

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FATEC SANTO ANDRÉ**  
**TECNOLOGIA EM MECÂNICA AUTOMOBILÍSTICA**

**BRENO ROMEIRO COSTA**  
**RODRIGO DE BRITO FRANCO**

**MOTORES DE PEQUENO PORTE PARA ENSAIOS EM BANCADAS**  
**DINAMOMÉTRICAS DIDÁTICAS**

**SANTO ANDRÉ**

**2022**

**BRENO ROMEIRO COSTA**  
**RODRIGO DE BRITO FRANCO**

**MOTORES DE PEQUENO PORTE PARA ENSAIOS EM BANCADAS  
DINAMOMÉTRICAS DIDÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Tecnólogo  
em Mecânica Automobilista da  
Fatec Santo André.

Orientador: Marco Aurélio Fróes.

**SANTO ANDRÉ**

**2022**

## FICHA CATALOGRÁFICA

C837m

Costa, Breno Romeiro

Motores de pequeno porte para ensaios em bancadas dinâmométricas didáticas / Breno Romeiro Costa, Rodrigo de Brito Franco. - Santo André, 2022. – 64f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2022.

Orientador: Prof. Marco Aurélio Fróes

1. Mecânica. 2. Estudo. 3. Motores estacionários. 4. Pequeno porte. 5. Tecnologia. 6. Ensaio dinâmométrico. 7. Desenvolvimento. 8. Pesquisa. 9. Desempenho. I. Franco, Rodrigo de Brito. II. Motores de pequeno porte para ensaios em bancadas dinâmométricas didáticas.

629.2

**LISTA DE PRESENÇA**

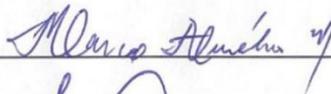
Santo André, 13 de dezembro de 2022.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:  
“MOTORES DE PEQUENO PORTE PARA ENSAIOS EM  
BANCADAS DINAMOMÉTRICAS DIDÁTICAS” DOS ALUNOS DO  
6º SEMESTRE DESTA U.E.

**BANCA**

PRESIDENTE:

PROF. MARCO AURÉLIO FRÓES

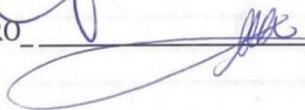
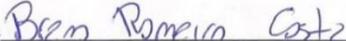


MEMBROS:

PROF. EDSON CAORU KITANI



PROF. LUIS ROBERTO KANASHIRO

**ALUNO:**BRENO ROMEIRO COSTA RODRIGO DE BRITO FRANCO 

Este trabalho é para nossos familiares, amigos e professores, que estiveram ao nosso lado nos incentivando e apoiando durante a realização do projeto. Sem os quais nada que realizamos até hoje seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela oportunidade de estudar, força de vontade para persistir e superar todas as dificuldades mesmo atravessando todo o caos que vivemos provocada pela pandemia durante o início da nossa trajetória no curso. Aos familiares que foram muito solícitos e nos incentivaram com muito carinho e apoio em se empenhar nos estudos e construir nossas vidas de forma especial.

Aos colegas de classe que sempre estiveram presentes nos momentos difíceis. Aos professores que investiram tempo, dedicação e muito empenho para transmitir todo o conhecimento da melhor forma possível e com muita qualidade. Ao professor e orientador Marco Aurélio Fróes pelo suporte, pelo incentivo e paciência que teve na criação desse trabalho. A todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da nossa graduação, muita gratidão a todos pelo apoio.

O que é escrito sem esforço em geral,  
é lido sem prazer.  
(Samuel Johnson)

## RESUMO

O trabalho tem como objetivo de realizar um estudo sobre motores estacionários a fim de realizar ensaios dinamométricos em motores de pequeno porte, onde ajudará aos alunos da Fatec Santo André a fazer medições no dinamômetro para obter dados do motor como: potência, consumo, torque, com finalidade de comparar os dados técnicos e ver a melhor faixa de desempenho e performance dos motores em estudo. O desenvolvimento desse estudo trará um novo conhecimento para os futuros alunos que irão realizar a disciplina de Ensaio dinamométrico, podendo colaborar no crescimento dos alunos com intuito de auxiliar o conhecimento teórico e prático, realizando ensaios em motores de grande e pequena escala, tendo em vista a quantidade de sistemas complexos que trabalham de forma integrada para que o veículo funcione adequadamente, tornando o campo automotivo um desafio. Contudo, essa complexidade fornece um vasto campo de pesquisa e desenvolvimento de medições e ensaios.

**Palavras-chave:** Motores Estacionários. Desempenho dos motores.

## **ABSTRACT**

The work aims to carry out a study on stationary engines in order to carry out dynamometric tests on small engines, where it will help Fatec Santo André students to make measurements on the dynamometer to obtain engine data such as: power, consumption, torque, with purpose of comparing the technical data and seeing the best range of performance and performance of the engines under study. The development of this study will bring new knowledge to future students who will carry out the Dynamometric Tests discipline, being able to collaborate in the growth of students in order to help theoretical and practical knowledge, performing tests on large and small scale engines, with a view to the amount of complex systems that work in an integrated way for the vehicle to function properly, making the automotive field a challenge. However, this complexity provides a vast field for research and development of measurements and tests.

**Keywords:** Stationary Engines. Engine performance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Corte de um motor do ciclo Otto .....	19
Figura 2 - Motor Ciclo Diesel.....	20
Figura 3 – Tempos do Motor .....	22
Figura 4 – Compressão/Admissão .....	23
Figura 5 – Expansão/Escape .....	24
Figura 6 - Diagramada força tangencial FBy.....	26
Figura 7 – Regra da mão direita.....	29
Figura 8 – Veículo sobre os cilindros de inércia .....	31
Figura 9 - Medição de Desempenho do veículo .....	32
Figura 10 - Dinamometro elétrico .....	34
Figura 11 - Princípio do freio dinamométrico .....	35
Figura 12 - Bancada Dinamométrica Didática .....	37
Figura 13 - Motor Honda GX 120 .....	44
Figura 14 - Motor Honda GX 160 .....	46
Figura 15- Óleo do Motor .....	47
Figura 16 - Filtro de Ar .....	48
Figura 17 - Tanque de Combustível .....	49
Figura 18 - Carburador.....	50
Figura 19 - Reguladora de marcha lenta.....	51
Figura 20 - Alavanca de Aceleração .....	51
Figura 21 - Afogador .....	52
Figura 22 - Vela de Ignição .....	53
Figura 23 - Calibre de Furos 0,70mm.....	54
Figura 24 - Calibre de Furos 0,80mm.....	54
Figura 25 - Ignição por Magneto .....	55
Figura 26 - Avanço Centrífugo .....	56
Figura 27 - Descarga dos Gases.....	57
Figura 28 - Partida Retrátil .....	58
Figura 29 - Partida Elétrica.....	59
Figura 30 - Câmara de Combustão .....	60

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

**PMS** - Ponto morto superior

**PMI** - Ponto morto inferior

**2T** - Motores dois tempos

**4T** - Motores quatro tempos

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ECU** - Unidade de controle do motor

**ISO** - Organização Internacional para Padronização

**CB** - Comitês brasileiros

**NOS** - Organismos de Normalização Setorial

**CE** - Comissões do estudo

**NBR** - Norma Brasileira

**OHC** - Comando de válvula simples no cabeçote

**CV** – Cavalo-Vapor

## LISTA DE EQUAÇÕES E FÓRMULAS

Equação 1 - Potência Teórica .....	24
Equação 2 - Potência Indicada .....	24
Equação 3 - Potência Indicada Motor 2T .....	25
Equação 4- Tempo Ciclo Motor 2T.....	25
Equação 5- Potência Indicada e Ciclo Motor 4T.....	26
Equação 6 - Força Atuante Haste da Biela .....	27
Equação 7 - Torque na Árvore de Manivela .....	27
Equação 8 - Potência Efetiva .....	27
Equação 9 - Torque .....	29
Equação 10 - Torque Momento Angular em relação do Tempo.....	30
Equação 11 - Momento Angular .....	30
Equação 12 - Fator de Correção .....	42
Equação 13 - Fator Atmosférico.....	42
Equação 14 - Fator do Motor .....	43
Equação 15 - Vazão de Combustível .....	43
Equação 16 - Vazão do Combustível em Miligramas por ciclo por litro .....	43

