



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

MURILLO TOMAZELLI PÚBLIO
RICARDO JOSÉ BORGES DE ABREU

**PROJETO DE BANCADA PARA
ENSAIOS DINAMOMÉTRICOS DE
PEQUENOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**

VITÓRIA
2007

MURILLO TOMAZELLI PÚBLIO
RICARDO JOSÉ BORGES DE ABREU

PROJETO DE BANCADA PARA ENSAIOS DINAMOMÉTRICOS DE PEQUENOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Juan Sergio Romero Saenz.

VITÓRIA
2007

MURILLO TOMAZELLI PÚBLIO
RICARDO JOSÉ BORGES DE ABREU

PROJETO DE BANCADA PARA ENSAIOS DINAMOMÉTRICOS DE PEQUENOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em 13 de julho de 2007.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Juan Sergio Romero Saenz
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Fernando César M. Menandro
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli
Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

Atualmente, a utilização da tecnologia de motores de combustão interna se faz presente em um sem número de aplicações, desde a movimentação de simples veículos até o fornecimento de energia mecânica para complexos sistemas industriais. Nos motores de combustão interna a energia química dos reagentes é transformada em energia mecânica durante a combustão, onde o produto é o próprio fluido de trabalho. Geralmente os motores empregados são de quatro tempos, isto é, transmite-se trabalho a cada quatro cursos do pistão – ou duas rotações. Dentre os ciclos de motores mais empregados, citam-se o ciclo Otto e o ciclo Diesel. Um conhecimento prévio das curvas características de motores semelhantes fornece uma base confiável para o operador realizar o ensaio assim como para a apresentação dos resultados. Uma operação inadequada do ensaio pode causar severos danos ao motor e distorções nos dados obtidos durante o ensaio. Neste trabalho propõe-se projetar uma bancada para ensaios dinamométricos de pequenos motores de combustão interna. Este projeto estabelecerá quais os componentes necessários das instalações de teste, os procedimentos do ensaio e a forma de apresentação dos resultados obtidos. No projeto serão considerados todos elementos de captação de dados assim como seus fornecedores. Os requisitos serão baseados para motores de, no máximo, quatro HP, e o dimensionamento da estrutura levará em conta o aproveitamento do dinamômetro hidráulico presente no laboratório de motores do Centro Tecnológico. Suas atividades terão o apoio do Departamento de Engenharia Mecânica da UFES.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Curso do pistão..... | 10 |
| Figura 2 - Corte de um motor do ciclo Otto – Componentes típicos..... | 11 |
| Figura 3 - Motor do ciclo Diesel..... | 12 |
| Figura 4 – Motor de 4 Tempos - 1º Tempo..... | 14 |
| Figura 5 – Motor de 4 Tempos - 2º Tempo..... | 14 |
| Figura 6 – Motor de 4 Tempos - 3º Tempo..... | 15 |
| Figura 7 – Motor de 4 Tempos - 4º Tempo..... | 15 |
| Figura 8 – Motor de dois tempos - 1º tempo. | 16 |
| Figura 9 - Motor de dois tempos - 2º tempo. | 17 |
| Figura 20 - Dinamômetro de sapata..... | 18 |
| Figura 21 – Dinamômetro hidráulico existente no laboratório. | 20 |
| Figura 10 – Exemplo de curvas de potência, torque e consumo do motor..... | 21 |
| Figura 11 – Uma bancada de teste de motores. | 23 |
| Figura 12 – Estrutura metálica da bancada..... | 24 |
| Figura 13 – Perfil da estrutura..... | 24 |
| Figura 14 – Vista explodida da bancada. | 26 |
| Figura 15 – Base do Motor | 27 |
| Figura 16 – Braço do dinamômetro | 28 |
| Figura 17 – Painel. | 30 |
| Figura 18 – Rodinha fixa.. | 31 |
| Figura 19 – Rodinha giratória com freio.. | 31 |
| Figura 22 – Tacômetro digital de painel (TAC 703)..... | 32 |
| Figura 23 - Extensômetro ou <i>Strain-Gage</i> | 33 |
| Figura 24 – Ponte de Wheatstone..... | 33 |
| Figura 25 - Célula de carga da série CSA..... | 34 |
| Figura 26 – Dimensões da célula de carga.. | 34 |
| Figura 27 – Indicador MMK 2030.. | 35 |
| Figura 28 – Medidor de vazão..... | 36 |
| Figura 29 - Esquema de funcionamento. | 36 |
| Figura 30 – Indicador de Vazão. | 37 |
| Figura 31 – Termoresistência (PT-100)..... | 38 |
| Figura 32 - Indicador de Temperatura..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Figura 33 – Desenho esquemático de um dinamômetro hidráulico..... | 43 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| RESUMO..... | 4 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA..... | 10 |
| 2.1. CONCEITOS NECESSÁRIOS..... | 10 |
| 2.2. CLASSIFICAÇÃO..... | 10 |
| 2.2.1. Motores do Ciclo Otto..... | 11 |
| 2.2.2. Motores Ciclo Diesel..... | 12 |
| 2.3. TEMPOS DO MOTOR..... | 13 |
| 2.3.1. Motor de Quatro Tempos..... | 13 |
| 2.3.2. Motor de Dois Tempos..... | 16 |
| 2.4. DINAMÔMETROS..... | 17 |
| 2.4.1. Freio de Prony..... | 17 |
| 2.4.2. Dinamômetro Hidráulico..... | 19 |
| 2.5. CURVAS CARACTERÍSTICAS..... | 20 |
| 3. BANCADA..... | 23 |
| 3.1. ESTRUTURA METÁLICA DA BANCADA..... | 23 |
| 3.1.1. Base do Motor..... | 26 |
| 3.1.2. Braço do Dinamômetro..... | 28 |
| 3.1.3. Painel da Bancada..... | 29 |
| 3.1.4. Rodinhas..... | 30 |
| 3.2. EQUIPAMENTOS, ACESSÓRIOS E INSTRUMENTAÇÃO..... | 31 |
| 3.2.1. Tacômetro..... | 32 |
| 3.2.2. Célula de Carga..... | 33 |
| 3.2.3. Medidor e Indicador de consumo de combustível..... | 35 |
| 3.2.4. Sensor e indicador de temperatura..... | 37 |
| 4. CUSTOS..... | 40 |
| 5. ENSAIOS TÍPICOS REALIZADOS EM BANCADAS DINAMOMÉTRICAS..... | 41 |
| 5.1. TESTE DE VELOCIDADE VARIÁVEL..... | 41 |
| 5.2. OPERAÇÃO DO DINAMÔMETRO..... | 42 |
| 5.3. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS..... | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS..... | 44 |
|--|-----------|

| | |
|---|-----------|
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 45 |
|---|-----------|

APÊNDICE A – Desenho da Bancada

APÊNDICE B – Tabela de Dados para Ensaio de Motores

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos combustíveis tendo em vista uma melhora da performance das máquinas motoras, a redução da emissão de poluentes ou ainda a redução do preço dos mesmos fizeram tornar-se necessário a comparação de desempenho das máquinas que transformam energia química em energia mecânica. Tratam-se dos motores de combustão interna.

Nos motores de combustão interna o fluído de trabalho consiste nos produtos da combustão. A pressão destes produtos durante a explosão determina o impulso que atua sobre o pistão. A força exercida sobre o pistão é transmitida para o virabrequim em forma de torque. O produto do torque com a rotação do eixo é igual a potência disponível na saída do motor. Estes dados devem ser coletados a fim de se levantar as curvas características dos motores.

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto para uma bancada de testes de motores.

2. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

2.1. CONCEITOS NECESSÁRIOS

O ponto morto superior (PMS) e o ponto morto inferior (PMI), são as posições onde o êmbolo muda de sentido de movimento estando no seu máximo (PMS) ou no seu mínimo (PMI), conforme a Figura 1.

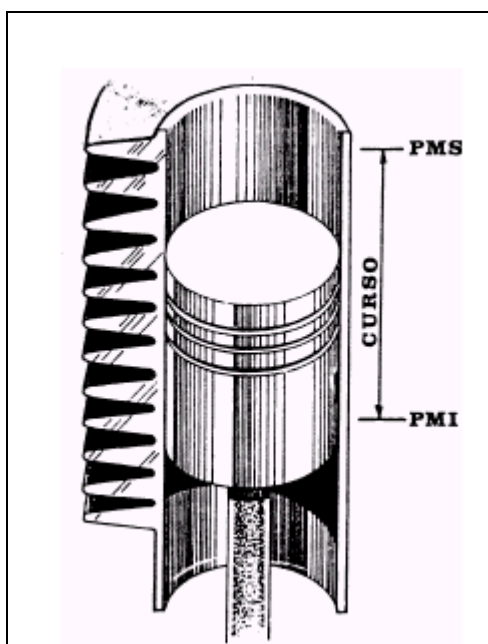


Figura 1 - Curso do pistão. [MARTINELLI JR, 2003].

2.2. CLASSIFICAÇÃO

Os motores de combustão interna podem ser classificados de diversas formas: quanto ao número de tempos (dois ou quatro), tipo de ciclo (Otto, diesel). Neste trabalho trataremos apenas dos motores alternativos, pois estes são mais comuns e estarão presentes para ensaios na bancada.

2.2.1. Motores do Ciclo Otto

Motores que normalmente são alimentados por gasolina, álcool ou gás natural (metano) e que têm a ignição provocada por centelha em uma vela. Estes motores também são conhecidos por motor de ignição por centelha – ICE. O combustível é introduzido na corrente de ar que flui no coletor de admissão através do carburador, ou do sistema de injeção eletrônico ou ainda através de válvulas redutoras de pressão de gás. Na Figura 2 podemos ver os componentes típicos de um motor do ciclo Otto.

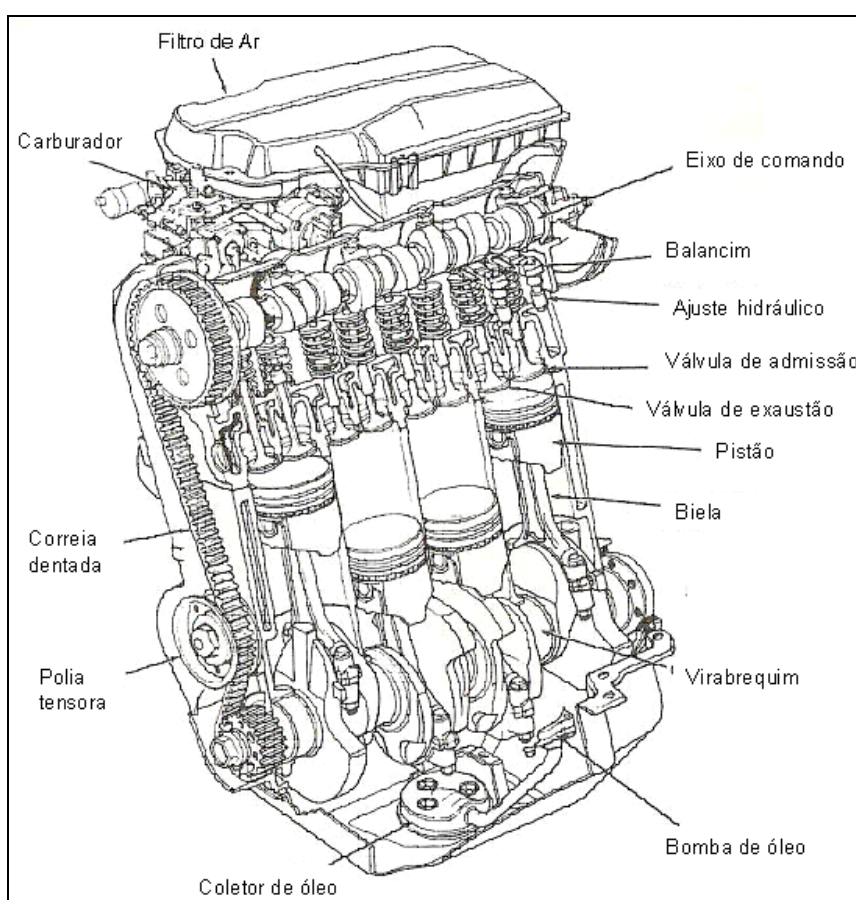


Figura 2 - Corte de um motor do ciclo Otto – Componentes típicos. [STONE, 1985].

Estes motores têm o ciclo de operação realizado em quatro ou dois tempos. A maioria dos motores de automóveis é do ciclo Otto de quatro tempos. Os motores de dois tempos são mais utilizados em motocicletas, aparadores de grama e pequenas unidades de geração de energia elétrica.

2.2.2. Motores Ciclo Diesel

Os motores do ciclo Diesel normalmente são alimentados por óleo Diesel ou óleos vegetais e têm a combustão iniciada por auto-ignição do combustível injetado em uma massa de ar que é comprimida até ultrapassar a temperatura de ignição do combustível usado.

