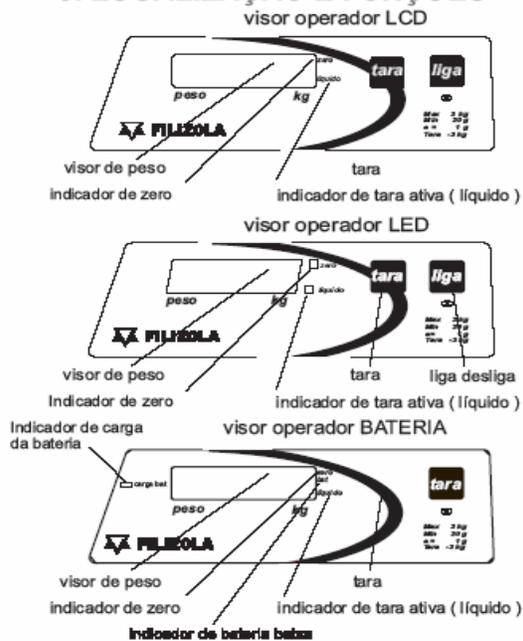


ILUSTRAÇÃO 4 : Manual da balança, PAG 04.

3. LOCALIZAÇÃO E FUNÇÕES



5

ILUSTRAÇÃO 5 : Manual da balança, PAG 05.

4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

| | Unidade | LED | | | | LCD | | | | BATERIA | | | |
|---------------|---------|---------------------------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | | BP/S 3 | BP/S 6 | BP/S 15 | BP/S 30 | BP/S 3 | BP/S 6 | BP/S 15 | BP/S 30 | BP/S 3 | BP/S 6 | BP/S 15 | BP/S 30 |
| Comprimento * | mm | | | | | | | | | | | | |
| Largura | mm | | | | | | | | | | | | |
| Altura prato | mm | | | | | | | | | | | | |
| Altura coluna | mm | | | | | | | | | | | | |
| Tamanho prato | mm | 270 x 340 | | | | | | | | | | | |
| Peso | Kg | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,8 |
| Capacidade | Kg | 3 | 6 | 15 | 30 | 3 | 6 | 15 | 30 | 3 | 6 | 15 | 30 |
| Divisões | g | 1 | 2 | 5 | 10 | 1 | 2 | 5 | 10 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| Carga mínima | g | 20 | 40 | 100 | 200 | 20 | 40 | 100 | 200 | 20 | 40 | 100 | 200 |
| Tara máxima | Kg | -3 | -6 | ** | *** | -3 | -6 | ** | *** | -3 | -6 | ** | *** |
| Consumo | W | 10 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Durante carga | W | | | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Temperatura | °C | -10 a +40 | | | | | | | | | | | |
| Voltagem | | 110 / 220 VAC ± 10, - 15% | | | | | | | | | | | |
| Frequência | | 50 / 60 HZ | | | | | | | | | | | |

* No caso de visor cliente na coluna, acrescentar 40mm ao comprimento.

** -9,995 kg .

*** -9,990 kg .

6

5. INSTALAÇÃO

Aspectos legais (somente para BP-S):

Conforme as informações já fornecidas através do boletim técnico n° 62.96.04-9 que lhe foi entregue no ato da venda, e que já devem ter sido verificadas:

Uma vez que sua balança operará conectada a um PDV emissor de cupom fiscal aprovado pela COTEPE/ICMS, onde o peso enviado pela balança será multiplicado por um preço por kg, gerando um total a pagar das mercadorias pesadas, o conjunto balança e PDV é entendido pelo INMETRO e IPEM como um instrumento computador de preço, e portanto sujeito a algumas exigências legais quando da sua instalação:

- Verifique junto ao fabricante do PDV ou seu representante, que a operação do mesmo em conjunto com a balança atenda a Legislação Metroológica vigente, e que já tenha sido submetida a apreciação do INMETRO, especialmente no que diz respeito as exigências relativas a instalação, uso e manutenção constantes do item 12 da Portaria INMETRO n° 236/94.