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens dos tipos de dinamômetros .....	36
Quadro 2 - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA HONDA GX 120 .....	45
Quadro 3 - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA HONDA GX 160 .....	46

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1. OBJETIVO .....	17
1.2. MOTIVAÇÃO .....	17
2. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA.....	18
2.1. CLASSIFICAÇÃO .....	18
2.1.1. MOTORES DE CICLO OTTO .....	18
2.1.2. MOTORES CICLO DIESEL .....	19
2.2. TEMPOS DO MOTOR .....	20
2.2.1. MOTOR DE QUATRO TEMPOS .....	21
2.2.2. MOTOR DE DOIS TEMPOS.....	22
3. POTÊNCIA.....	24
3.1. POTÊNCIA TEÓRICA.....	24
3.2. POTÊNCIA INDICADA.....	24
3.3. POTÊNCIA EFETIVA.....	26
4. TORQUE.....	28
4.1. UNIDADE DE TORQUE.....	28
4.2. TORQUE E MOMENTO ANGULAR.....	30
5. DINAMÔMETROS .....	31
5.1. DINAMÔMETRO DE INÉRCIA .....	31
5.2. DINAMÔMETRO HIDRÁULICOS .....	32
5.3. DINAMÔMETRO ELÉTRICOS.....	33
5.4. FREIO DE PRONY .....	34
5.5. COMPARAÇÃO ENTRE DINAMÔMETROS.....	36
5.6. BANCADA DINAMOMÉTRICA DIDÁTICA .....	37

6. NORMA NBR ISO 1585 – ENSAIOS DE MOTORES.....	38
6.1. EXATIDÃO DO EQUIPAMENTO: TORQUE .....	38
6.1.1. ROTAÇÃO DO MOTOR .....	38
6.1.2. FLUXO DE COMBUSTÍVEL .....	38
6.1.3. TEMPERATURA DO COMBUSTÍVEL .....	39
6.1.4. TEMPERATURA DO AR.....	39
6.1.5. PRESSÃO BAROMÉTRICA .....	39
6.1.6. CONTRAPRESSÃO NO SISTEMA DE ESCAPAMENTO.....	39
6.1.7. RESTRIÇÃO NO SISTEMA DE ADMISSÃO .....	39
6.1.8. PRESSÃO ABSOLUTA NO DUTO DE ADMISSÃO.....	39
6.2. ENSAIO DE POTÊNCIA EFETIVA LÍQUIDA .....	39
6.3. FATORES DE CORREÇÃO DA POTÊNCIA.....	41
6.3.1. MOTORES DE IGNIÇÃO POR CENTELHA NATURALMENTE ASPIRADOS E SOBREALIMENTADOS – FATOR $\alpha a$ .....	41
6.3.2. FATOR ATMOSFÉRICO, $F_a$ .....	42
6.3.3. FATOR DO MOTOR, $F_m$ .....	43
6.3.4. LIMITAÇÃO NO USO DA EQUAÇÃO DE CORREÇÃO.....	43
7. EQUIPAMENTOS, ACESSÓRIOS E INSTRUMENTAÇÃO .....	44
7.1. MOTOR HONDA GX 120.....	44
7.1.1. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA .....	45
7.2. MOTOR HONDA GX 160.....	45
7.2.1. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA .....	46
7.3. ABASTECIMENTO HONDA GX 120/160 .....	47
7.4. ÓLEO DO MOTOR HONDA GX 120/160 .....	47
7.5. COMPONENTES DO MOTOR HONDA GX 120/160.....	48
7.5.1. FILTRO DE AR.....	48
7.5.2. TANQUE DE COMBUSTÍVEL .....	49

7.5.3. CARBURADOR .....	49
7.5.4. VELA DE IGNIÇÃO .....	52
7.5.5. IGNIÇÃO POR MAGNETO.....	55
7.5.6. AVANÇO CENTRÍFUGO .....	55
7.5.7. SISTEMA DE DESCARGA DOS GASES .....	56
7.5.8. PARTIDA RETRÁTIL.....	57
7.5.9. PARTIDA ELÉTRICA DO MOTOR HONDA GX 160.....	58
7.5.10. SISTEMA DE ARREFECIMENTO .....	59
7.5.11. FUNCIONAMENTO DA CÂMARA DE COMBUSTÃO.....	59
8. CONCLUSÃO .....	61
8.1. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS .....	62
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

## **1. INTRODUÇÃO**

A Faculdade de Tecnologia de Santo André tem realizado testes de desempenho em veículos leves com o objetivo de apresentar aos alunos parâmetros de ensaios para entender a condição de funcionamento para o veículo em teste. Esses testes são realizados com o auxílio de um dinamômetro de inércia, que através de um programa vinculado ao dispositivo físico, coleta os dados de velocidade angular e rotação para realizar estimativas de torque e potência.

Apesar de contar com um sistema de grande escala que permite a análise de dados de um veículo, entende-se a necessidade de criação de parâmetros para análises de motores de pequeno porte em ensaios de dinamômetro em bancada. Cada motor exige uma constante busca de sistemas de medição para que diminua a necessidade de testes mais complexos. Portanto, com esse texto pretende iniciar a pesquisa e o estudo de motores definindo parâmetros para o ensaio.

### **1.1. OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um estudo sobre os motores estacionários HONDA GX120 e GX160, entender o funcionamento de cada componente e sistemas que estão integrados nesses motores. Com isso, será possível realizar ensaios em bancada dinamométricas e analisar os resultados que foram retirados no momento de cada ensaio, também serão apontadas as normas técnicas para realizar o ensaio dinamométrico, bem como as explicações dos dados que serão obtidos através do ensaio realizado.

### **1.2. MOTIVAÇÃO**

As principais motivações para a realização desse projeto foram: um conhecimento mais amplo na realização de ensaios de motores no dinamômetro, podendo fazer uma análise mais completas de motores em grande e pequena escala, fornecendo os dados dos motores e todas as tecnologias que estão empregadas por de trás dos componentes do motor.

## **2. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**

O primeiro motor de combustão interna foi criado no século 19, o combustível era queimado dentro do motor e seu aparecimento levou ao rápido desenvolvimento de máquinas. Os motores apresentam grandes vantagens em relação aos motores a vapor devido à sua eficiência, menor peso por cavalo-vapor, partida rápida, versatilidade e capacidade de adaptação a diferentes tipos de máquinas.