O combustível é injetado no interior da câmara de combustão por meio de uma bomba mecânica de alta pressão, que é acionada por uma transmissão de correia interligada ao eixo principal do motor. Na Figura 3 podemos ver este mecanismo e os componentes típicos de um motor diesel.

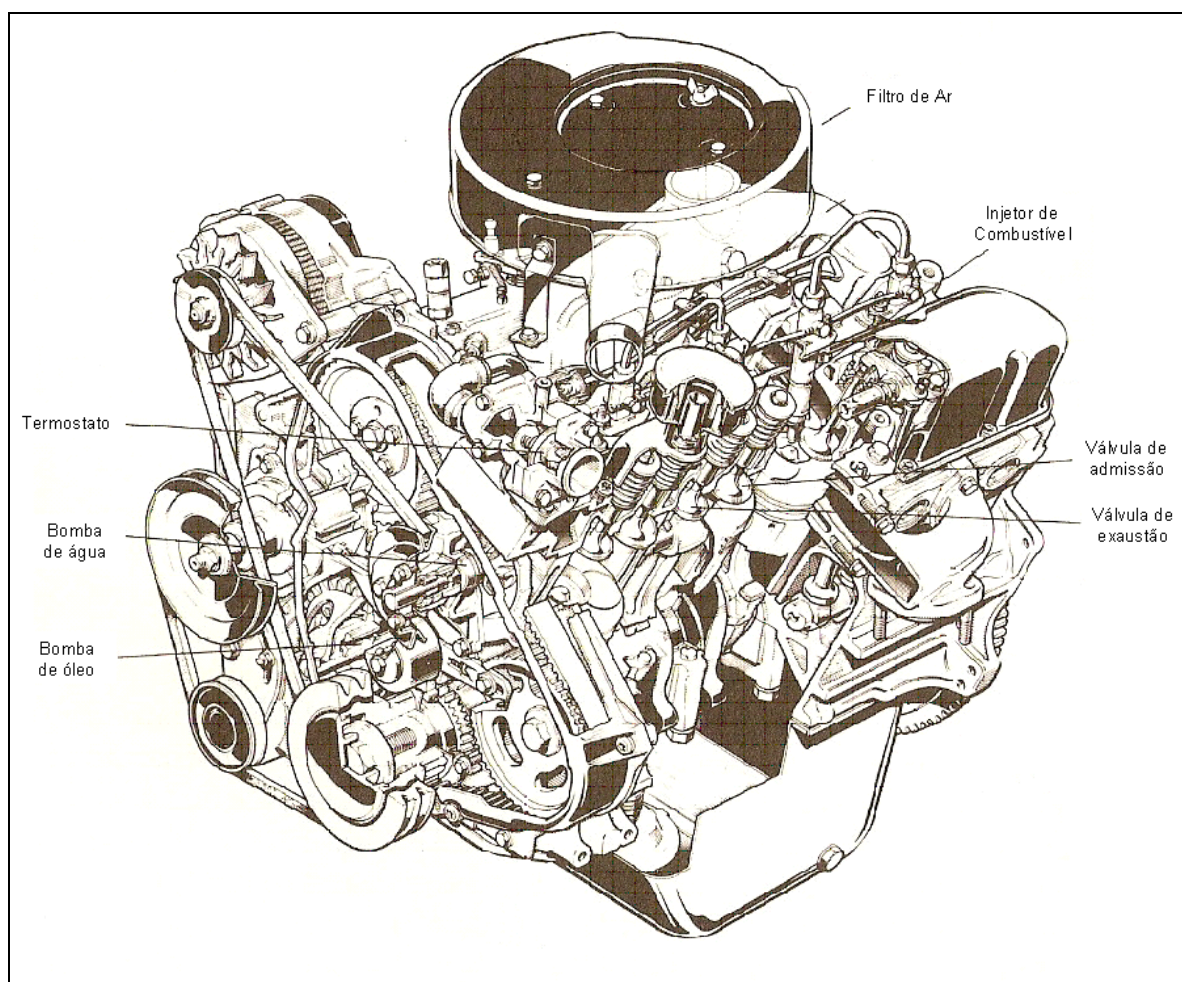


Figura 3 - Motor do ciclo Diesel. [STONE, 1985].

Estes motores também são denominados motores de ignição por compressão – ICO. Além disso, têm o ciclo de operação realizado em quatro ou dois tempos, sendo que

a maioria dos motores de caminhões e ônibus é do ciclo Diesel de quatro tempos. Os motores de dois tempos no ciclo diesel são raros.

2.3. TEMPOS DO MOTOR

O ciclo pode ser explicado da mesma maneira para qualquer motor alternativo, seguindo esta sequência:

- O combustível é introduzido no cilindro;
- A mistura ar-combustível é comprimida, consumindo trabalho que deve ser fornecido;
- A mistura entra em combustão;
- Ocorre a expansão dos gases resultantes da combustão, gerando trabalho;
- Os gases são eliminados do processo.

Ainda, nos motores a pistão, este ciclo pode completar-se de duas maneiras:

- Ciclo de trabalho de quatro tempos;
- Ciclo de trabalho de dois tempos.

2.3.1. Motor de Quatro Tempos

No motor de quatro tempos, o ciclo se completa a cada quatro cursos do pistão, de onde vem a sua denominação. Durante os quatro tempos – ou duas rotações – o trabalho é transmitido ao pistão apenas uma vez.

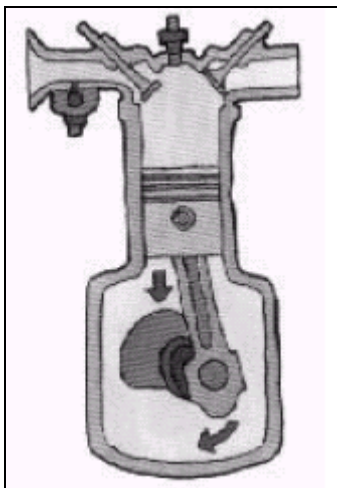


Figura 4 – Motor de 4 Tempos - 1º Tempo. [MARTINELLI JR, 2003].

1º Tempo - Curso de Admissão

Estando o pistão no PMS, o mesmo começa a descer estando aberta a válvula de admissão (VA) e fechada a válvula de descarga (VD), Figura 4. O êmbolo, ao descer gera uma redução de pressão no interior do cilindro, fazendo com que a mistura ar-combustível seja aspirada (Ciclo Otto) ou somente ar (Ciclo Diesel) até o PMI, quando a VA se fecha, cumprindo-se meia volta do virabrequim (180°).

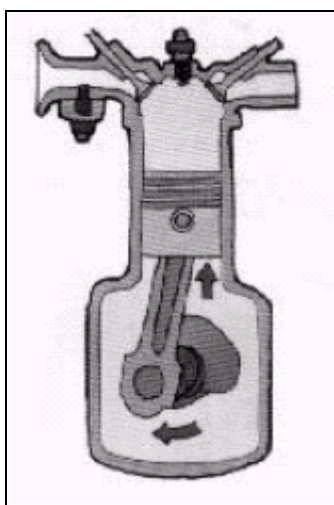


Figura 5 – Motor de 4 Tempos - 2º Tempo. [MARTINELLI JR, 2003].

2º Tempo - Curso de Compressão

Estando VA e VD fechadas, à medida que o pistão desloca-se para o PMS, o mesmo comprime o conteúdo do cilindro, aumentando a sua temperatura e pressão interna, Figura 5. O virabrequim gira outros 180°, completando o primeiro giro (volta completa - 360°).

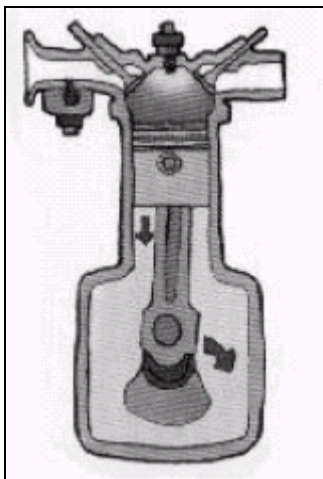


Figura 6 – Motor de 4 Tempos - 3º Tempo. [MARTINELLI JR, 2003].

3º Tempo - Curso de Combustão e Expansão

Nesta fase produz-se a energia que será transformada em trabalho mecânico. Pouco antes de o pistão atingir o PMS com VA e VD fechadas, a mistura ar-combustível é queimada. Para motores do ciclo Diesel, neste momento é injetado o combustível. A energia liberada nesta combustão dá origem a uma força no êmbolo, deslocando-o do PMS ao PMI. Esta força é transmitida do êmbolo, através da biela, ao virabrequim girando-o (executa meia volta - 180°).

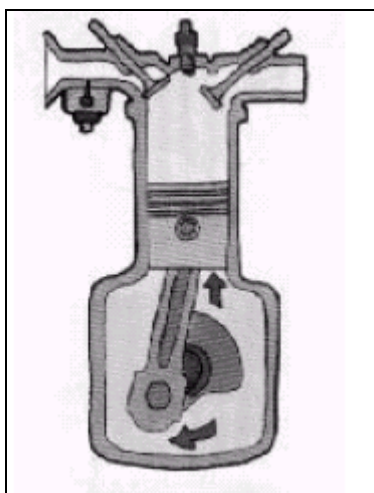


Figura 7 – Motor de 4 Tempos - 4º Tempo. [MARTINELLI JR, 2003].

4º Tempo - Curso de Escape

Com a VA fechada e a VD aberta, o êmbolo, ao deslocar-se do PMI para o PMS, onde VD se fecha, expulsa os produtos da combustão. O virabrequim executa outra meia volta - 180° , completando o ciclo (720°).

2.3.2. Motor de Dois Tempos

Os motores de dois tempos combinam em dois cursos do êmbolo as funções dos motores de quatro tempos, sendo assim, há um curso motor para cada volta do virabrequim. Normalmente estes motores não têm válvulas, eliminando-se o uso de tuchos, hastes, etc. O cárter, que possui dimensões reduzidas, recebe a mistura ar-combustível e o óleo de lubrificação. Deve ser cuidadosamente fechado, pois nele se dá a pré-compressão da mistura.

Durante o 1º tempo (curso de admissão e compressão), Figura 8, o êmbolo dirige-se ao PMS, comprimindo a mistura ar-combustível. As janelas de escape e carga são fechadas, abrindo-se a janela de admissão. Com o movimento do êmbolo, gera-se uma pressão baixa dentro do cárter e assim, por diferença de pressão admite-se uma nova mistura ar-combustível-óleo lubrificante, que será utilizado no próximo ciclo. Pouco antes de atingir o PMS, dá-se a centelha, provocando a combustão da mistura, gerando uma força sobre o êmbolo. Inicia-se então o próximo ciclo.

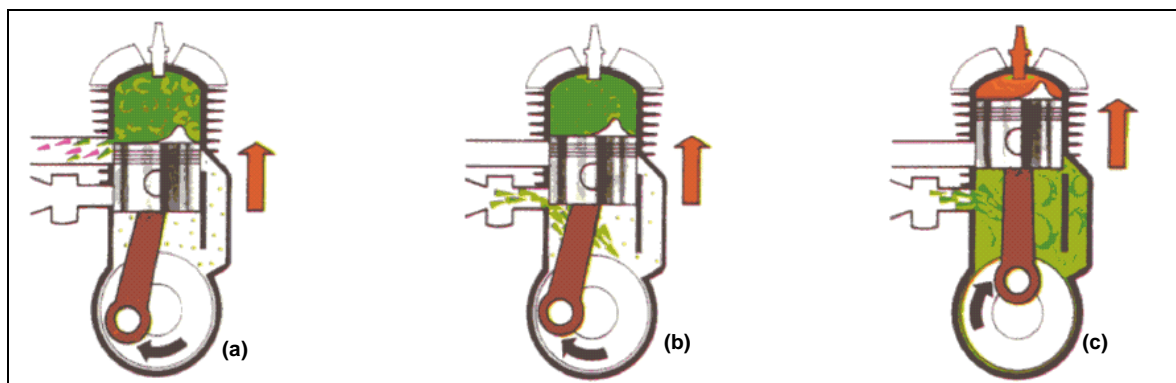


Figura 8 – Motor de dois tempos - 1º tempo: (a) O pistão sobe e fecha as janelas de admissão e lavagem. (b) Ele inicia a compressão e já abre a janela de admissão. (c) Ocorre a explosão e a nova mistura já entrou. [MARTINELLI JR, 2003].

O 2º tempo (combustão e escape), Figura 9, é o curso de trabalho. No PMS, dado início à combustão por meio de uma centelha (*spark*), o êmbolo é forçado até o PMI. Durante o curso, o êmbolo passa na janela de descarga dando vazão aos gases da combustão. Ao mesmo tempo o êmbolo abre a janela de carga permitindo que uma

nova mistura ar-combustível entre no cilindro preparando-o para o novo ciclo e forçando os gases provenientes da combustão para fora (lavagem).