- Confirme se o PDV indica e imprime de forma correta o peso, o preço por kg e total a pagar referente aos artigos pesados, bem como as referências apropriadas do produto que está sendo pesado (nome, código, etc.).

- Providencie ainda uma chapa de identificação a ser fixada no instrumento de pesagem, em local de fácil visibilidade, contendo: o nome e endereço do

ILUSTRAÇÃO 6 : Manual da balança, PAG 06.

responsável pela automação, o número de registro no Órgão Metroológico responsável, número de identificação do programa (aplicativo conforme autorizado) operacional da automação e número(s) de identificação do ECF-IF (modular).

Verificação inicial pelo Órgão Metroológico Local

Apesar da balança já ter sofrido uma verificação inicial na fábrica, uma vez que trabalhará conectada a um PDV, é necessário que o conjunto (PDV + balança) sofra uma nova verificação no ato da instalação, e para tanto o IPEM da região deverá ser comunicado para executar o complemento da verificação inicial, de acordo com o Ofício circular n° 13/DIMEL, o que deve ser feito no prazo de até 15 dias do início das operações do equipamento.

Precauções:

Procure instalar a sua balança em local livre de altas temperaturas e da ação direta de correntes de ar muito fortes, tais como ventiladores. Dê preferência a locais de fácil visibilidade, tanto para o operador quanto para o consumidor, e onde não haja excesso de vibração.

Não sobrecarregue o prato da balança, mesmo quando não estiver em operação.

Conexão ao PDV/computador (somente para BP-S):

A interface de comunicação serial padrão RS-232, disponível no conector DB-9 existente no cabo de 3,5 m que sai da parte de baixo do equipamento, permite que se conecte a balança a qualquer interface serial padrão

RS232 de qualquer outro equipamento, enviando os dados referentes a cada pesagem todas as vezes em que o valor do peso for solicitado através da própria interface. Para o protocolo de comunicação consulte o Boletim Técnico 62.96.04-9.

Conexão a Rede Elétrica:

A sua balança LED ou BATERIA é dotada de sistema bi-voltagem manual (110-220V), sendo ajustada pela fábrica para tensão 220V. Caso sua rede seja 110V, altere a posição da chave localizada na base da balança (ou no carregador no caso da versão a bateria).

A sua balança LCD é dotada de sistema automático "full range", ajustando-se automaticamente a tensão disponível em sua rede elétrica.

Certifique-se das boas condições das instalações elétricas para a conexão da balança, sem que haja risco de curto-circuito ou mau contato (nunca utilize benjamins). Verifique especialmente a boa condição do aterramento da tomada utilizada.

Verificação de Funcionamento:

Acione a tecla LIGA/DESLIGA no painel (modelo LED) ou sob a balança (modelos LCD e Bateria). Os visores mostrarão, em cada um de seus dígitos, uma contagem regressiva automática de 9 até 0, em seguida aparecerá momentaneamente a palavra CALIB. Durante a contagem regressiva a balança efetuará um completo ciclo de auto-teste, para determinar se existe alguma anormalidade que impeça o seu bom funcionamento.

7

ILUSTRAÇÃO 7 : Manual da balança, PAG 07.

Após o auto-teste, a sua balança estará pronta para operar.

ATENÇÃO: Não coloque nenhum peso sobre o prato até que os visores indiquem zero.

Eventuais Anomalias:

Se a balança ao ser ligada, ou durante o seu funcionamento detectar alguma anomalia, a mesma será indicada através do display, de uma das seguintes formas:

Ao ligar a balança:

- Caso três traços horizontais apareçam piscando em cada um dos dígitos, significa que a balança foi zerada com carga sobre o prato. Retire a carga e ligue novamente.