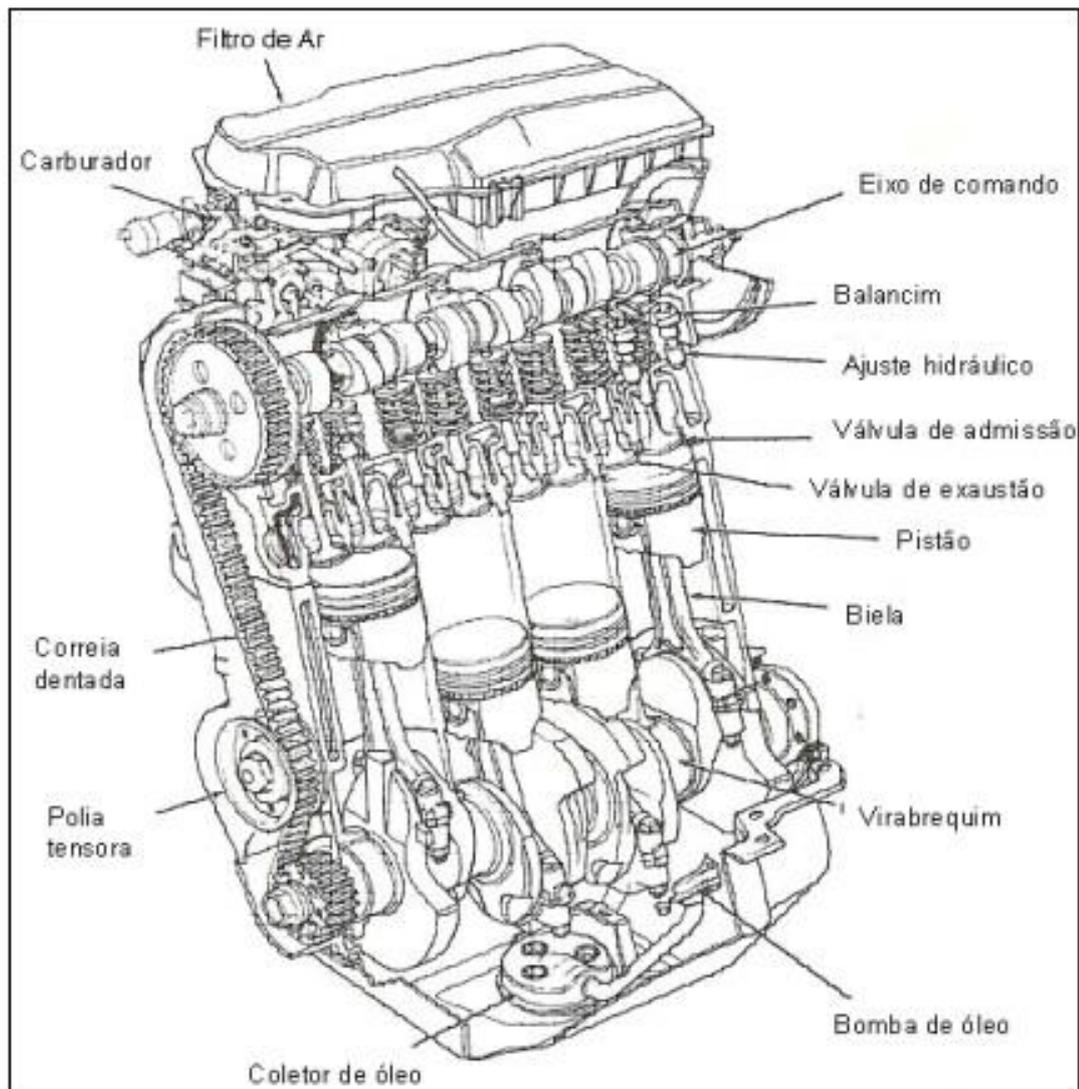
### **2.1. CLASSIFICAÇÃO**

A classificação dos motores a combustão interna pode ser feita de diversas formas como: pelo número de tempos (quatro ou dois), tipo de ciclo (Diesel ou Otto). Neste trabalho trataremos apenas com motores de pequeno porte que não ultrapasse os 15cv com quatro tempos, sendo o objetivo do trabalho e poder ser utilizado em bancadas de ensaio que é mais comum para esse tipo de motores.

#### **2.1.1. MOTORES DE CICLO OTTO**

De acordo com Stone (1985) A Figura 1 mostra um motor de ciclo Otto, que normalmente funciona com gasolina, álcool ou gás natural (metano) e é acionado por uma faísca em uma vela de ignição. Esses motores são geralmente chamados de motores de ignição por centelha. A iniciação é feita pela introdução de combustível na corrente de ar através de um coletor de admissão por meio de um carburador, por meio de um sistema de injeção eletrônica ou pode ser por meio de uma válvula de alívio de pressão de gás.

Figura 1 - Corte de um motor do ciclo Otto

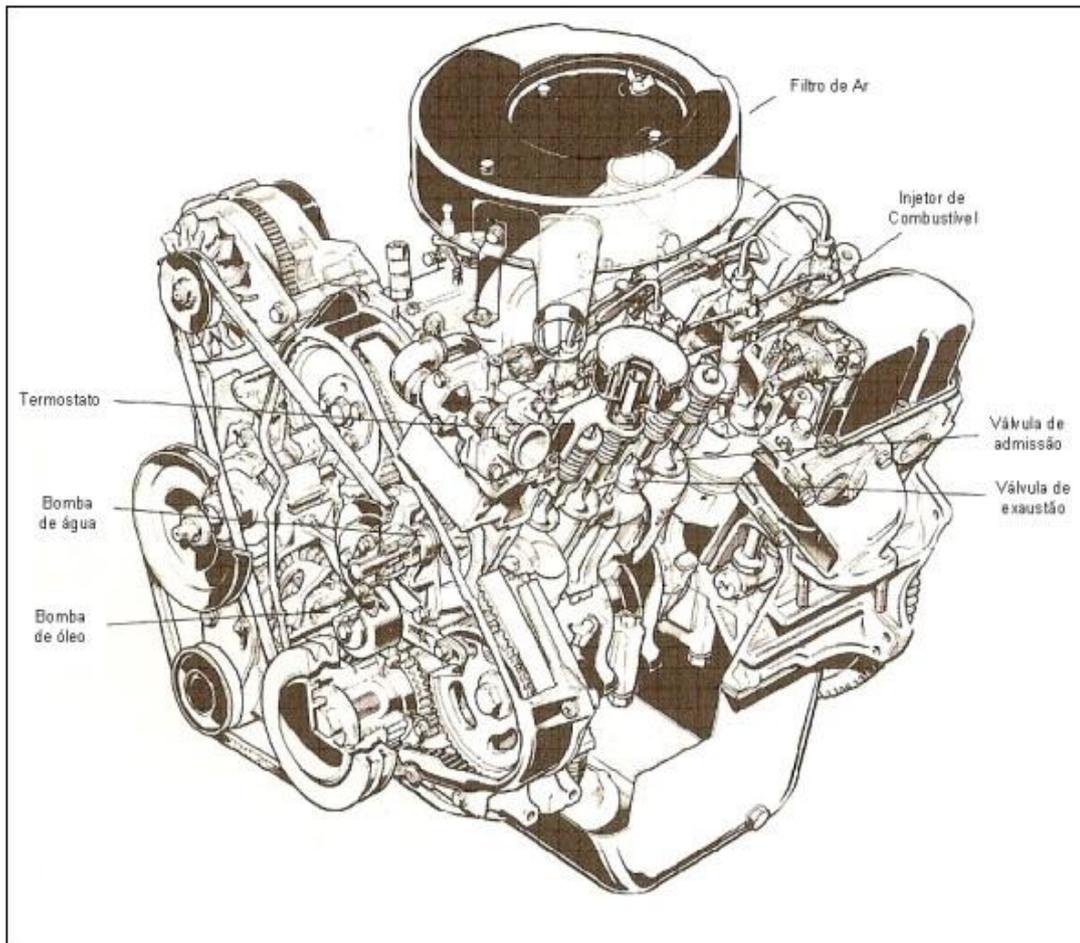


Fonte: [STONE, 1985]

### 2.1.2. MOTORES CICLO DIESEL

Segundo Stone (1985) e conforme a figura 2, os motores a diesel geralmente funcionam com óleo diesel ou vegetal. A combustão é iniciada pela combustão espontânea do combustível injetado em uma massa de ar que é comprimida até que a temperatura de ignição do combustível utilizado seja excedida. Uma bomba mecânica de alta pressão acionada por uma correia presa ao eixo principal bombeia o combustível para a câmara de combustão.

Figura 2 - Motor Ciclo Diesel



Fonte: [STONE, 1985].

## 2.2. TEMPOS DO MOTOR

O ciclo do motor segue uma sequência de funcionamento:

- O combustível é alimentado no cilindro;
- A mistura ar-combustível é comprimida e requer trabalho;
- A mistura queima;
- O gás produzido pela combustão se expande para gerar trabalho.