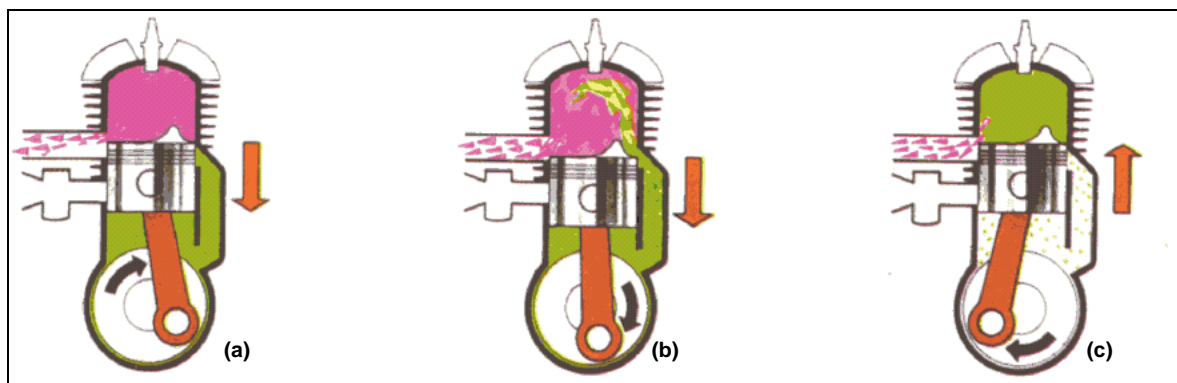


Figura 9 - Motor de dois tempos - 2º tempo: (a) O pistão desce, abre a janela de escape e fecha a de admissão. (b) A nova mistura ajuda a expulsar os gases. (c) Os gases saíram e a mistura prepara-se para novo ciclo. [MARTINELLI JR, 2003].

2.4. DINAMÔMETROS

Dinamômetro é o equipamento capaz de medir a potência, trabalho executado na unidade de tempo, de um motor em suas diversas condições de funcionamento. Para facilitar o entendimento do princípio de funcionamento do dinamômetro hidráulico que será utilizado na bancada iremos primeiramente explicar o funcionamento do dinamômetro por atrito, conhecido como Freio de Prony.

2.4.1. Freio de Prony

É constituído por um volante circundado por uma cinta conectada a um braço cuja extremidade se apóia sobre a plataforma de uma balança. O volante, acionado pelo motor, tem o seu movimento restringido pela pressão aplicada à cinta, que transmite o esforço ao braço apoiado sobre a balança. A partir das leituras da balança, calcula-se o esforço despendido pelo motor.

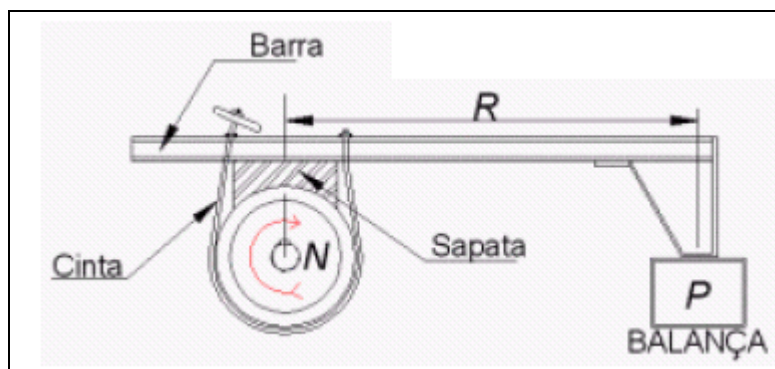


Figura 10 - Dinamômetro de sapata. Rotação do motor N. Comprimento do braço R. Leitura da balança P.

Com os elementos da Figura 10 e sabendo-se que a periferia do volante percorre, no intervalo de uma rotação, a distância $2\pi r$ contra a força de atrito f , aplicada pela cinta, em cada rotação, tem-se:

$$Trabalho = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot f , \quad (1)$$

onde: r = raio do volante e f = força de atrito.

O conjugado resistente ao atrito é formado pelo produto da leitura P da balança pelo valor do comprimento do braço de alavanca R e será exatamente igual ao produto r vezes f , conjugado que tende a mover o braço. Logo: $r \cdot f = P \cdot R$ e, em uma rotação, $Trabalho = 2 \cdot \pi \cdot P \cdot R$. Se o motor funcionar a N rpm, o trabalho por minuto será dado por: $\tau = 2 \cdot \pi \cdot P \cdot R \cdot N$.

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

$$HP = \frac{2\pi \cdot P \cdot R \cdot N}{33000} \Rightarrow HP = \frac{P \cdot R \cdot N}{5252} , \quad (2)$$

onde: P = leitura da balança em libras, R = comprimento do braço em pés e N = rotação em rpm, ou:

$$CV = \frac{2\pi \cdot P \cdot R \cdot N}{4500} \Rightarrow CV = \frac{P \cdot R \cdot N}{716,2}, \quad (3)$$

onde: P = leitura da balança em kg, R = comprimento do braço em metros e N = rotação em rpm.

O Freio de Prony apresenta vários inconvenientes operacionais, destacando-se o fato de manter a carga constante independente da rotação empregada. Então, se a rotação cai, em virtude do motor não suportá-la, a rotação irá diminuir até a parada total do mesmo.

2.4.2. Dinamômetro Hidráulico

Levando-se em conta os inconvenientes operacionais do Freio de Prony utilizam-se em bancada normalmente dinamômetros hidráulicos, os quais são mais versáteis, em que a carga aplicada varia em razão diretamente proporcional ao cubo da rpm. Se a rotação cair, a carga imposta pelo dinamômetro diminuirá, dando tempo ao operador de reajustar a carga e corrigir a velocidade para o valor desejado.

Na Figura 11 temos o dinamômetro hidráulico, que será aproveitado, existente no laboratório de motores do Centro Tecnológico da UFES.

Nos dinamômetros hidráulicos o freio é exercido pela ação de um rotor, que pressionando água contra aletas fixas na carcaça, produz o mesmo efeito físico que no Freio de Prony. 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. Este esforço é transmitido, por meio de um braço, a uma balança instalada a uma distância fixa da linha de centro do dinamômetro.

Para que funcione, é necessário o suprimento de um fluxo de água contínuo, para absorver a energia mecânica e trocar o calor gerado no processo.

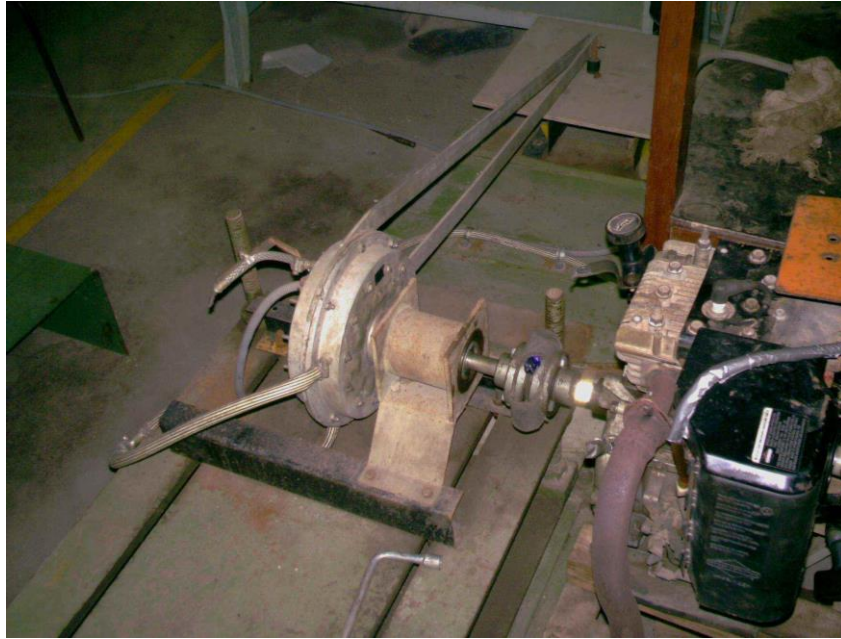


Figura 11 – Dinamômetro hidráulico existente no laboratório.

2.5. CURVAS CARACTERÍSTICAS

O torque do motor depende diretamente do impulso transmitido pelos pistões ao virabrequim. Ele informa, portanto, de modo preciso, sobre o enchimento dos cilindros e sobre a força explosiva da carga aspirada. Ele é representado pelo produto da força e distância:

$$T = F \cdot d , \quad (4)$$

onde: F = força e d = tamanho do braço da força.

A potência de um motor é determinada pela quantidade de trabalho que ele pode fornecer em um segundo, isto é, pelo número de joules por segundo (J/s). Um joule por segundo equivale a um watt (W). Um método prático para o cálculo da potência é a multiplicação do torque e rotação:

$$P = T \cdot n , \quad (5)$$

onde: T = torque e n = rotação.

Com o auxílio do medidor instantâneo de vazão mede-se com exatidão o consumo volumétrico do combustível. Sabendo a temperatura e com base em uma fonte de dados (tabelas ou gráficos) obtém-se a densidade, e com esta calcula-se o consumo mássico (g/h). Para obter o consumo específico de combustível q [g/kWh] divide-se a vazão mássica pela potência medida, podendo assim plotar a curva do consumo específico em função da rotação do motor. Esta curva de consumo informa sobre os regimes econômicos do motor.

$$q = \frac{\dot{m}_c}{P}, \quad (6)$$

onde: \dot{m}_c = vazão mássica do combustível e P = potência do motor.

Como exemplos das curvas características de motores temos na Figura 12 as curvas de potência, torque e consumo específico.

Normalmente a curva de potência é a mais solicitada, ela é o resultado do torque motor e da velocidade em *rpm*. Assim, o seu comportamento está intimamente relacionado com suas variações, constata-se que ela atinge o seu máximo a um regime relativamente elevado.

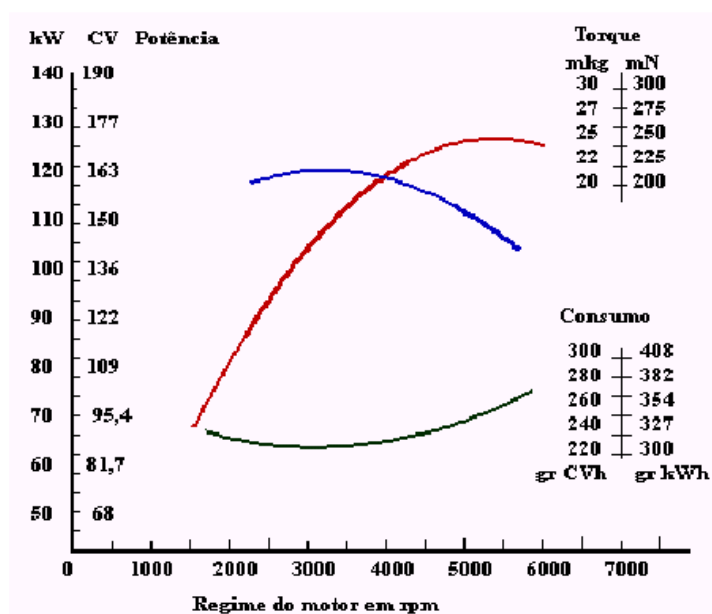


Figura 12 – Exemplo de curvas de potência, torque e consumo do motor.

Outra curva que pode ser plotada é a curva do rendimento térmico, ou da eficiência global, que vem a ser a relação entre a energia útil fornecida no eixo pelo motor e a energia disponível no combustível:

$$\eta = \frac{\tau}{m_c \cdot PCI} = \frac{1}{q \cdot PCI}, \quad (7)$$

onde: τ = trabalho, m_c = massa de combustível, PCI = poder calorífico inferior do combustível e q = consumo específico de combustível.

O rendimento térmico pode ser escrito em função de termos absolutos, onde τ é o trabalho útil [kcal], m_c é a massa de combustível [kg] e PCI é o poder calorífico Inferior [kcal/kg]; ou em termos relativos, onde q é o consumo específico de combustível [g/kWh].

3. BANCADA

A bancada deverá ser compatível com o dinamômetro existente. Ela deverá ser projetada com uma estrutura metálica compacta e provida de rodinhas para facilitar o deslocamento. No projeto tivemos como base a bancada mostrada na Figura 13. Entretanto, em busca de um custo menor, a bancada apresentará menos componentes de controle levando assim a aplicações mais simples.