- Caso apareça a indicação de *Erro < n >*, com $n = 1, 2, 3$ ou 4 , primeiramente tente desligar e ligar o equipamento novamente, caso a condição se repita, significa que seu equipamento tem algum problema interno e necessita a intervenção da Assistência Técnica Autorizada. Contate a assistência técnica autorizada mais próxima e informe o número do erro, de maneira a agilizar o conserto o seu equipamento.

Durante a operação:

- Caso traços horizontais apareçam na parte superior de cada dígito, significa que a carga sobre o prato ultrapassou a capacidade máxima do equipamento. Retire o excesso de carga.

- Caso traços horizontais apareçam na parte inferior de cada dígito, significa que o prato não está devidamente apoiado na balança ou foi retirado. Verifique o posicionamento do prato.

- Caso o indicador de bateria seja acionado, significa que a bateria interna está se descarregando, restando poucas horas de uso, e portanto deve ser novamente carregada por um período de 8 horas (somente no modelo com bateria).

- Caso apareça no visor a mensagem "bAtErf", impedindo totalmente a operação, significa que a bateria interna está descarregada a ponto de impedir a correta operação do equipamento, e portanto deve ser novamente carregada por um período de 8 horas (somente no modelo com bateria).

6. OPERAÇÃO DE PESAGEM

Para obter o peso de determinada mercadoria, coloque-a sobre o prato da balança. O visor indicará o peso da mercadoria.

8

ILUSTRAÇÃO 8 : Manual da balança, PAG 08.

7. USO DA TARA

Para fazer uso da tara, basta proceder da seguinte forma:

Coloque a embalagem ou recipiente a ser tarado sobre o prato da balança, que imediatamente determinará seu peso através do visor.

Tecla TARA para zerar o visor. O indicador de Líquido será ativado.

Coloque as mercadorias a serem pesadas na embalagem "tarada" e proceda à operação normal de pesagem.

Caso queira eliminar a memorização de tara, retire a mercadoria / embalagem do prato. O visor deverá mostrar um valor negativo referente a tara, após isso tecla TARA e o visor indicará ZERO. O indicador de Líquido será desativado e o indicador de ZERO será ativado.

Obs.1: As balanças BP e BP-S permitem uma só operação de tara, sendo necessário cancelar a operação de tara precedente, antes de que outra operação de tara possa ser realizada.

Obs.2: A função tara pode opcionalmente ser bloqueada, caso isto seja desejável na operação a qual a balança for destinada, desta maneira, a balança passará a indicar somente pesos brutos. Para isto, é necessária a intervenção de um técnico qualificado.

8. BATERIA INTERNA RECARREGÁVEL (somente para os modelos a bateria)

A bateria interna recarregável, permite que a balança seja operada por um período de até 120 horas de uso contínuo. Ao se descarregar a um nível que permita apenas poucas horas de uso o indicador de bateria baixa do painel será ativado. Ao se descarregar ainda mais chegando a um nível que não permita o bom funcionamento do equipamento, o visor da balança mostrará a mensagem "bAtErf", impedindo o funcionamento do equipamento. Uma vez que a bateria se descarregue, o processo de carga completo demora em torno de 8 horas.

Obs.: Os modelos a bateria possuem um indicador do processo de carga da bateria no painel:

- quando vermelho indica que a bateria está descarregada (0 a 70%)
- quando laranja indica que a bateria está em carga (70 a 90%) e
- quando verde que a mesma se encontra carregada (90 a 100%).

9

ILUSTRAÇÃO 9 : Manual da balança, PAG 09.

9. OPCIONAIS

A sua balança pode contar com os seguintes itens opcionais:

Interface USB, conexão a computador (somente para BP-S):

Este item opcional permite que a sua balança seja conectada a qualquer interface padrão USB de qualquer equipamento, enviando os dados referentes a cada pesagem, todas as vezes em que o valor de peso for solicitado através da própria interface.

Para maiores informações sobre como utilizar a interface USB, consulte os Boletins Técnicos 62.96.04-9 (Especificação saída serial RS-232 para BP-S), para o protocolo de comunicação, pois na interface USB o protocolo da balança permanece exatamente o mesmo utilizado na interface RS 232, e 62.06.05-2 (Comunicação com equipamentos Filizola pela Interface USB), para o modo de operação.