Elimina o gás do processo. Além disso, em um motor a pistão, esse ciclo pode ser feito de duas maneiras:

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

Em um motor a pistão, esse ciclo é feito de duas maneiras:

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

Nos Motores a pistão, este ciclo é complementado de duas maneiras:

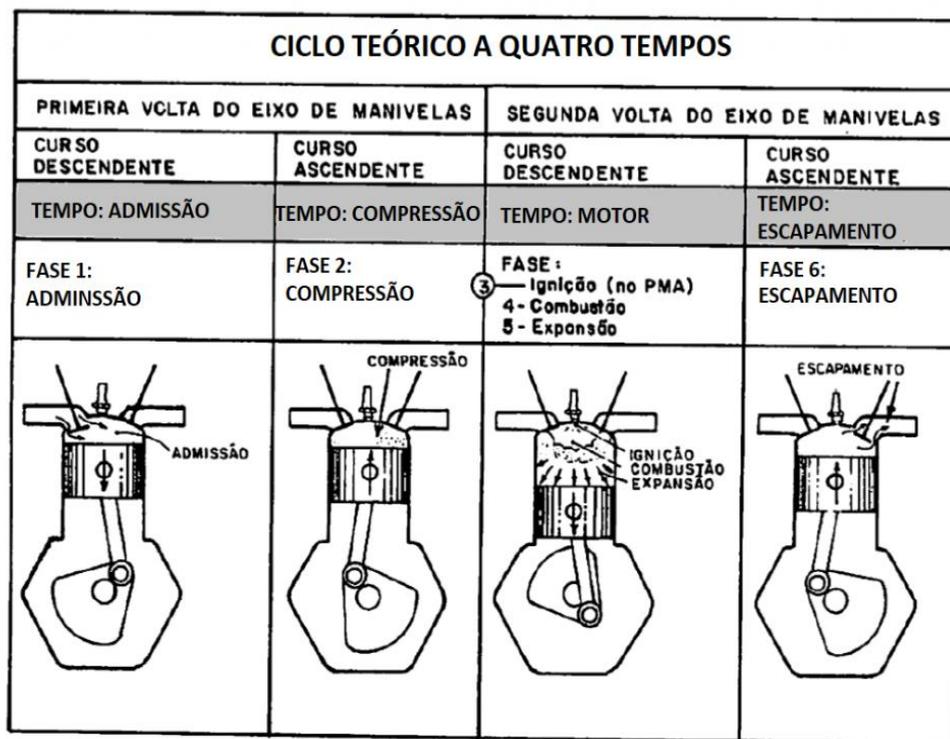
- Ciclo de trabalho de quatro tempos;
- Ciclo de trabalho de dois tempos.

### **2.2.1. MOTOR DE QUATRO TEMPOS**

Conforme Hama (2009) O funcionamento do motor de quatro tempos mostrado na Figura 3 consiste em um ciclo no qual o pistão completa a cada quatro tempos, daí o nome. Durante quatro cursos ou dois ciclos, a peça de trabalho se move no pistão apenas uma vez.

- 1°TEMPO - Curso de Admissão: Inicialmente o pistão está no topo, o chamado ponto morto superior. No primeiro estágio, a válvula de admissão se abre e o pistão desce, sendo puxado pelo virabrequim.
- 2°TEMPO - Curso de Compressão: O pistão sobe e comprime a mistura de ar e vapores de gasolina. O tempo de compressão termina quando o pistão é totalmente levantado.
- 3°TEMPO - Processo de Combustão e Expansão: Para iniciar a combustão da mistura combustível comprimida, é liberada uma descarga entre dois pontos da vela de ignição. A faísca da vela de ignição inflama a mistura e empurra o pistão para baixo, levando-o ao ponto morto inferior.
- 4°TEMPO - Processo de Exaustão: Quando a mistura ar e combustível entra em combustão, ainda resta algum resíduo de combustão que precisa ser removido do interior do motor. Isso é feito quando o pistão sobe, a válvula de escape se abre e os gases de escape são expelidos.

Figura 3 – Tempos do Motor



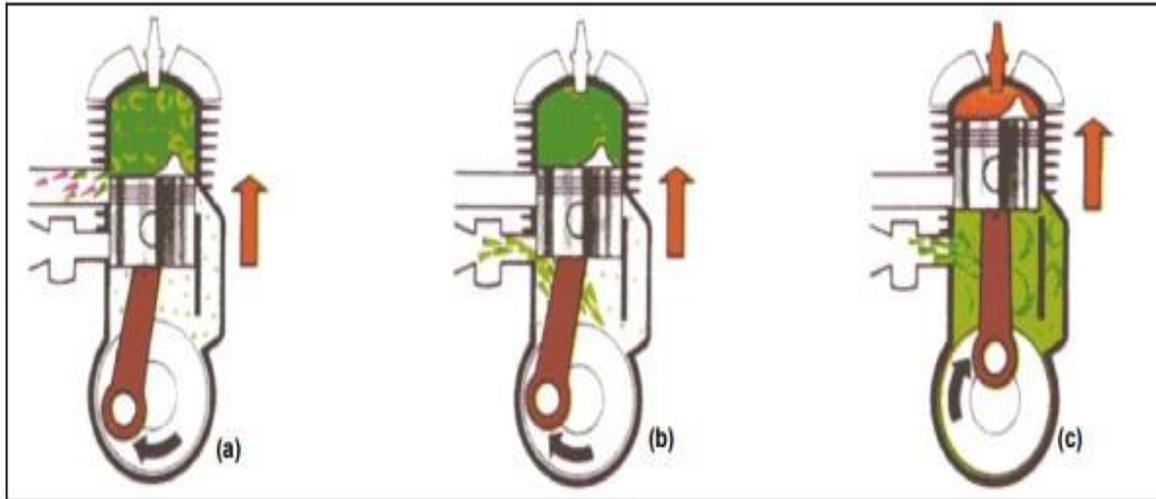
Fonte: [JORGE M. HAMA, 2009]

### 2.2.2. MOTOR DE DOIS TEMPOS

Segundo Martinelli (2003) um motor de dois tempos é uma combinação das funções de pistão de dois tempos em um motor de quatro tempos. Portanto, há um curso do motor por revolução do virabrequim. Normalmente, esses motores não possuem: válvulas, portanto, bielas, tuchos etc. não são necessários: O cárter de tamanho reduzido recebe a mistura de ar-combustível e óleo lubrificante. Ele deve ser fechado com cuidado, pois nele se dá a pré-compressão da mistura.

- 1ºTEMPO – Compressão/Admissão: No movimento ascendente do PMI ao PMS o canal de admissão e as janelas de admissão e escape permanecem fechados em função da própria disposição delas em relação ao curso do êmbolo. Origina-se um vácuo parcial na parte inferior do motor ao mesmo tempo que ocorre a compressão da mistura ar + combustível, na câmara de 15 compressão. Próximo do PMS, a parte inferior do êmbolo abre a janela de admissão e o vácuo formado succiona a mistura ar + combustível para a parte inferior do motor, assim, demonstrado na Figura 4.

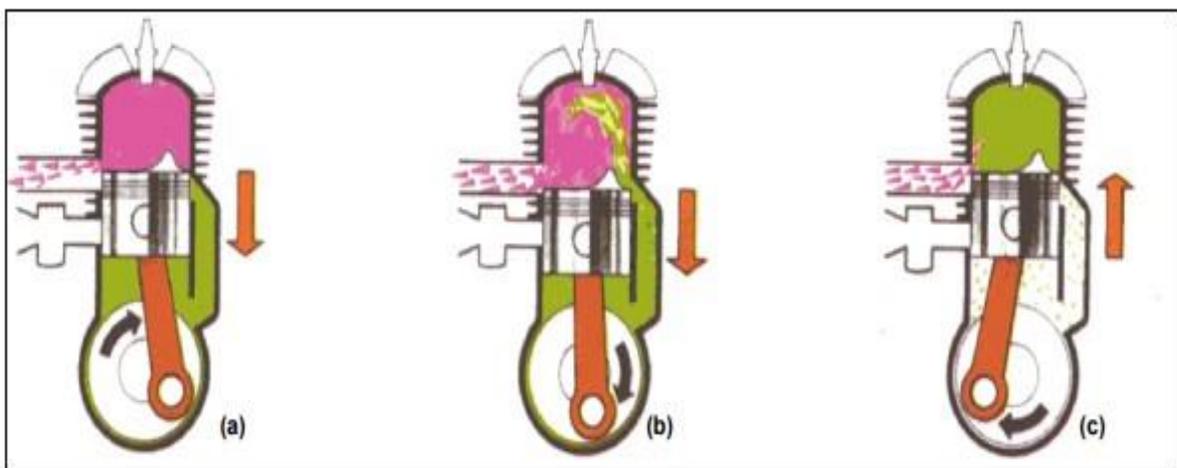
#### Figuraesforço torço. 4– Compressão/Admissão