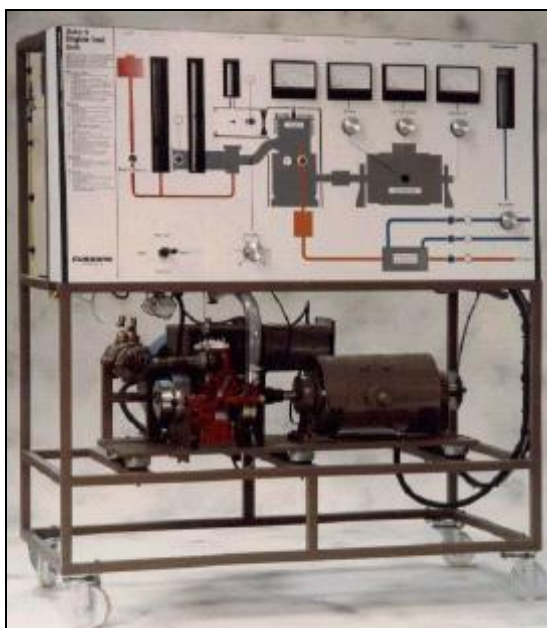


Figura 13 – Uma bancada de teste de motores. [CUSSENS, 2007].

Como vemos na Figura 13 uma bancada de teste para motores de combustão interna deve conter, basicamente, um dinamômetro, uma célula de carga, sensores (medidores de vazão e temperatura), painel com os indicadores, tanque de combustível e uma base para fixar o motor.

3.1. ESTRUTURA METÁLICA DA BANCADA

A estrutura metálica da bancada deve conter espaço físico suficiente para a instalação dos componentes e também foi projetada com a finalidade de dar melhor acesso para a instalação dos equipamentos. Esses detalhes são mostrados na Figura 14.

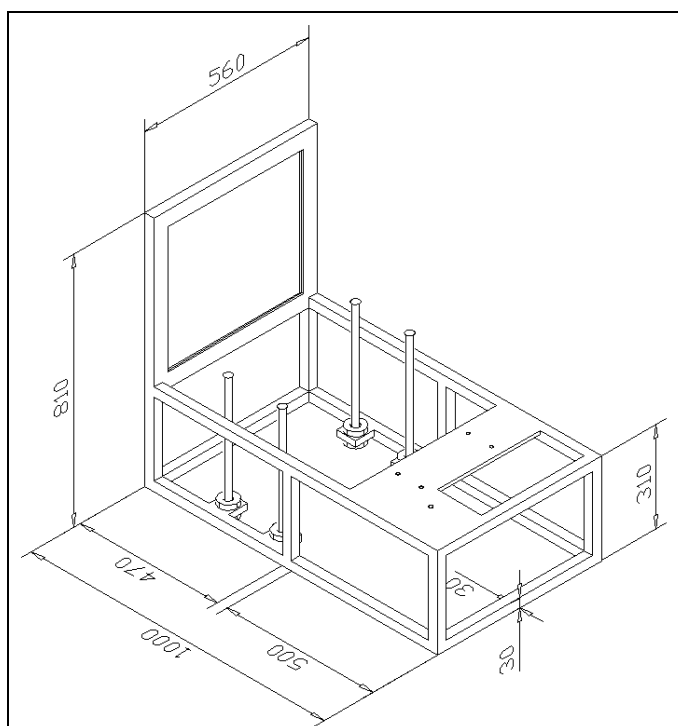


Figura 14 – Estrutura metálica da bancada

O dimensionamento da estrutura foi feito com base na aplicação prática. Ela deve suportar furos, tanto os de projeto quanto os furos para adaptações futuras, e possuir área suficiente para a execução das soldas existentes nas diversas juntas. Para isso, as barras possuirão um perfil quadrado de seção oca conforme a Figura 15.

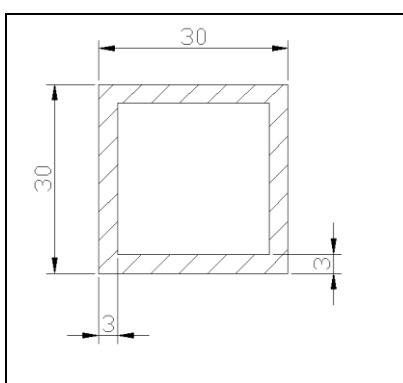


Figura 15 – Perfil da estrutura.

Para esta seção escolhida foi feito o cálculo da força máxima em um local de distância máxima entre apoios. A inércia da seção é calculada da seguinte maneira:

$$I = 2 \cdot \left(\frac{0,030 \cdot 0,003^3}{12} + 0,030 \cdot 0,003 \cdot 0,0135^2 + \frac{0,003 \cdot 0,024^3}{12} \right) = 3,9852 \times 10^{-8} m^4.$$

Considerando o material aço A-36 e um fator de segurança igual a dois, encontramos a força máxima a ser suportada pela barra:

$$M = \frac{F}{2} \cdot \frac{0,500}{2} = 0,125 \cdot F$$

$$\frac{\sigma_e}{FS} = \frac{M \cdot y}{I} \rightarrow \frac{200 \times 10^6}{2} = \frac{0,125 \cdot F \cdot 0,015}{3,9852 \times 10^{-8}} \rightarrow F = 2125 N$$

Com o resultado obtido podemos perceber que a estrutura suportará bem as exigências de esforços.

Na Figura 16 temos os principais componentes da bancada e seus respectivos lugares previstos na estrutura. O tanque de combustível será fixado na parte superior da bancada com a finalidade de não haver necessidade de uma bomba. Este será fixado na parte superior esquerda para não gerar interferência com os componentes do painel que estão previstos para o canto superior direito. O dinamômetro estará fixo na estrutura e possuirá um braço no qual transferirá a força para a célula de carga. Há um furo previsto na estrutura metálica para a fixação da célula de carga. O painel foi projetado na parte frontal fornecendo maior conforto e segurança ao operador.

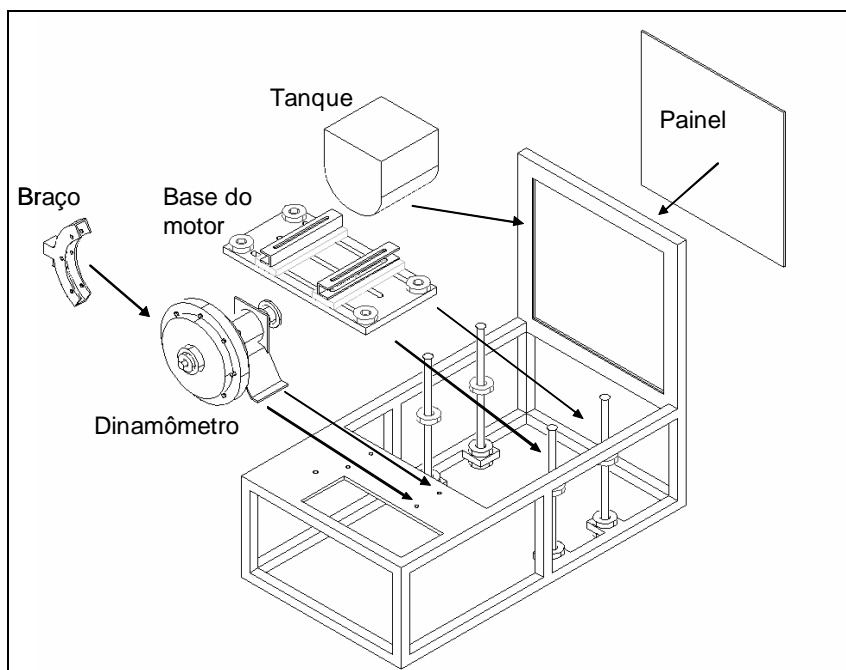


Figura 16 – Vista explodida da bancada.

3.1.1. Base do Motor

Para que o ensaio ocorra da forma esperada e que a bancada se adapte a diversos motores, é necessário que a base do motor tenha algumas características:

- Ser provida de um sistema que permita uma regulação de altura e distância do motor possibilitando que diversos tipos de motores possam ser corretamente alinhados ao dinamômetro, o qual permanecerá fixo;
- Possuir um sistema de absorção de vibrações, mesmo para este caso em que os motores serão de pequeno porte.

Na Figura 17 podemos ver o sistema da base de forma detalhada. Nesse sistema teremos os eixos do motor e do dinamômetro sempre paralelos. O sistema possui um funcionamento bem simples, os quatro furos presentes nas extremidades da Peça 1 possibilitarão o movimento vertical do motor através de parafusos vistos na Figura 14. Ainda na Peça 1 estão presentes três rasgos paralelos que permitirão um movimento horizontal perpendicular aos eixos, já os rasgos presentes na Peça 2 permitirão o movimento na horizontal paralelo aos eixos. É necessário que a Peça 2

tenha um perfil U, pois além de proporcionar a fixação de dois componentes, a Peça 1 abaixo e o motor acima, ela também garante o acesso para o aperto das porcas quando montada na posição correta, como na Figura 17.

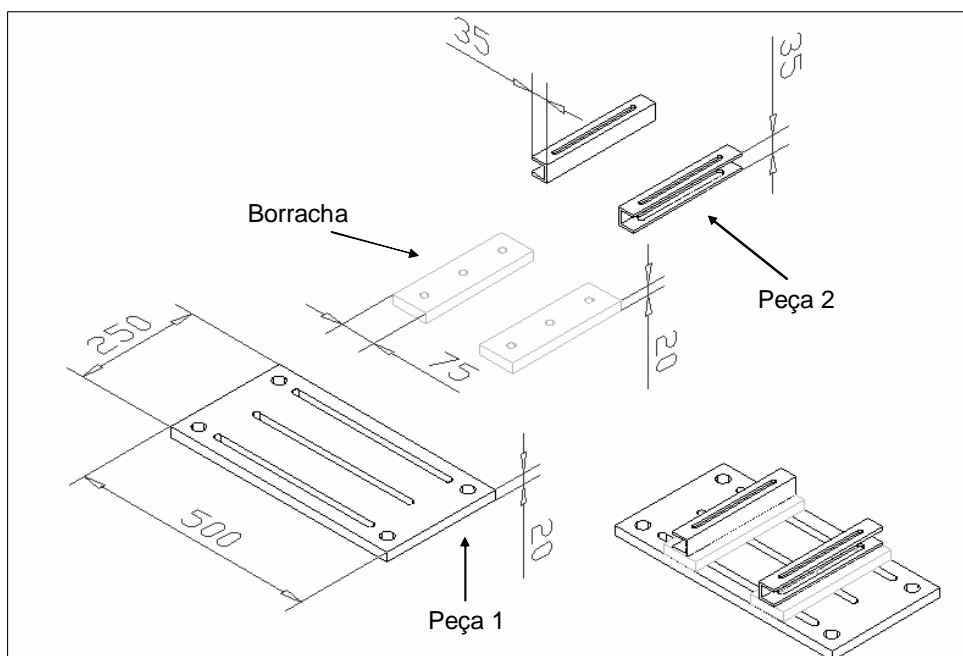


Figura 17 – Base do Motor

Entre as duas peças deverá ser colocada uma borracha para absorver as vibrações do motor. As vibrações são pequenas para motores de até 4 hp. Assim, as dimensões das borrachas foram estimadas baseadas na já existente. Se houver vibrações na bancada pode-se aumentar a dimensão das borrachas. As borrachas possuem furos por onde passarão os parafusos que fixarão a Peça 2 na Peça 1.

O importante no dimensionamento é que a estrutura sofra mínimas flexões, para que não seja afetado o alinhamento dos eixos. Para uma viga simplesmente apoiada o seu deslocamento máximo, v_{\max} , pode ser expresso e calculado pela fórmula:

$$v_{\max} = \frac{-P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}, \quad (8)$$

onde P é a carga máxima, neste caso suposta 1500 N; L é a distância entre os apoios, que vale 435 mm; E é o módulo de elasticidade do material, para o aço A-36 vale 200 GPa; e I é o momento de inércia da seção transversal. Substituindo os

valores na equação temos $V_{\max} = \frac{-1500 \cdot 0,435^3}{48 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot \frac{0,25 \cdot 0,02^3}{12}} = 0,077 \text{ mm}$. Assim, vemos

que a deflexão, mesmo que para condições extremas, não afetará no alinhamento do motor de forma considerável.

3.1.2. Braço do Dinamômetro

O braço transfere o momento do dinamômetro para a célula de carga e deve resistir a esse esforço. A fixação do braço ao dinamômetro será feita aproveitando três parafusos já existentes, como mostrado na Figura 18. As dimensões que serão usadas estão mostradas no Apêndice A.