Bandeja plástica:

A sua balança pode contar com uma bandeja em plástico ABS, que se encaixa sobre o prato de inox, para facilitar as operações com itens a granel.

Cabo para conexão a bateria externa (somente para os modelos LED):

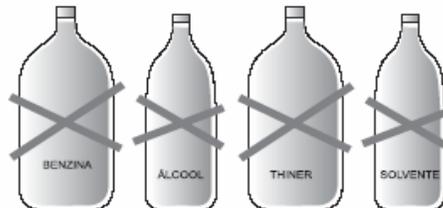
A sua balança com visor de LED, pode contar com um cabo para conexão a uma bateria externa de 12 V, de modo a operá-la em caso de falta de energia elétrica.

10

10. CUIDADOS E MANUTENÇÃO

Para garantir um perfeito funcionamento da sua Balança FILIZOLA, são necessários alguns cuidados, tais como:

- a) Não sobrecarregue o prato da balança, mesmo quando não estiver em operação.



- b) Utilize um pano úmido com sabão neutro para a limpeza da balança. Não utilize solventes, tais como benzina, thinner, álcool, etc.

- c) Nunca dirija jatos d'água diretamente sobre a balança.

- d) Ao transportar a balança de um local para outro, procure manuseá-la com cuidado.

- e) Procure colocar as mercadorias sobre o prato da balança com suavidade, lembrando-se sempre, tratar-se de um equipamento de alta sensibilidade.

ILUSTRAÇÃO 10 : Manual da balança, PAG 10.

11. TROCA DE FUSÍVEL

O modelo a BATERIA, conta com um circuito interno que protege automaticamente o equipamento, não possuindo fusível que possa ser trocado pelo usuário.

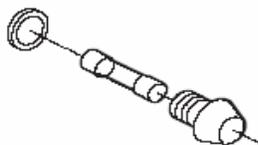
Para a troca de fusível nos modelos LED e LCD, proceda da seguinte forma:

Desligue a balança e desconecte-a da tomada de força. Retire o prato.

Incline a balança de forma a apoiá-la sobre sua lateral. Localize o porta-fusível na parte inferior da balança e, com a mão, gire a sua tampa, até que ele esteja totalmente solto.

Retire-o e substitua o fusível no seu interior, por outro de 0,3 A (Ampère) (tamanho \varnothing 5 x 20 mm).

O uso de fusível de capacidade diferente pode provocar danos ao equipamento. Se após a troca o fusível continuar queimando, chame a Assistência Técnica Autorizada.



12. GARANTIA

Guarde o "Termo de garantia" e a nota fiscal (ou cópia) da aquisição de sua balança. Tais documentos serão necessários na eventualidade de necessidade de manutenção durante o período de garantia.

Sua balança foi verificada e lacrada em fábrica pelos técnicos do IPEM, estando apta a ser utilizada tão logo for removida da embalagem. Certifique-se que o "selo de aferição" está afixado sob o prato da balança.

IMPORTANTE: O lacre localizado sob o prato da balança, deve ser mantido intacto. A sua violação ou tentativa de conserto da balança por pessoas não autorizadas, resultará no imediato cancelamento da garantia, além de possível autuação pelo IPEM.

13. ASSISTÊNCIA TÉCNICA

A FILIZOLA garante a Assistência Técnica e a reposição de peças originais através de sua rede de vendas. Procure o revendedor que efetuou a venda ou diretamente a :

Central de Atendimento Técnico FILIZOLA:
Grande São Paulo: (11) 6097-8811
Demais localidades: 0800-166-445
Ou pelo FAX: (11) 6096-3522
Email: astec@filizola.com.br

11

ILUSTRAÇÃO 11 : Manual da balança, PAG 11.