Fonte: [MARTINELLI JR, 2003]

- 2ºTEMPO – Expansão/Escape: Acontece quando o êmbolo se aproxima do PMS e ocorre uma centelha elétrica e a consequente a ignição da mistura comprimida. A elevação da pressão devido à expansão dos gases empurra o êmbolo em direção ao PMI. Na parte inferior do motor aumenta a pressão sobre a mistura admitida. Próximo ao PMI a cabeça do êmbolo abre o canal de admissão e a janela de escape permitindo a saída dos gases queimados simultaneamente à entrada da nova mistura. A entrada da mistura auxilia na expulsão dos gases queimados, assim, demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Expansão/Escape



Fonte: [MARTINELLI JR, 2003]

### 3. POTÊNCIA

Segundo o estudo de Varella (2009), A potência mostra a taxa de conversão de energia ao longo do tempo. Em aplicações de motores Ciclo Otto, a energia térmica vem da reação do combustível com ar atmosférico. Na combustão, mas nem sempre toda a energia térmica é convertida em energia mecânica pelo motor térmico. Portanto, o motor possui três tipos de potência: potência teórica, potência indicada e potência efetiva.

#### 3.1. POTÊNCIA TEÓRICA

É uma potência estimada com base nas características físicas e no consumo de combustível. Esta potência considera que toda a energia térmica produzida pela combustão é convertida em energia mecânica.

Equação 1 - Potência Teórica

$$PT = Pc * q * d$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

em que,

PT = potência teórica;

Pc = poder calorífico do combustível, kcal.kg-1;

q = consumo de combustível, L.h-1;

d = densidade do combustível, kg.L-1;

#### 3.2. POTÊNCIA INDICADA

A potência é estimada com base na pressão de expansão, características dimensionais e rotação do virabrequim do motor. Após a combustão, a temperatura e a pressão aumentam. A pressão move o pistão de PMS para PMI e realizando trabalho mecânico.

Equação 2 - Potência Indicada

$$PI = \frac{Fe * L}{t} = \frac{Pe * A * L}{t} = Pe * Vcil * \frac{1}{t}$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

em que,

PI = potência indicada, W;

Fe = força na expansão, N;

L = curso do pistão, m;

t = tempo para realizar o ciclo, s;

Pe = pressão na expansão, Pa;

A = área do cilindro, m<sup>2</sup>;

Vcil = volume do cilindro, m<sup>3</sup>.

É definida pelo ciclo do motor, se o motor é 2T ou 4T. Em motores 2T a potência indicada é estimada:

Equação 3 - Potência Indicada Motor 2T

$$t_{2T} = \frac{2 * L}{VLP} \therefore VLP = 2 * L * N \therefore T_{2T} = \frac{2 * L}{2 * L * N} = \frac{1}{N}$$

$$T_{2T} = \frac{1}{N}$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

$T_{2T}$  = tempo para realizar o ciclo em motores 2T, s;

Equação 4- Tempo Ciclo Motor 2T

$$PI = Pe * Vcil * N * n$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

em que,

PI = potência indicada para motores 2T, W;

Pe = pressão na expansão, Pa;

Vcil = volume do cilindro, m<sup>3</sup>;

N = rotação do motor, rps;

$n$  = número de cilindros do motor.

Em um motor 4T, são necessários quatro cursos para completar o ciclo, e a potência indicada é estimada usando a seguinte fórmula:

Equação 5- Potência Indicada e Ciclo Motor 4T

$$t_{4r} = \frac{4 * L}{VLP} \therefore VLP = 2 * L * N \therefore T_{2T} = \frac{4 * L}{4 * L * N} = \frac{2}{N}$$

$$T_{4T} = \frac{2}{N}$$

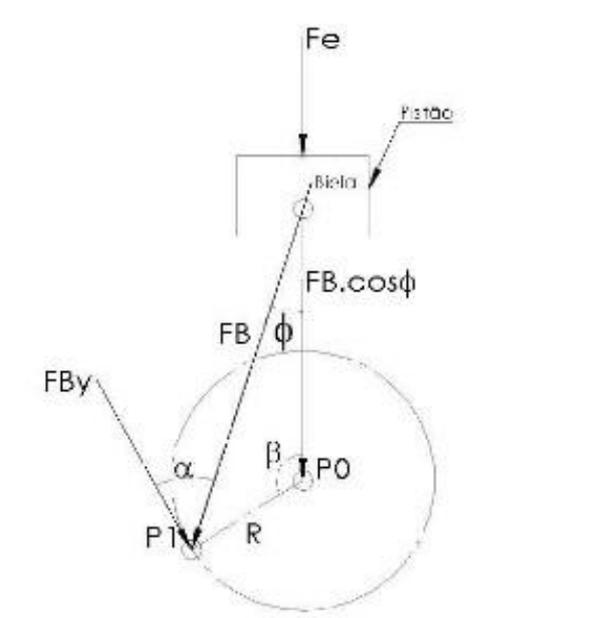
$$PI = \frac{1}{2} * Pe * Vcil * N * n$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

### 3.3. POTÊNCIA EFETIVA

A potência é estimada com base no torque e no giro da roda. Segundo as normas da ABNT, esses parâmetros são obtidos em um aparelho denominado dinamômetro. A estimativa de potência disponível assume que a força tangencial converte a energia mecânica em um círculo de raio  $R$ , Figura 6.

Figura 6 - Diagramada força tangencial  $F_{By}$ .



Fonte: [VARELLA, 2009]

Obtenção da força que atua na biela:

Equação 6 - Força Atuante Haste da Biela

$$F_e = F_B * \cos \phi$$

$$P_e * A = F_B * \cos \phi$$

$$F_B = \frac{P_e * A}{\cos \phi}$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

em que,

$F_B$  = força atuante na haste da biela, N;

$P_e$  = pressão na expansão. Pa;

$\phi$  = ângulo entre haste da biela e vertical, graus.

O torque na árvore de manivelas é obtido por:

Equação 7 - Torque na Árvore de Manivela

$$T_O = F_{By} * R$$

$$T_O = F_B * \cos \alpha * R$$

$$T_O = F_B * \cos(90 - 180 + \phi + \beta) * R$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

em que,

$T_O$  = torque na árvore de manivelas, N.m;

$F_{By}$  = força tangencial, N;

$R$  = raio da circunferência, m.

A potência efetiva pode ser estimada em função da força tangencial  $F_{By}$  e da velocidade angular  $\Omega$  do ponto P1

Equação 8 - Potência Efetiva

$$P_E = F_{By} * \Omega$$

$$PE = FBy * 2 * \pi * R * N$$

$$PE = \frac{TO}{R} * 2 * \pi * R * N$$

$$PE = 2 * \pi * TO * N$$

Fonte: [VARELLA, 2009]

em que,

PE = potência efetiva, W;

TO = torque na árvore de manivelas (torque do motor), N;

N = rotação na árvore de manivelas (rotação do motor), rps.