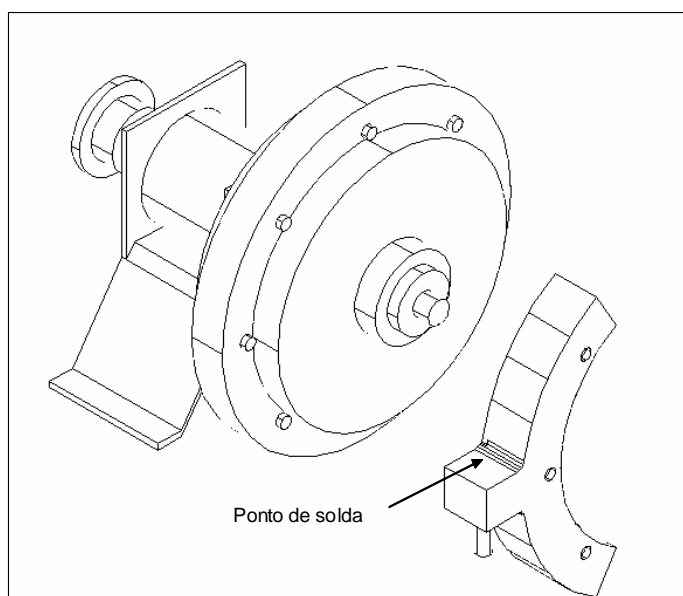


Figura 18 – Braço do dinamômetro

O braço será dotado de um parafuso para encaixe na célula de carga, esse parafuso já possui medidas padronizadas tendo em vista que a célula de carga já possui um furo padronizado.

O cálculo dos esforços no braço do dinamômetro é feito baseando-se no momento fornecido pelo dinamômetro. Sendo o fator de transformação de HP para Watt igual

a 745,7 e supondo um motor de 4 hp (capacidade máxima da bancada). Temos:
 $4 \cdot 745,7 = 3728,5W$.

Supondo que o motor atinja a potência máxima no seu regime mínimo de funcionamento e supondo este ser de aproximadamente 1000 RPM, assim:

$$P = T \cdot N, \text{ logo: } T = \frac{P}{N} = \frac{3728,5}{1000 \cdot \pi/30} = 35,6 N \cdot m.$$

A solda presente deverá resistir a um momento e a uma força cortante. Sendo o braço de comprimento igual a, aproximadamente, 165 mm, temos: $T = F \cdot d$,
 $F = T/d = 35,6/0,165 = 215,75 N$.

Para o momento, temos:

$$\begin{aligned} \sum M &= 0 \\ M - F \cdot d &= 0 \\ M &= 215 \cdot \frac{0,035}{2} = 3,8 N \cdot m \end{aligned}$$

3.1.3. Painel da Bancada

O painel da bancada deverá servir não apenas para a instalação dos indicadores, mas também para um certo controle do ensaio. Nele, constarão as válvulas de entrada e saída de água do dinamômetro, que serão de extrema importância no controle da carga do motor. Também ficará instalado o acelerador, que controlará a rotação do motor, como pode ser visto na Figura 19. E por fim, possuirá duas chaves: uma para o motor, caso este necessite de ignição, e uma chave geral para ligar os instrumentos de medição e indicação.

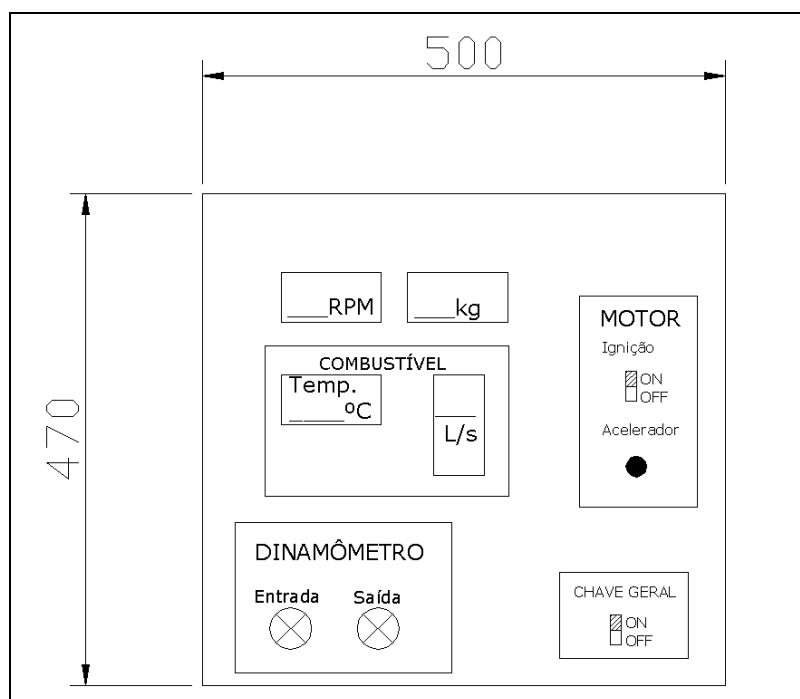


Figura 19 – Painel.

3.1.4. Rodinhas

Para facilitar a locomoção da bancada, a mesma será provida de rodinhas. Foram selecionadas quatro, sendo duas delas móveis e providas de sistema de frenagem (Figura 21) que serão instaladas do lado do painel. Do outro lado ficarão as outras duas que serão fixas (Figura 20).

As rodinhas possuem as seguintes especificações:

| | |
|-------------------------------|--|
| Diâmetro das rodas: | 100 mm |
| Largura das rodas: | 35 mm |
| Altura total: | 128 mm |
| Capacidade de carga: | 125 kg |
| Capacidade de carga estática: | 250 kg |
| Peso aproximado: | 970 gramas |
| Fornecedor: | Rodimag |
| | www.rodimag.com.br |
| | Tel.: (11) 5572 - 4604 |

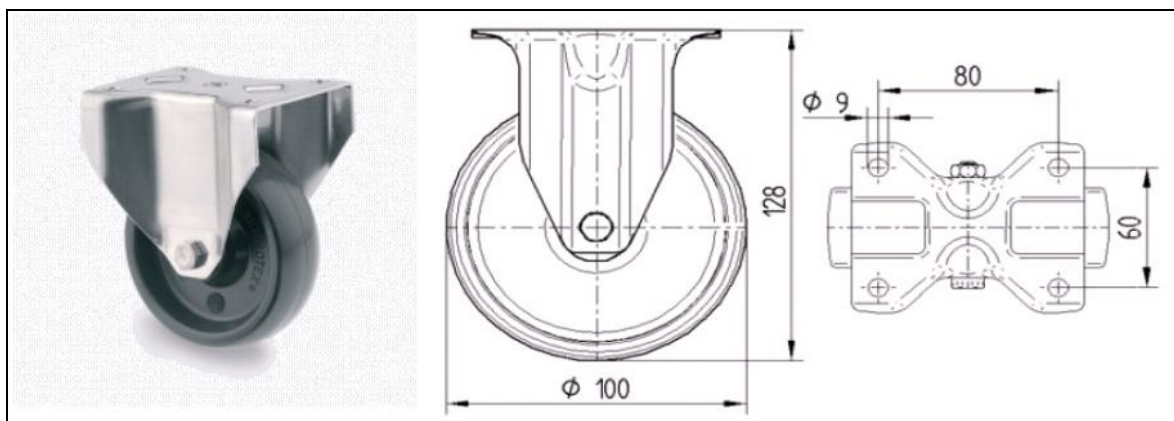


Figura 20 – Rodinha fixa. [RODIMAG, 2007].

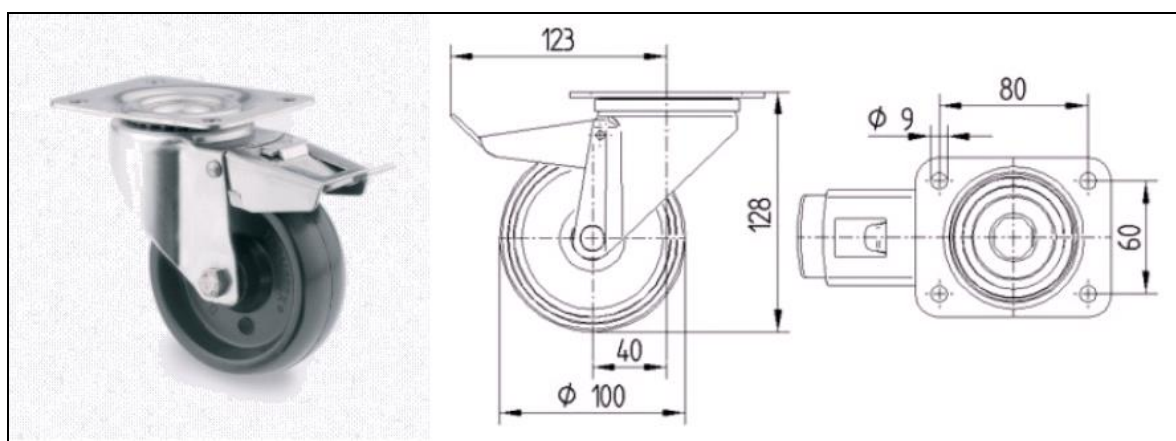


Figura 21 – Rodinha giratória com freio. [RODIMAG, 2007].

3.2. EQUIPAMENTOS, ACESSÓRIOS E INSTRUMENTAÇÃO.

Na instalação de uma bancada são necessários componentes que serão de suma importância para a sua funcionalidade. Além da aquisição de dados para a realização do ensaio esses componentes auxiliam para que o operador mantenha o motor dentro do seu regime de funcionamento, mantendo a segurança e evitando possíveis danos.

3.2.1. Tacômetro

Como está disposto na norma ABNT – NBR 5477:

“5.2.1 A velocidade angular é obtida mediante a contagem das rotações em intervalos de tempo (RPM = rotações por minuto).

5.2.2 A contagem deve ser feita com conta-giros mecânicos, elétricos ou eletrônicos. A precisão dos instrumentos deve ser de $\pm 0,25\%$ do valor da leitura observada ou ± 10 rotações, prevalecendo o valor menor.

5.2.3 O cronógrafo deve ter a precisão de $\pm 0,25\%$ do valor da leitura observada.”

De acordo com a norma o tacômetro selecionado para a bancada possui as seguintes especificações:

| | |
|--------------------|---|
| Modelo: | TAC 703 |
| Display: | Tipo LED de 4 dígitos |
| Escala: | 5 a 9.999 RPM |
| Precisão: | $\pm 0.05\% + 1$ dígito |
| Resolução: | 0.1 RPM (de 5 a 999 RPM) |
| | 1 RPM (de 1000 a 9.999 RPM) |
| | 10 RPM (acima de 10.000 RPM) |
| Tempo de resposta: | Aproximadamente 1 seg. (> 60 RPM) |
| Alimentação: | 110V / 220V ou 240V com ajuste interno |
| Dimensões / Peso: | 96 x 48 x 104 mm / 200g |
| Fornecedor: | INSTRUTEMP Instrumentos de Medição Ltda. - www.instrutemp.com.br – Tel: (55) 11 6096 8400. |



Figura 22 – Tacômetro digital de painel (TAC 703). [INSTRUTEMP, 2007].

3.2.2. Célula de Carga

O princípio de funcionamento das células de carga baseia-se na variação da resistência ôhmica de um sensor denominado extensômetro ou *strain gage* (Figura 23), quando submetido a uma deformação. Utiliza-se comumente em células de carga quatro extensômetros ligados entre si segundo a ponte de Wheatstone (Figura 24) e o desbalanceamento da mesma, em virtude da deformação dos extensômetros, é proporcional à força que a provoca. É através da medição deste desbalanceamento que se obtém o valor da força aplicada.

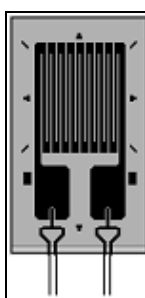


Figura 23 - Extensômetro ou *Strain-Gage*.

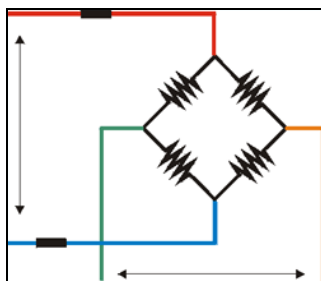


Figura 24 – Ponte de Wheatstone.

A seleção da célula de carga é feita utilizando os valores obtidos anteriormente de 215,75 N, ou seja, aproximadamente 22 Kgf. Como não há muitas mudanças de precisão, a célula de carga escolhida terá capacidade de 100 kg, ficando este sistema superdimensionado.

A célula de carga selecionada possui as seguintes especificações:

| | |
|-------------|-----------|
| Modelo: | CSA – 100 |
| Capacidade: | 100 kg |

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Balança Zero: | $\pm 1\%$ |
| Temperatura de operação: | - 10°C a + 80°C |
| Material: | Alumínio |
| Cabo: | 2 metros |

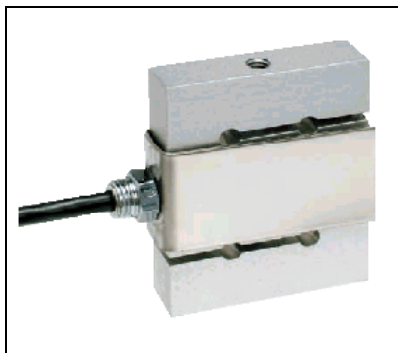


Figura 25 - Célula de carga da série CSA. [MK CONTROLE, 2007].