FILIZOLA

SISTEMA DA QUALIDADE ISO 9001



FILIZOLA
Indústrias Filizola S.A.
Rua Joaquim Carlos, 1236
CEP 03019-902 - São Paulo - Brasil
www.filizola.com.br

São Paulo
Vendas
Tel.: 0800 17 8077
Fax: 11 6693 9596

Assistência Técnica (Grande SP)
Tel.: 11 6097 8811 - Fax: 11 6096 3522
Demais Localidades
Tel.: 0800 166 445

Vendas e Assistência Técnica
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: 21 2501 6806 - Fax: 21 2501 5654

Porto Alegre - RS
Tel.: 51 3345 9500 - Fax: 21 3345 9696

Recife - PE
Tel.: 81 3465 6755 - Fax: 81 3465 6695

Vendas
Ribeirão Preto - SP
Tel./Fax: 16 624 2949

Belo Horizonte - MG
Tel./Fax: 31 3261 4111

Salvador - BA
Tel.: 71 359 1044

Curitiba - PR
Tel.: 41 3014 3377

Belém - PA
Tel.: 91 266 8811

13.40.58-4 RV3 0404

ILUSTRAÇÃO 12 : Manual da balança, PAG 12.

ANEXO B

B.1 – MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

B.1.1 – Verificações a serem feitas antes de dar a partida

Antes de colocar o dinamômetro em serviço, as seguintes verificações são indispensáveis:

- Verificar se há livre acesso ao dinamômetro para observação, calibração e possível manutenção;

- Verificar a montagem do acoplamento. Se possível girar o motor manualmente para constatar alguma possível restrição ao movimento;

- Inspeccionar todas as mangueiras e cabos conectados ao dinamômetro. Verificar se nenhum deles está interferindo com o movimento da carcaça.

- Inspeccionar o sistema de controle. Verificar se todos os sensores e transdutores estão corretamente instalados e se os cabos de controle se encontram corretamente interligados;

- Ligar a corrente de alimentação do painel de controle. Verificar as leituras dos indicadores. Todos devem estar "zerados". Caso contrário será necessário verificar a calibração;

- Verificar o funcionamento das válvulas de controle do fluxo de água;

- Inspeccionar o sistema de suprimento de água. Verificar as mangueiras, tubulações e conexões;

NUNCA OPERAR O DINAMÔMETRO COM A VÁLVULA DE SAÍDA COMPLETAMENTE FECHADA. O BLOQUEIO DO FLUXO DE ÁGUA PRODUZ ELEVAÇÕES DE TEMPERATURA E PRESSÃO, QUE PODERÃO DANIFICAR O EQUIPAMENTO E PROVOCAR ACIDENTES.

B.1.2 - Observações gerais sobre motores.

– Efetuar todas as conexões da instrumentação, combustível, escape de gases, comandos de aceleração, partida e parada.

B.1.3 – Procedimentos de operação.

– Abrir parcialmente a válvula de entrada de água;

– Abrir totalmente a válvula de saída de água;

– Partir o motor e deixá-lo funcionar em marcha lenta;

– Observar o comportamento do motor e do dinamômetro. Verificar a existência de vazamentos, vibrações, ruídos anormais, pressão da água, flutuações, fumaça no motor;

– Acelerar o motor para aproximadamente 1,5 vezes a sua rotação de marcha lenta. (carga de aquecimento);

– Após a estabilização das temperaturas de água e óleo lubrificante, continuar o processo, elevando a rotação do motor até a máxima aceleração;

– Ao se imprimir a aceleração máxima controlar nas válvulas de saída e de entrada de água até a rotação desejada, conforme explicado na característica de operação;

– Para retirar a carga do motor, primeiro fechar a válvula de controle de entrada.

– Depois de o motor funcionar durante algum tempo, pode ser necessário o desligamento do mesmo para não superaquece-lo.

– Após completar o teste, deixar o motor funcionar na rotação de marcha lenta por alguns minutos. Em seguida parar o motor, fechar completamente a válvula de entrada de água;

B.1.4 – Cuidados.