## 4. TORQUE

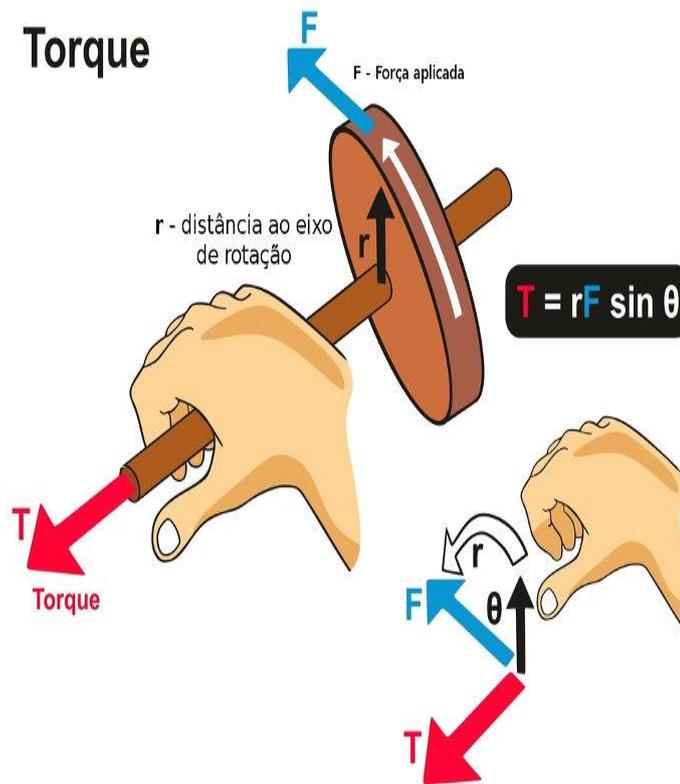
Segundo Estudo de Helerbrock (2022) O torque é definido como o produto da força e da pressão atuando na cabeça do pistão. É um vetor perpendicular ao plano e consiste em dois vetores, a força e o raio de rotação. O vetor momento pode ser calculado pelo produto vetorial da força pela distância.

Um objeto gira quando uma força é aplicada a uma certa distância de seu eixo de rotação, e se um objeto não gira ou gira com uma velocidade angular constante, diz-se que está em equilíbrio rotacional. Esse equilíbrio rotacional afirma que a soma dos torques que atuam no corpo é zero, de modo que o corpo gira a uma velocidade constante ou zero.

### 4.1. UNIDADE DE TORQUE

De acordo com o sistema internacional, a unidade de torque é dada pelo por Newton vezes metro. Define que quando um objeto gira no sentido horário, seu torque é negativo, caso contrário, a magnitude do torque é positiva quando aplicado ao item. A direção do vetor de torque pode ser facilmente definida usando a regra da mão direita demonstrado na Figura 7. O torque pode ser determinado fechando a mão em direção a força. Indicado pela direção do dedão.

Figura 7 – Regra da mão direita



Fonte: [HELERBROCK, RAFAEL. 2022]

O torque pode ser calculado pelo produto da força pela distância e pelo seno do ângulo  $\theta$ , formado entre as grandezas:

Equação 9 - Torque

$$\tau = r * F$$

$$\tau = rF \text{sen} \theta$$

Fonte: [HELERBROCK, RAFAEL. 2022]

onde:

$\tau$  – Torque;

$r$  – Raio;

$F$  – Força;

$\theta$  - ângulo entre r e F

## 4.2. TORQUE E MOMENTO ANGULAR

Torque é a força de rotação, quando aplicamos torque a um objeto, esse objeto adquire velocidade angular, que descreve o movimento rotacional. Podemos dizer que um corpo em rotação tem momento angular. O momento angular é um análogo rotacional do movimento linear, não podemos entender o movimento angular como o momento rotacional de um objeto ou sistema.

O torque pode ser entendido como a mudança no momento angular em relação ao tempo:

Equação 10 - Torque Momento Angular em relação do Tempo

$$F = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$F = \frac{\Delta L}{\Delta t} \rightarrow \text{Torque}$$

Fonte: [HELERBROCK, RAFAEL. 2022]

O momento angular pode ser calculado como o produto vetorial da posição e do momento de um objeto, e a magnitude do momento angular é determinada por:

Equação 11 - Momento Angular

$$L = r * Q$$

$$L = rQ\text{sen}\theta$$

$$L = r * m * v * \text{sen}\theta$$

Fonte: [HELERBROCK, RAFAEL. 2022]

onde:

$L$  – Momento angular (kg.m<sup>2</sup>/s)

$r$  – Raio da trajetória (m)

$Q$  – Quantidade de movimento (kg.m/s)

$\theta$  - ângulo entre  $r$  e  $Q$

## 5. DINAMÔMETROS

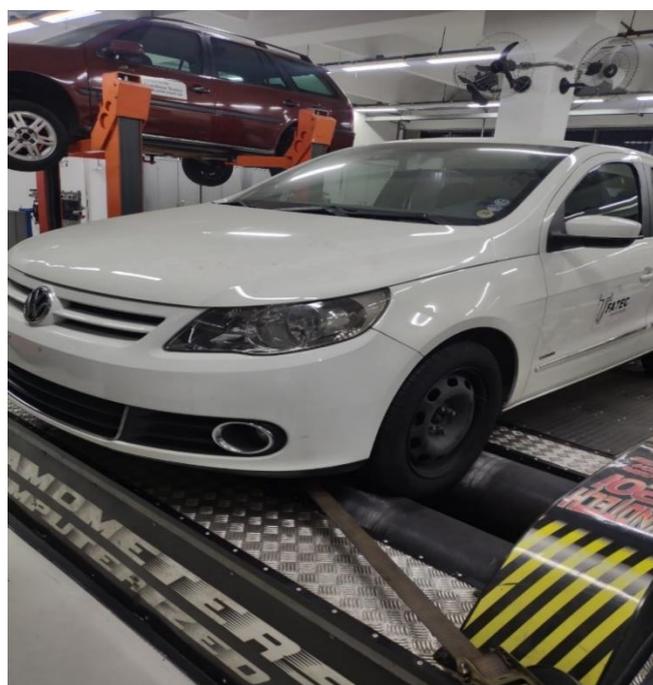
De acordo com o estudo de Martins (2016) o Dinamômetro na indústria automotiva é o equipamento usado para determinar o torque e a potência dos motores usados em veículos. Existem diversas formas de dinamômetros, os quais são divididos em dinamômetro de freio, dinamômetro elétrico, dinamômetro hidráulico e dinamômetro de inércia.

### 5.1. DINAMÔMETRO DE INÉRCIA

Os veículos de massa reduzida proporcionam rápidas acelerações e com essas condições com que eles são usados. Desse modo há uma maneira de testar esses motores ligando a uma instalação que simule a inércia do veículo, medindo a velocidade do motor em função do tempo.

Este tipo de dinamômetro consiste simplesmente em cilindros de inércia que são obrigadas a rodar pelo motor. O motor pode estar diretamente acoplado ao dinamômetro ou com a parte dianteira do veículo colocada diretamente sobre os cilindros do dinamômetro (Figura 8).

Figura 8 – Veículo sobre os cilindros de inércia



Os dinamômetros de inércia são vantajosos por serem fáceis de usar, por não necessitarem de controle e por não exigir arrefecimento. Proporcionam resultados como curva de torque e potência em apenas alguns segundos, mas não podem ser usados para escolher e gravar os dados de injeção e ignição da ECU, medir consumos ou outros tipos de testes, exceto no caso em que também disponham de dinamômetro de “travagem”. Alguns casos dota-se um dinamômetro convencional com massas inerciais de modo a fazerem-se testes de aceleração. As massas inerciais introduzidas servem para modelar a inércia do veículo.

Figura 9 - Medição de Desempenho do veículo



Fonte: [AUTORES, 2022]

## 5.2. DINAMÔMETRO HIDRÁULICOS

Existem vários tipos de dinamômetros hidráulicos, mas o princípio de funcionamento são para todos, um rotor cilíndrico move a água para compartimentos localizados no estator, tentando movê-lo por transferência de quantidade de movimento da água turbulentas, transformando a energia hidráulica em calor e esforço torsor.

A variação do dinamômetro pode ser produzida por três modos: Tipo Froude, Enchimento variável e Dinamômetro de disco.

Tipo Froude: a ligação entre rotor e estator é parcialmente bloqueada pela introdução de finas lâminas.

Enchimento variável: a corrente de água a passar no freio é controlada por uma válvula.

O terceiro tipo de dinamômetro hidráulico é o denominado dinamômetro de disco e consiste num ou em vários discos planos ligados ao eixo motor, separados por um pequeno espaço de discos ligados ao estator. A potência é adquirida pela tensão de corte no filme de água entre os discos. Porém, não é recomendado para funcionamento em baixas rotações, mas aguenta elevadas velocidades, muito indicado para testar turbinas

### **5.3. DINAMÔMETRO ELÉTRICOS**

Há vários tipos de dinamômetro elétricos, e os seus funcionamentos são dados por transformação da energia absorvida em energia elétrica, que pode ser retirada do freio como eletricidade ou como calores resultantes das perdas eletromagnéticas (correntes de Foucault).