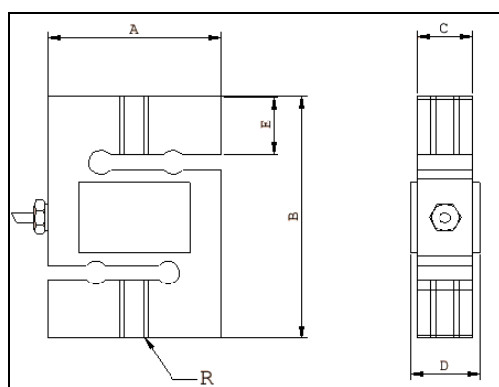


Figura 26 – Dimensões da célula de carga: A= 50mm; B = 60mm; C = 25mm; D = 30mm; E = 20mm; R = M 12x1.75. [MK CONTROLE, 2007].

Foi selecionado um indicador compatível com a célula de carga.

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Modelo do indicador: | MMK 2030 |
| Display: | 5 dígitos |
| LED: | vermelho |
| Unidades: | kilograma / libra |
| Dimensões: | 48 x 96 x 162 mm |
| Peso | 500 g |
| Velocidade de conversão: | 30 leituras por segundo |

Fornecedor:

MK controle e instrumentação LTDA.

www.mkcontrole.com.br

Tel.: (11) 5581-7674

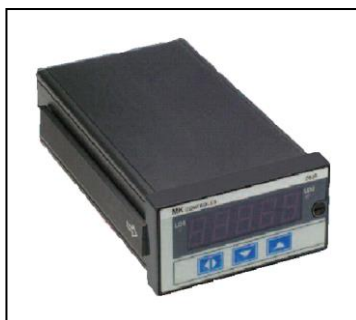


Figura 27 – Indicador MMK 2030. [MK CONTROLE, 2007].

3.2.3. Medidor e Indicador de consumo de combustível

Como está disposto na norma ABNT – NBR 5477:

“5.3.1 O consumo de combustível em estado líquido pode ser medido por massa (balança), ou por volume (bureta calibrada ou medição do fluxo por meio eletrônico).

[...]

5.3.4 A quantidade de combustível a ser consumida para medição do tempo de consumo deve ser compatível com a quantidade consumida pelo motor e permitir, no seu total, uma verificação do consumo com uma precisão de $\pm 1\%$.

5.3.5 Será permitido o uso de instrumento de medição do fluxo, quando o fluxo medido ficar suficientemente constante durante a medição. O sistema de medição deve satisfazer a exigência anterior.”

De acordo com a norma o medidor de vazão de combustível selecionado para a bancada possui as seguintes especificações:

| | |
|-------------------|------------------------------------|
| Modelo: | Flowmate Oval M-III Super Micro 39 |
| Especificação: | LSF39P0-M2 |
| Precisão: | $\pm 1\%$ |
| Faixa de medição: | 0,12 L/h a 6 L/h |

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Temperatura de operação: | -20 °C a 80°C |
| Material: | Aço inoxidável |
| Alimentação: | 110 ou 220 VDC ou 24 V.c.c. |
| Dimensões | 40x40x33,8 mm |



Figura 28 – Medidor de vazão. [OVAL, 2007].

O princípio de funcionamento do Flowmate Oval M-III baseia-se em duas engrenagens ovais que giram quando o fluido passa através entre elas e a parede fixa do medidor. A rotação das engrenagens representa uma vazão volumétrica fixa de fluido.

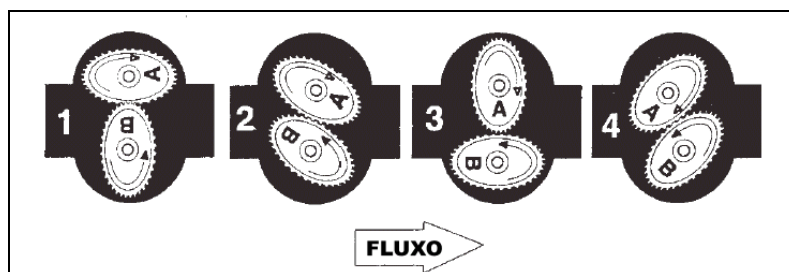


Figura 29 - Esquema de funcionamento. [OVAL, 2007].

Foi selecionado um indicador compatível com o medidor de vazão.

| | |
|-----------------------|--|
| Modelo do indicador: | MFC-TC - VOL |
| Alimentação: | 110 ou 220 VDC ou 24 V.c.c |
| Display de LCD: | 2 displays de 4 dígitos cada |
| Exibe: | Totalização zerável Vazão instantânea Acumulável |
| Temperatura ambiente: | -10 °C a +50 °C |

| | |
|------------------|---|
| Dimensões: | 48x96x105,5 mm |
| Peso aproximado: | 400 gramas |
| Fornecedor | K&K do Brasil LTDA-OVAL-TechMeter Tel (11) 5071-1630 www.techmeter.com.br |



Figura 30 – Indicador de Vazão. [TECHMETER, 2007].

3.2.4. Sensor e indicador de temperatura

Como está disposto na norma ABNT – NBR 5477:

“5.5.4 A sensibilidade dos instrumentos deve ser, no mínimo, de 0,5% do valor total da escala.

5.5.5 Os instrumentos para temperaturas medidas até 500 K devem ter uma precisão de 1,0 K; para temperaturas acima de 500 K, a precisão deve ser de $\pm 1\%$ do valor total da escala”.

O sensor de temperatura selecionado para a bancada é uma termoresistência, ou seja, um termômetro de resistência, que se baseia na variação de resistência ôhmica de um metal (Platina) com a temperatura. Os valores em ohms são comparados com os valores de uma tabela de referência contida em uma memória eletrônica para depois serem convertidos em unidade de temperatura. Este sensor deve ser instalado após o medidor de vazão.

De acordo com a norma este sensor possui as seguintes especificações:

| | |
|---------|--------|
| Modelo: | PT-100 |
|---------|--------|

| | |
|-----------------------------|--|
| Especificação: | TS11 PC1-S 316-03-S-0150 PR-83 10 F3 TJN |
| Catálogo: | ECIL |
| Resistência nominal: | 100 Ω a 0°C |
| Coeficiente de temperatura: | $\alpha = 0,00385$ conforme DIN 43760 |
| Faixa de medição: | -200 a +600 °C |
| Fornecedor: | Sensor comercial elétrica LTDA Tel.: (27) 3337-6380 |

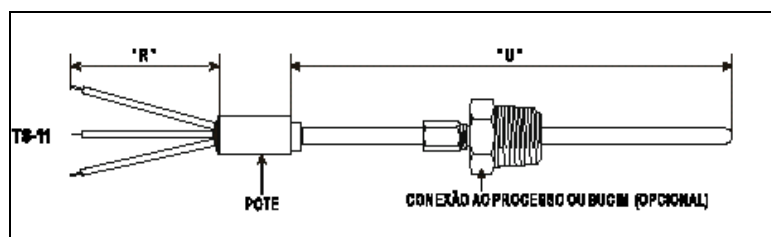


Figura 31 – Termoresistência (PT-100). [SENSOR, 2007]

O indicador de temperatura selecionado para a bancada possui as seguintes especificações:

| | |
|--------------------|---|
| Modelo: | UL1480 |
| Alimentação: | 127 / 220 Vca / 48 a 63 Hz |
| Display: | 4 dígitos |
| Sinais de entrada: | Pt-100 (-200 a 600 °C) |
| Resolução | 1 ou 0,1 (conforme seleção) |
| Dimensões: | 96 x 48 x 110 mm |
| Peso aproximado: | 150 gramas |
| Fornecedor: | Coel Controles Elétricos Ltda. www.coel.com.br Tel.: (11) 272-4300 |



Figura 32 - Indicador de Temperatura. [COEL, 2007]

4. CUSTOS

O estudo dos custos é muito importante para que saibamos a viabilidade da implantação do projeto no laboratório de motores da UFES.

A Tabela a seguir contém os principais custos que serão necessários para a implementação do projeto.

| Medidor | Componentes | Fornecedor | Telefone de contato | Preço |
|---|------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------|
| Tacômetro | sensor | INSTRUTEMP | (11) 6096 8400 | R\$ 587,67 |
| | indicador | | | |
| Célula de Carga | sensor | MK Controle e Instrumentação LTDA | (11) 5581-7674 | R\$ 372,00 |
| | indicador | | | R\$ 1.125,00 |
| Termoresistência | sensor PT-110 | Sensor Comercial Elétrica LTDA | (27) 3337-6380 | R\$ 116,00 |
| | indicador | | | R\$ 500,00 |
| Medidor de Vazão | sensor | K&K do Brasil LTDA-OVAL-TechMeter | (11) 5071-1630 | R\$ 3.280,00 |
| | indicador | | | R\$ 890,00 |
| | filtro | | | R\$ 180,00 |
| Estrutura | Barras metálicas | Valor estimado | - | R\$ 2.000,00 |
| | Soldas | | | |
| | Rodinhas | Rodimag | (11) 5572 - 4604 | R\$ 248,00 |
| Dados pesquisados entre 25/06/2007 e 25/07/2007 | | | Custo total | R\$ 9.298,67 |

É importante lembrarmos que a montagem da bancada também implicará em custos adicionais tais como, por exemplo, mangueiras, tanque de combustível, conexões, válvulas, etc. Porém, muitos desses componentes já existem na bancada atual e poderão ser aproveitados se estiverem em condições adequadas de funcionamento. Devido a estes fatores não serão contabilizados esses custos.

5. ENSAIOS TÍPICOS REALIZADOS EM BANCADAS DINAMOMÉTRICAS

É de grande importância o claro entendimento pelo operador das etapas de realização do ensaio para que este ocorra da forma correta, padronizada e de maneira satisfatória. Uma realização inadequada pode gerar diversos inconvenientes, desde resultados mascarados até danos aos motores, ou ainda gerar perigo para as pessoas. Nesse trabalho será abordado apenas o ensaio de teste de velocidade variável uma vez que este é o mais usado para motores automotivos e marítimos.

5.1. TESTE DE VELOCIDADE VARIÁVEL

Normalmente são realizados em plena carga, ou seja, com o acelerador na posição de máxima rotação do motor. Existe também o teste de carga parcial (75%, 50% ou 25% de carga) onde o acelerador é mantido em posições intermediárias.

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 força lidos (que serão usados para obtenção do torque e da potência), a rotação (rpm) correspondente e, quando se desejar traçar a curva de consumo e / ou a curva de rendimento térmico, deve-se anotar também a vazão de combustível instantânea (com sua respectiva temperatura) para cada rotação.

Por exemplo, se o motor é de 4 HP a 2100 rpm, dados constantes na plaqueta de identificação, ao posicionar o acelerador em máxima rotação, 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 4 HP, como informado pelo fabricante.

As leituras devem ser tomadas em um número suficiente de velocidades angulares do motor, a fim de se definir completamente as curvas características de desempenho, entre a mínima e a máxima velocidades angulares de operação

recomendadas pelo fabricante do motor, incluindo-se obrigatoriamente os pontos de máxima potência, máximo momento de força e mínimo consumo específico de combustível. Para cada uma dessas velocidades angulares, devem-se tomar as leituras após a estabilização de temperaturas e pressões, mantendo-se o motor um mínimo de 1 minuto nessas condições de ensaio.

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.

Atenção: não se deve ligar o motor com o dinamômetro acoplado e sem o fluxo de água. A falta do fluxo gerará aquecimento no dinamômetro podendo causar danos permanentes ao equipamento.

5.2. OPERAÇÃO DO DINAMÔMETRO

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 controlado através das válvulas de entrada e saída.

Na Figura 33 temos um desenho esquemático de um dinamômetro hidráulico que facilitará a compreensão das etapas de operação. Quando desejamos aumentar a carga devemos abrir a válvula de entrada e fechar a válvula de saída e quando desejamos diminuir a carga devemos fechar a válvula de entrada e abrir a válvula de saída. Estes procedimentos devem ser executados tomando-se o devido cuidado de manter o fluxo de água no interior do dinamômetro para evitar o aquecimento excessivo.