Durante a operação do dinamômetro, observar sempre a temperatura da água, o torque e a RPM, não permitindo que os valores máximos sejam ultrapassados.

Para prevenir desgaste prematuro do selo mecânico de carvão, a água de selagem deve circular sempre que o dinamômetro esteja em operação.

Qualquer vazamento de água através do selo mecânico é descarregado para a atmosfera através do dreno existente na parte inferior da carcaça. É necessário inspecionar periodicamente a existência desses vazamentos. Saída de vapor d'água ou eventualmente algumas gotas, indica passagem de água pelo selo. A passagem de água através do selo, continuamente, irá provocar corrosão e falhas dos rolamentos.

Enquanto o dinamômetro não estiver em operação, a válvula de controle de saída deve ser mantida completamente aberta. Quando o dinamômetro for permanecer parado por períodos mais longos, deve ser mantido apoiado sobre um suporte com a extremidade do eixo voltada para cima. Esta precaução previne que a água que ainda possa restar no interior da câmara do rotor tenha contato com o selo mecânico.

Quando o dinamômetro estiver operando sob carga, o tubo de respiro da câmara do rotor deve permanecer livre, para manter a pressão atmosférica no seu interior.

B.1.5 – Roteiro de testes do motor.

Antes de iniciar os testes de potência do motor, certificar-se de que está de posse dos procedimentos de testes. Um modelo de relatório de testes deverá ser adotado para o registro dos valores medidos durante a realização dos testes.

B.1.6 – Diagnóstico de falhas.

TABELA 7 : Diagnóstico de falha

| PROBLEMA | CAUSA PROVÁVEL | AÇÃO CORRETIVA |
|--|--|--|
| Dinamômetro não marca carga. | Suprimento de água insuficiente. | Aumentar a pressão da água. |
| | Dinamômetro está completamente carregado. A válvula de controle de entrada está completamente aberta. | Verifique a curva de absorção de potência. Feche um pouco a válvula de controle de saída. |
| Dinamômetro não descarrega. | Válvula de controle de saída parcialmente fechada. | Abra a válvula de controle de saída. |
| | Contrapressão excessiva na linha de saída da água. | Verifique e modifique diâmetro e comprimento da linha de descarga. |
| Temperatura alta da água na saída. | Fluxo de água inadequado. | Aumente o fluxo de água abrindo as válvulas de entrada e saída da água simultaneamente. |
| Flutuações excessivas de velocidade e torque. | Flutuações no suprimento de água. | Ajuste a válvula de alívio. |
| | Flutuações da saída de potência do motor. | Ajuste o suprimento de combustível ao motor. |
| | Características do dinamômetro incompatíveis com as características do motor. | Aumente ou reduza o fluxo de água para alterar as características do dinamômetro. |
| Excesso de vibração | Montagem inadequada. | Verifique e reaperte todos os parafusos de fixação. |
| | Sujeira ou desgaste no eixo ou acoplamento. | Limpar as estrias do eixo. Se necessário, substituir o eixo. |
| | Rolamentos defeituosos. | Substitua os rolamentos |
| Vazamento excessivo de água pelos pontos de drenagem. | Desgaste do selo de carvão. | Substituir o selo. |

B.2 – MANUTENÇÃO.

B.2.1 – Durante a operação do dinamômetro:

Periodicamente proceder a inspeções no equipamento e sistema de suprimento de água quanto a vazamentos. Reapertar braçadeiras.

Inspeccionar as saídas de dreno quanto à presença de vapor d'água ou gotejamentos. Vazamentos pelos drenos indicam desgaste dos selos de carvão. Substituir os selos e vedações quando necessário.

B.3 – LUBRIFICAÇÃO

O eixo e os rolamentos são lubrificados de fábrica. A graxa se deteriora com o tempo. É recomendado que se faça a relubrificação a cada dois anos ou 1000 horas de operação.