Este tipo de dinamômetro tem o rotor em forma de uma engrenagem grande com material de alta permeabilidade magnética, e o mesmo material é utilizado em anéis solidários e no estator, sendo separados por um pequeno espaço no motor. No centro do estator uma bobina que é alimentada por corrente contínua.

Quando a bobina é energizada gera um campo magnético concentrado no rotor, quando o rotor se move, gera corrente nos anéis, que assim se aquecem. Uma vantagem deste tipo de dinamômetro está no fato do motor ser colocado em movimento pelo freio, para medição de perdas mecânicas ou para arranque. De modo geral são limitados a baixa velocidade e tem bastante inércia.

Os dinamômetros de correntes Foucault são os mais utilizados, e o seu funcionamento combina na indução eletromagnética produzida pelo rotor em movimento que geram correntes de Foucault dissipadas na forma de perdas resistivas no estator. O calor dissipado no estator pode ser retirado por dois processos: por água

utilizada como um fluido de resfriamento e o mais comum de ser utilizado, e o segundo por ar, como nos freios elétricos de veículos pesados.

Semelhante a este é o dinamômetro de corrente alternada, que tem as mesmas vantagens, mas apresentam menos inércia e suporta maiores velocidades, Figura 9.

Figura 10 - Dinamometro elétrico



Fonte: [BRUNETTI, 2012]

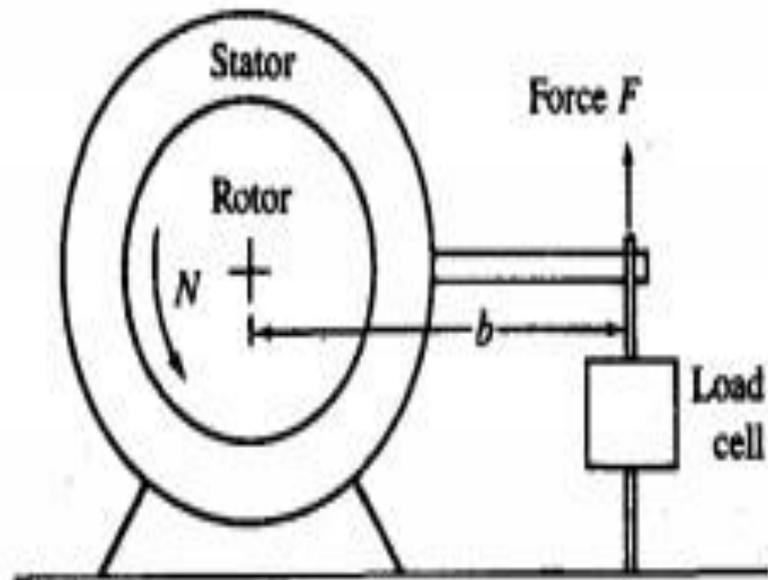
#### 5.4. FREIO DE PRONY

O freio de Prony, desenvolvido em 1821 pelo engenheiro francês Gaspard Prony, é o elemento didático utilizado para compreender o funcionamento dos dinamômetros. Apesar de ilustrar claramente o princípio de funcionamento de todos os dinamômetros, na prática, só pode ser utilizado para pequenas potências. No entanto, é uma ilustração muito clara do princípio de funcionamento de todos os dinamômetros.

O teste de motor é efetuado em uma sala de teste com o motor ligado a um freio dinamométrico que o “trava” a uma dada velocidade ou com um dado binário. O freio consiste num rotor ligado ao motor e num estator apoiado em

rolamentos e “travandos” sobre uma célula de carga colocada no extremo de um braço de comprimento  $b$ , resultando numa força  $F$ , medida por esta. O resultado é um binário de valor  $b \times F$ , que multiplicado pela velocidade de rotação do motor nós dá a sua potência, Figura 10.

Figura 11 - Princípio do freio dinamométrico



Fonte: [MARTINS, 5ª ed. 2016]

## 5.5. COMPARAÇÃO ENTRE DINAMÔMETROS

Vantagens e desvantagens dos tipos de dinamômetros.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos tipos de dinamômetros

<b>Tipo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Inércia	Barato, resultado rápidos em curvas de torque e potência	Serve apenas para medição das curvas de torque e potência
Hidráulico – tipo Froude	Potente, flexível e sobrecargas	Resposta lenta
Hidráulico – enchimento variável	Resposta rápida, potente, flexível, possível automação no controle	Problemas de cavitação e corrosão
Hidráulico – de disco	Indicado para velocidades elevadas	Maus funcionamentos em baixas velocidades
Corrente contínua	Resposta rápida, serve como motor, não necessita arrefecimento	Alto custo, inércia elevada
Corrente alternada	Resposta rápida, serve como motor, não necessita arrefecimento, e baixa inércia	Alto custo
Correntes de Foucault	Potente, resposta rápida, fácil controle eletrônico, baixa inércia	Sensível a mau arrefecimento e a sobrecargas, não funciona como motor

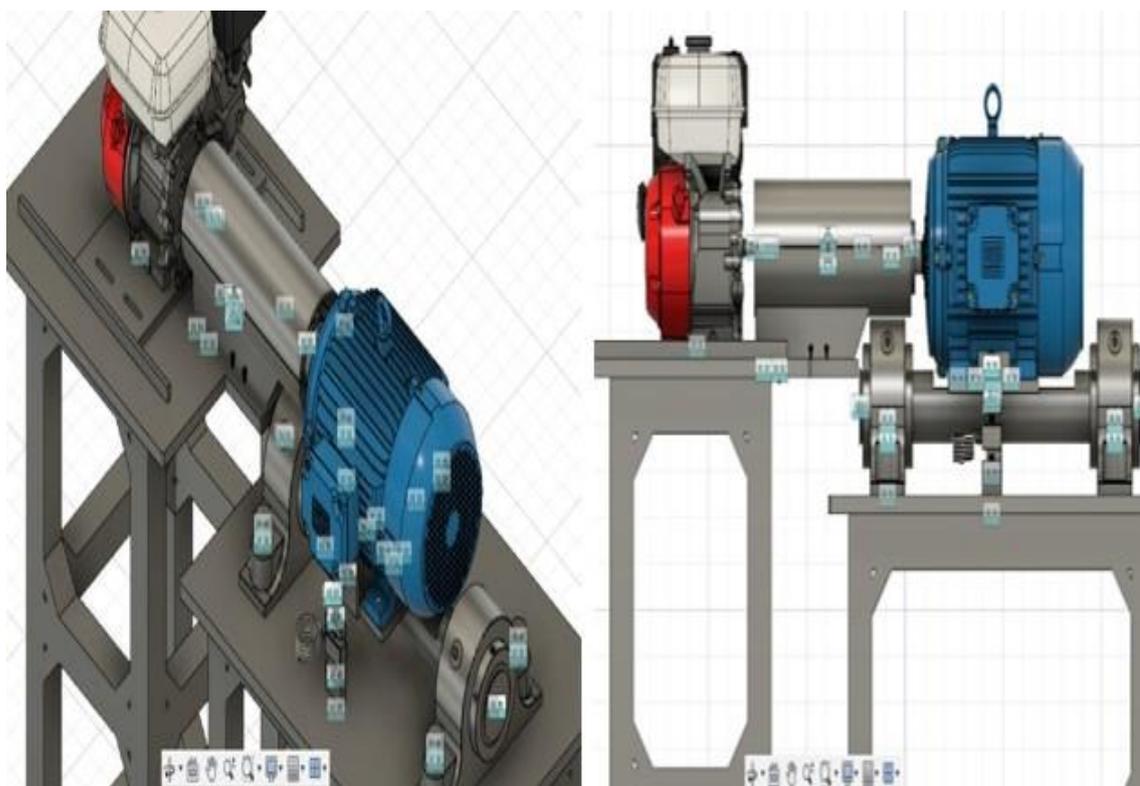
Fonte: [MARTINS, 5ª ed. 2016]

## 5.6. BANCADA DINAMOMÉTRICA DIDÁTICA

A bancada dinamométrica didática é formada por um motor de combustão interna, para essa aplicação utilizaremos motores de combustão de pequeno porte. Na ponta do eixo virabrequim é colocado uma extensão com um outro eixo para fazer a união entre o motor de combustão interna ao motor elétrico. O motor elétrico tem como função fazer uma resistência ao giro do motor de combustão. Embaixo do motor elétrico está fixado a célula de carga.