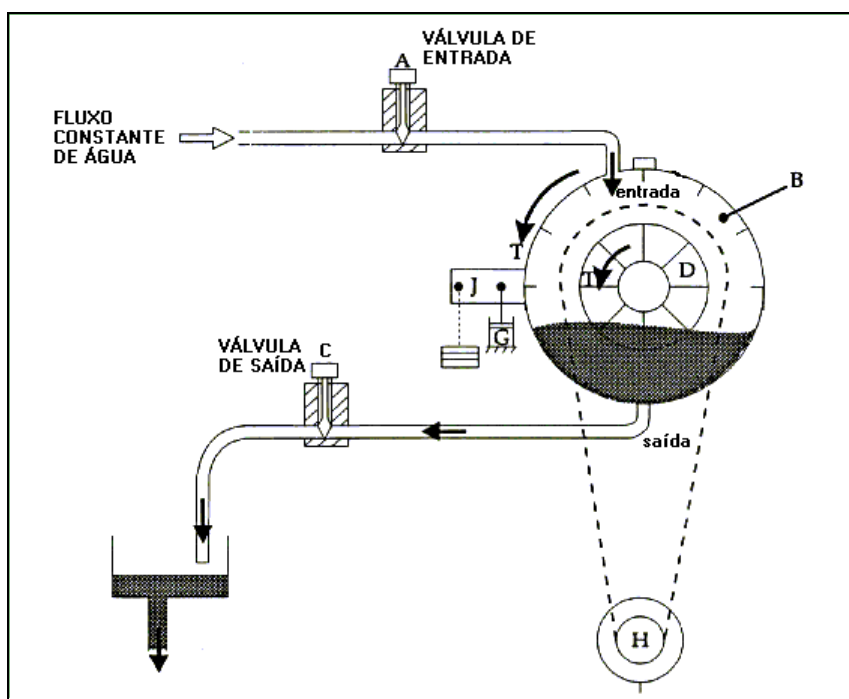


Figura 33 – Desenho esquemático de um dinamômetro hidráulico.

5.3. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Após a execução do ensaio é necessária a elaboração de um relatório para a apresentação dos resultados. Para uma exibição completa, no relatório constarão as curvas características do motor que serão plotadas com os dados coletados e calculados do ensaio. No eixo das abscissas teremos a rotação expressa em RPM, o eixo das ordenadas conterá o torque, a potência, o consumo de combustível e, se for desejado, o rendimento térmico.

O relatório deverá conter o método de ensaio empregado. Conforme explicado, na bancada normalmente será realizado o ensaio de velocidade variável. É importante que contenha também descrita a faixa de carga em que foi realizado o ensaio, além de outros dados, tais como os dados técnicos do motor – fabricante; potência nominal; rotação máxima e mínima; e cilindrada do motor - e o combustível utilizado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Este trabalho desenvolveu o projeto de uma bancada de teste para motores de combustão interna. Feita uma introdução teórica sobre ciclo Otto e ciclo Diesel, tempos de motores e levantamento de curvas, selecionou-se instrumentos e acessórios necessários para o funcionamento da bancada. Foram elaborados a estrutura, o painel e um estudo de como realizar o ensaio.

Como perspectivas futuras deste trabalho, seriam a construção da bancada de teste e a realização de testes práticos, bem como o levantamento real de curvas características de motores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5477**: Apresentação de desempenho de motores ACI (Alternativos de Combustão Interna) – Procedimento, 1982.

_____. **NBR 5484**: Motores alternativos de combustão interna de ignição por compressão (Diesel) ou ignição por centelha (Otto) de velocidade angular variável – Ensaio – Métodos de ensaio, 1985.

OBERT, Edward F. **Internal Combustion Engines – Analysis and Practice**. 2nd ed. Pennsylvania: International Textbook Company, 1950.

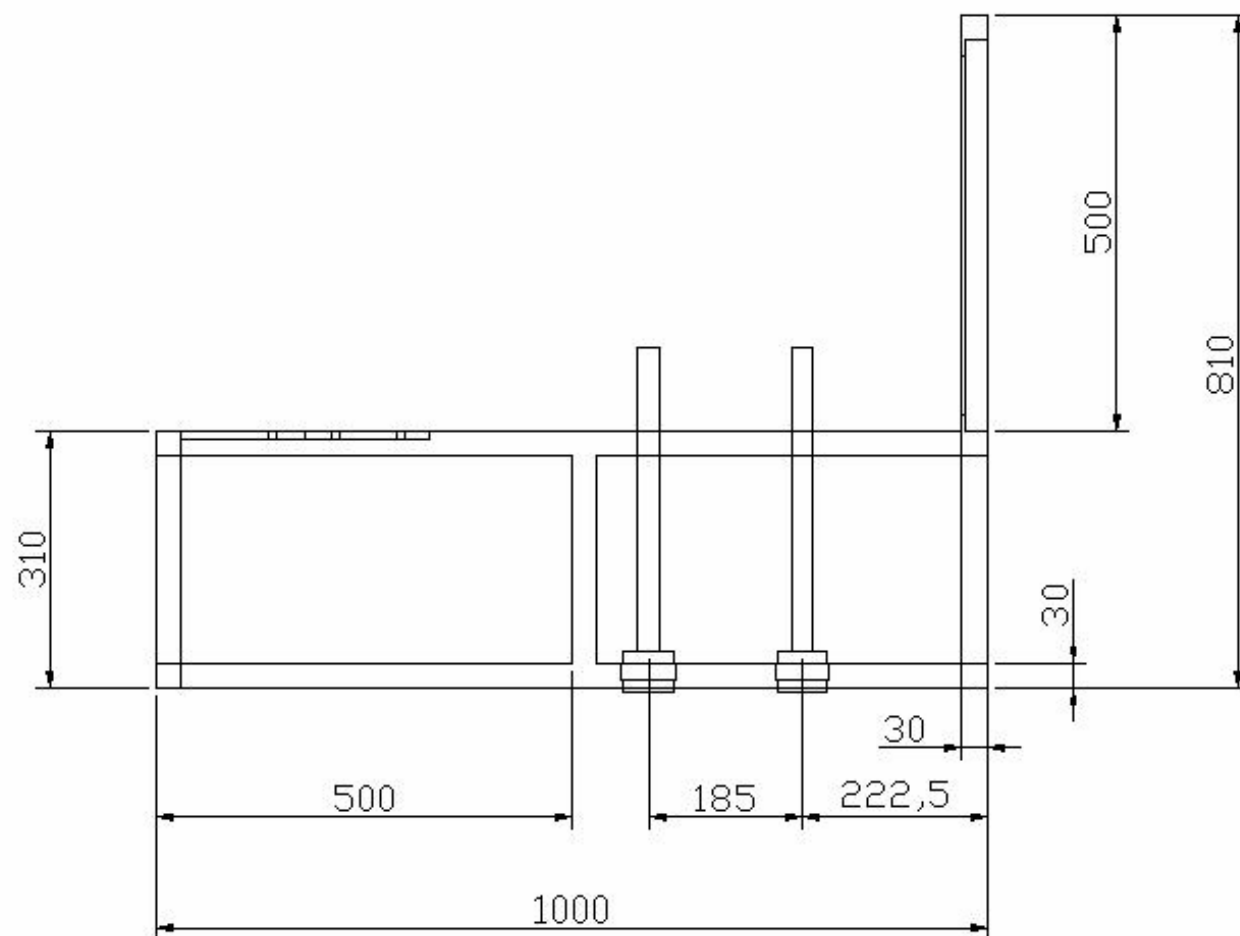
STONE, Richard. **Introduction to Internal Combustion Engines**. London: Macmillan, 1985.

CUSSONS Technology P8150: Automotive Engine Test Bed. Manchester, 2006. Disponível em: <<http://www.cussons.co.uk>>. Acesso em: 14 mai. 2007.

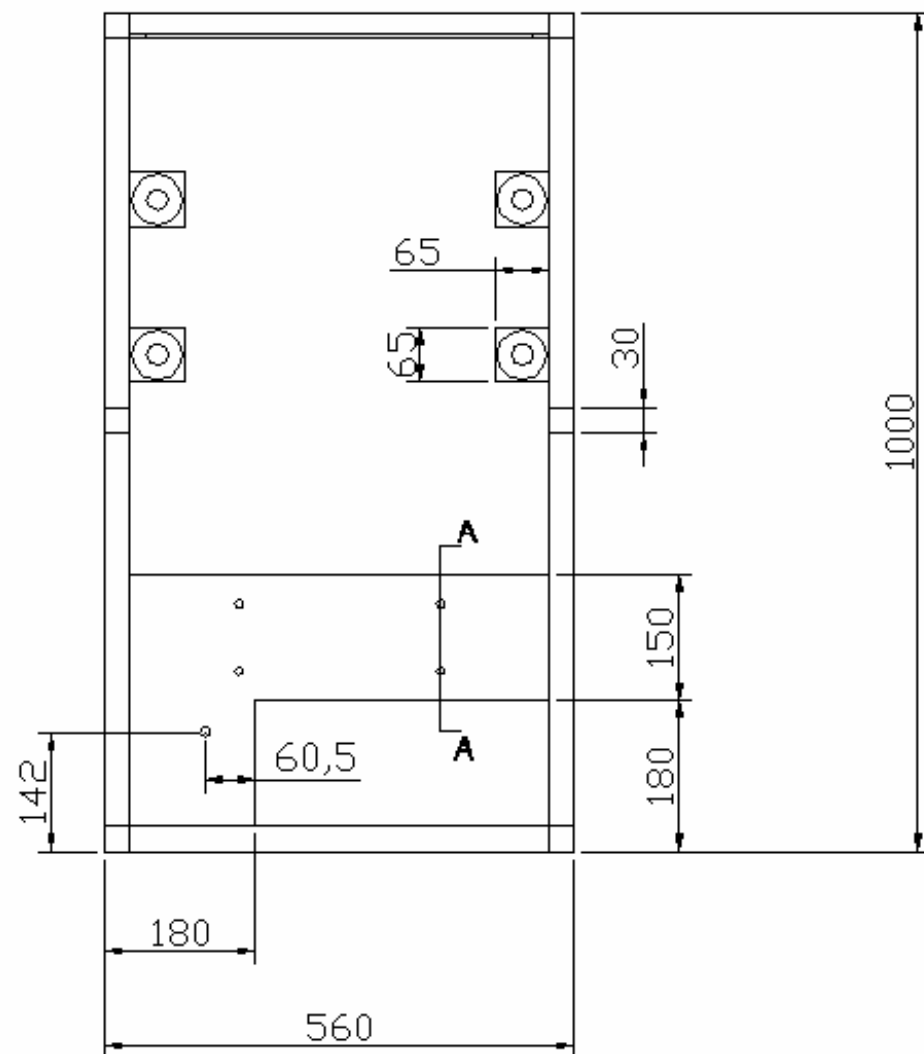
MARTINELLI JR. Luiz Carlos. **Máquinas Térmicas I**: Motores de combustão interna. Unijuí. Campus Panambi. 2003.

Apêndice A

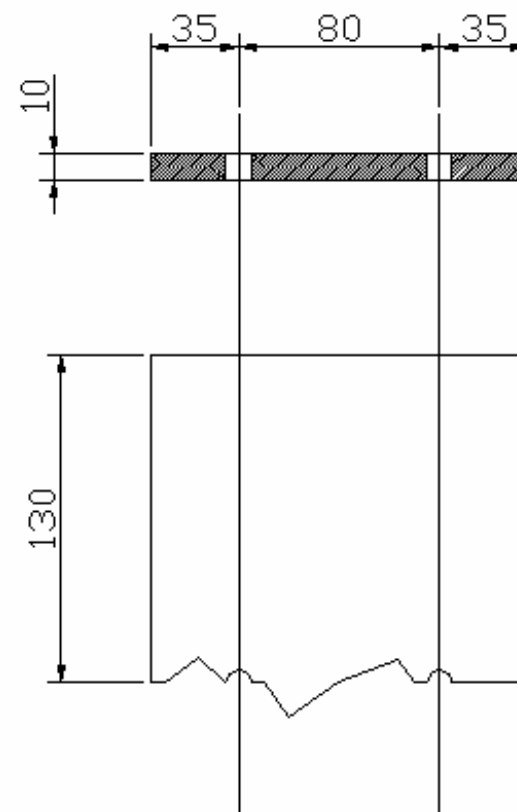
Desenho da Bancada



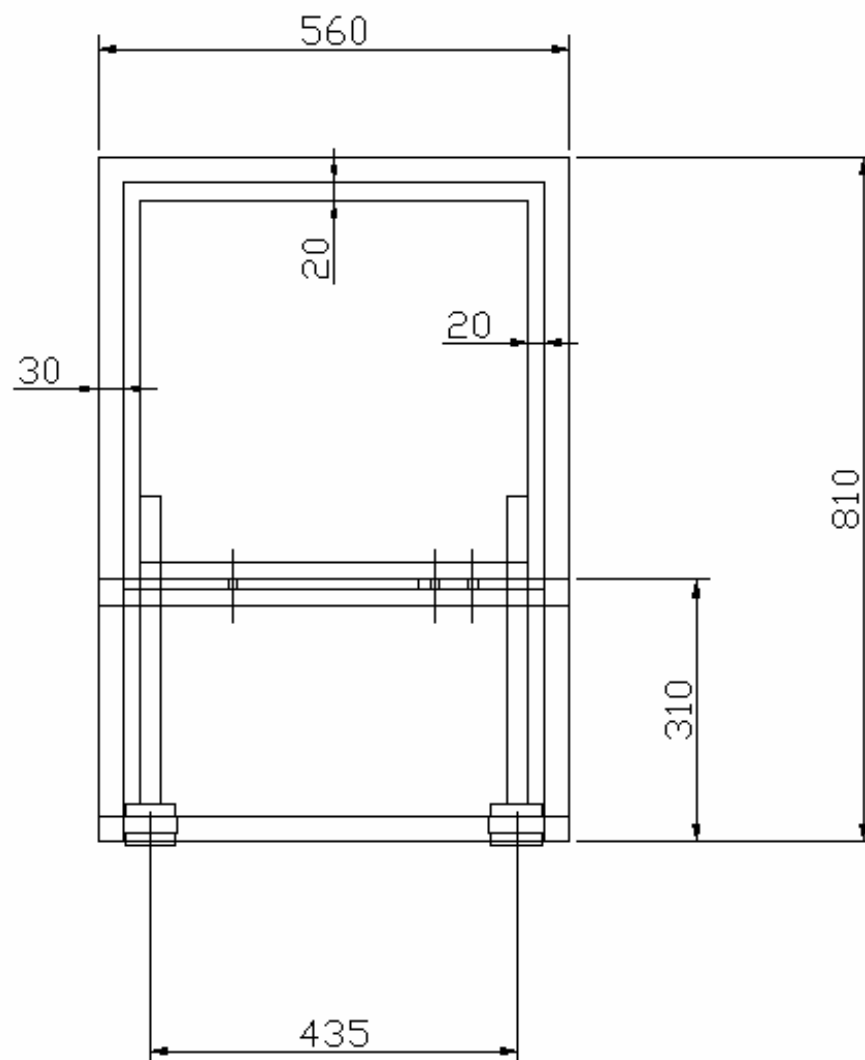
| | | | | | |
|-------------------|------|--|--------|-------------------|------------|
| 0 | JABA | - | | EMISSÃO INICIAL | 01/07/2007 |
| REV | PROJ | VERIF. | APROV. | DESCRIÇÃO | DATA |
| ALTO RES | | MURILO TOMAZELLI / RICARDO ABREU | | | |
| UFES | | UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO | | | |
| | | DESIGNAÇÃO | | FOLHA | ESCALA |
| | | NÚMERO: 001-001 | | 1 / 1 | 1 : 3 |
| TÍTULO: | | BANCADA DE TESTE | | | |
| | | ESTRUTURA METÁLICA | | | |
| DESIGNAÇÃO / DATA | | VERIFICAÇÃO / DATA | | APPROVAÇÃO / DATA | |
| JABA - 01/07/2007 | | | | 0 | |



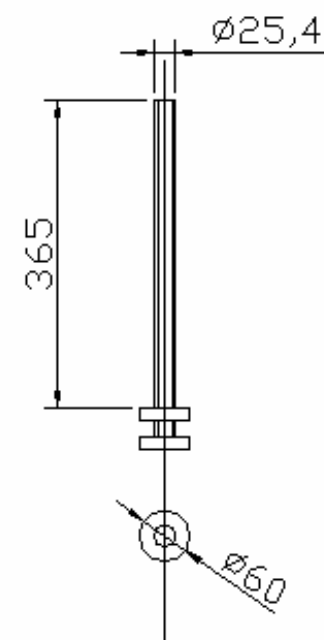
CORTE AA (Esc.: 1:3)



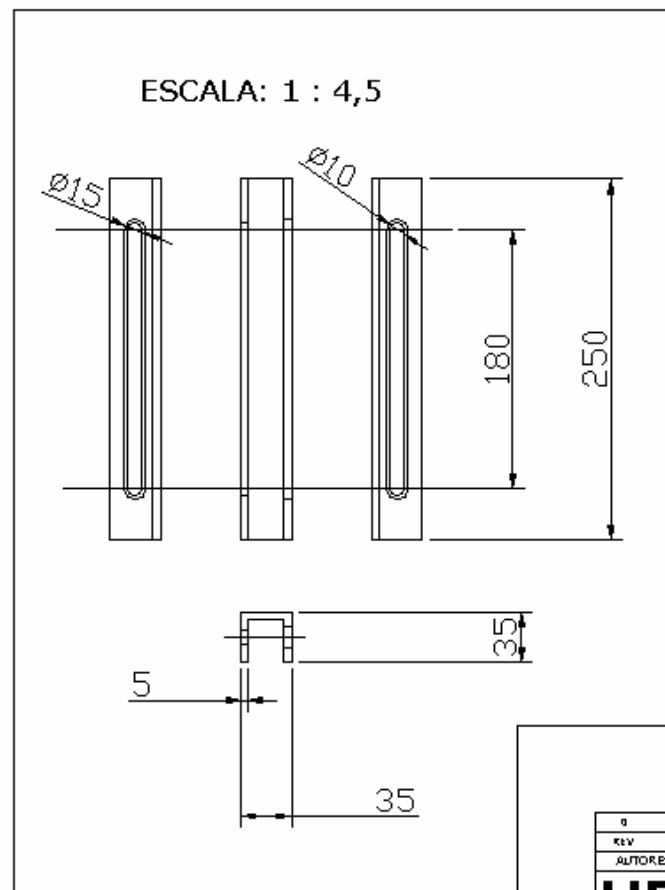
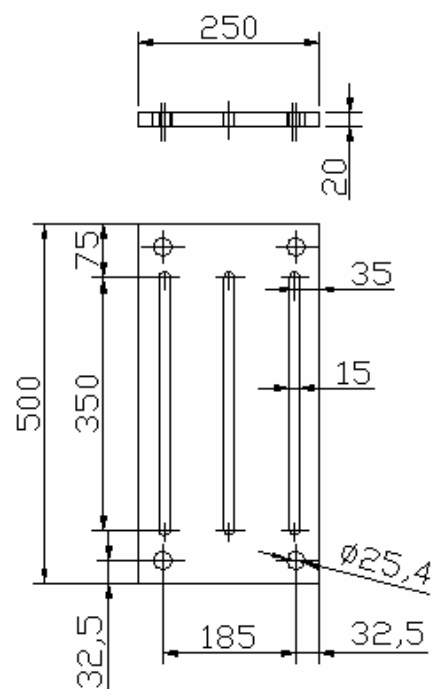
| | | | | | |
|--------------------------|--------------------|--|-------------------|-----------------|------------|
| 0 | JABA | - | | EMISSÃO INICIAL | 01/07/2007 |
| REV | PROJ | VERIF. | APROV. | DESCRIÇÃO | DATA |
| AUTORES | | MURILLO TOMAZELLI / RICARDO ABREU | | | |
| UFES | | UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO | | | |
| | | DESIGNO | NÚMERO | PLATA | ESCALA |
| | | NÚMERO: 001-002 | | 2 / 3 | 1 : 3 |
| TÍTULO: BANCADA DE TESTE | | | | | |
| ESTRUTURA METÁLICA | | | | | |
| DESIGNO / DATA | VERIFICAÇÃO / DATA | | APPROVAÇÃO / DATA | | REVISÃO |
| JABA - 01/07/2007 | | | | | 0 |



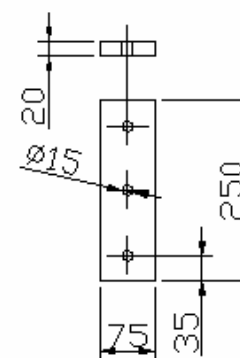
Parafuso e porca



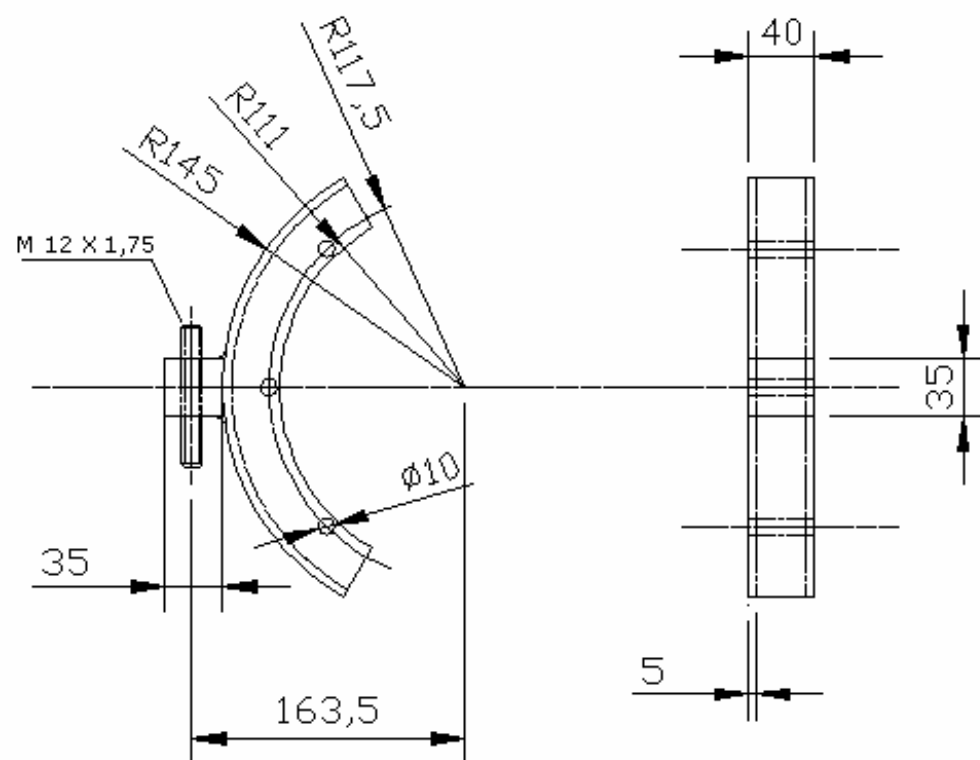
| | | | | | | |
|-------------------|------|--|--------|------------------|------------|--------|
| 0 | JABR | - | | EMISSÃO INICIAL | 01/07/2007 | |
| REV | PROJ | VERIF. | APROV. | DESCRIÇÃO | DATA | |
| ALTO RES | | MURILLO TOMAZELLI / RICARDO ABREU | | | | |
| UFES | | UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO | | | | |
| | | DESIGNADO | | | NO LUGAR | ESCALA |
| | | NÚMERO: 001-003 | | | 3/3 | 1:3 |
| TÍTULO: | | BANCADA DE TESTE | | | | |
| | | ESTRUTURA METÁLICA | | | | |
| DESIGNADO / DATA | | VERIFICAÇÃO / DATA | | APROVAÇÃO / DATA | | |
| JABR - 01/07/2007 | | | | REVISO | | |
| | | | | 0 | | |



BORRACHA



| Q | JABA | - | EDIÇÃO INICIAL | 01/07/2007 |
|---------------------------|--------------------|--|----------------|------------|
| REV | PROJ | VER. | APROV. | DATA |
| AUTORES | | MURILLO TOMAZELLI / RICARDO ABREU | | |
| | | UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO | | |
| | | DES. N.º | FOL. N.º | ESCALA |
| | | NÚM. REQ. 002/001 | 1 / 1 | 1 : 3 |
| TÍTULO: | | | | |
| BANCADA DE TESTE | | | | |
| CONJUNTO DA BASE DO MOTOR | | | | |
| DESENHO / DATA | VERIFICAÇÃO / DATA | APPROVAÇÃO / DATA | REVISÃO | |
| JABA - 01/07/2007 | | | 0 | |



| | | | | | |
|-------------------|------|--|-------------------|-----------------|------------|
| 0 | JABA | - | | EMISSÃO INICIAL | 01/07/2007 |
| REV | PROJ | VERIF. | APROV. | DESCRIÇÃO | DATA |
| AUTORES | | MURILLO TOMAZELLI / RICARDO ABREU | | | |
| UFES | | UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO | | | |
| | | DESENHO | FOLHA | ESCALA | |
| | | 01/07/2007 | 1 / 1 | 1 : 0,5 | |
| TÍTULO: | | BANCA DE TESTE BRAÇO DO DINAMÔMETRO | | | |
| DESENHO / DATA | | VERIFICAÇÃO / DATA | APPROVAÇÃO / DATA | REVISÃO | |
| JABA - 01/07/2007 | | | | 0 | |

Apêndice B

Tabela de Dados para
Ensaio de Motores