A resistência que o motor elétrico fornece é simulando uma condição de funcionamento do motor de combustão em uma das suas aplicações. A célula de carga é responsável por fazer a leitura dos parâmetros do motor de torque e potência, que através de um software poderão ser vistos os dados em números e gráficos, assim analisar a melhor condição de funcionamento no motor através de ensaios dinamométricos.

Figura 12 - Bancada Dinamométrica Didática



Fonte: [FRÓES, 2022]

## **6. NORMA NBR ISO 1585 – ENSAIOS DE MOTORES**

A norma ISO “International Organization for Standardization”, tem como objetivo cuidar mundialmente de padrões de normatização de procedimentos.

A ABNT “Associação Brasileira de Normas Técnicas”, tem como objetivo ser um fórum Nacional de Normalização. As normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos comitês Brasileiros (CB) e Organismos de Normalização Setorial (NOS), São elaboradas por comissões do Estudo (CE), Formadas por representantes dos setores envolvidos como: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

A Norma NBR ISO 1585 tem um método de ensaio em motores projetados para veículos automotores. Utilizada para a avaliação do seu desempenho. Analisando, em particular, a apresentação das curvas de potência e de consumo específico de combustível a plena carga em função da rotação do motor.

Segundo a Norma ISO 1585 (1996) ela aplica somente para a avaliação da potência líquida dos motores de combustão interna utilizados para a propulsão de veículos de passageiros ou carga, bem como outros veículos automotores, excluindo motocicletas, motonetas e tratores agrícolas. Os motores podem ser naturalmente aspirados ou sobrealimentados, usando um sobrealimentador mecânico ou turbocompressor.

### **6.1. EXATIDÃO DO EQUIPAMENTO: TORQUE**

O sistema de dinamômetro de torque deve ter uma exatidão de  $\pm 1\%$  na faixa dos valores de escala requerida para o ensaio.

#### **6.1.1. ROTAÇÃO DO MOTOR**

O sistema de medição da rotação do motor (frequência rotacional) deve ter uma exatidão de  $\pm 0,5\%$ .

#### **6.1.2. FLUXO DE COMBUSTÍVEL**

O sistema de medição do fluxo de combustível deve ter uma exatidão de  $\pm 1\%$ .

### **6.1.3. TEMPERATURA DO COMBUSTÍVEL**

O sistema de medição da temperatura do combustível deve ter uma exatidão de  $\pm 1\%$ .

### **6.1.4. TEMPERATURA DO AR**

O sistema de medição da temperatura do ar deve ter uma exatidão de  $\pm 2$  K.

### **6.1.5. PRESSÃO BAROMÉTRICA**

O sistema de medição da pressão barométrica deve ter uma exatidão de  $\pm 100$  Pa<sup>2</sup>).

### **6.1.6. CONTRAPRESSÃO NO SISTEMA DE ESCAPAMENTO**

O sistema utilizado para medir a contrapressão no sistema de escapamento deve ter uma exatidão de  $\pm 200$  Pa.

### **6.1.7. RESTRIÇÃO NO SISTEMA DE ADMISSÃO**

O sistema utilizado para medir a restrição no sistema de admissão deve ter uma exatidão de  $\pm 50$  Pa.

### **6.1.8. PRESSÃO ABSOLUTA NO DUTO DE ADMISSÃO**

O sistema utilizado para medir a pressão absoluta no duto de admissão deve ter uma exatidão de  $\pm 2\%$  da pressão medida.

## **6.2. ENSAIO DE POTÊNCIA EFETIVA LÍQUIDA**

Funcionamento do ensaio de potência efetivas líquida:

- O ensaio de potência de efetiva líquida deve consistir em um ensaio com acelerador plenamente acionado, para motores de ignição por centelha, ou com a bomba injetora na posição fixa de plena carga, para motores de ignição por compressão.

- O desempenho deve ser obtido sob condições estabilizadas onde o automóvel foi desenvolvido para sua operação de trabalho, com um fornecimento adequado de ar fresco para o motor.
- Para o ensaio devem ser obedecidas as recomendações do fabricante quanto ao amaciamento prévio, partida e aquecimento do motor. Na condição de ensaio, tal como a temperatura do ar de admissão, devem ser selecionadas o mais perto possível das condições padrões de referência.
- A medição da temperatura do ar de admissão para o motor (ar ambiente) deve ser de até 0,15m a montante do conduto de admissão do ar.
- O termopar ou termômetro deve ser isolado do calor radiante e localizado diretamente na corrente de ar e isolado dos respingos do refluxo de combustível.
- Deve ser medida a depressão dos dutos de entrada, do filtro de ar, do silenciador da entrada, dos dispositivos de limitação da rotação ou seus equivalentes.
- Deve ser medida a contrapressão do escapamento a um ponto de distância mínima equivalente a três diâmetros do tubo em relação as flanges de saída do coletor de escapamento.
- Os dados não devem ser tornados até que o torque, a rotação e as temperaturas tenham disso mantidas substancialmente constantes por pelo menos 1min.
- Durante o funcionamento ou leitura a rotação do motor não deve desviar-se da rotação selecionada por mais do que  $\pm 1\%$  ou  $\pm 10 \text{min}^{-1}$ , aquela que for maior.
- Ao decorrer com o teste os dados observadores de carga ao freio, fluxo do combustível e a temperatura do ar de admissão devem ser tomados virtual e simultaneamente, devem ser a média de duas leituras consecutivas estabilizadas que não podem variar mais que 2% para a carga de freio e consumo do combustível.
- A temperatura do líquido de arrefecimento na saída do motor deve ser mantida dentro de  $\pm 5 \text{ K}$  da temperatura mais alta controlada termos taticamente, especificada pelo fabricante do veículo. Para motores arrefecidos a ar. A temperatura indicada em um ponto pelo fabricante deve

ser mantida dentro de  $-20^{\circ}\text{K}$  do valor máximo por ele especificado nas condições padrão de referência.

- A temperatura do combustível para motores de ignição por centelha, a temperatura do combustível deve ser medida o mais próximo possível da entrada do carburador ou conjuntos de injetores de combustível, mantida dentro de  $\pm 5$  K da temperatura especificada pelo fabricante.
- A temperatura do combustível para motores de ignição por compressão, a temperatura do combustível deve ser medida na entrada da bomba de injeção do combustível. A medição da temperatura do combustível pode ser feita em qualquer ponto da bomba pela solicitação do fabricante.
- A temperatura do lubrificante deve ser medida na entrada da galeria do óleo ou na saída do arrefecedor do óleo. A temperatura deve ser mantida dentro os parâmetros especificados pelo fabricante.
- O combustível recomendando de referência seja utilizado: CEC RF-01-A-80<sup>3)</sup>, CEC RF-08-A-85, CEC RF-03-A-84, JIS K 2202<sup>4)</sup>, JIS K 2204, 40 CFR, Part 86.113-87<sup>5)</sup> para motores de ignição por centelha, JIS K 2204, 40 CFR, Part 86.1313-87 para motores de ignição por compressão.

### **6.3. FATORES DE CORREÇÃO DA POTÊNCIA**

O teste pode ser realizado em uma sala de teste com ar-condicionado, com condições atmosféricas controladas para corresponder às condições de referência.

Se um parâmetro de efeito for controlado por um dispositivo automatizado, nenhuma correção de efeito deve ser aplicada a esse parâmetro, desde que o parâmetro em questão esteja dentro da faixa válida do dispositivo.

#### **6.3.1. MOTORES DE IGNIÇÃO POR CENTELHA NATURALMENTE ASPIRADOS E SOBREALIMENTADOS – FATOR $\alpha_a$**

O fator de correção,  $\alpha_a$ , para motores de ignição por centelha deve ser calculado pela equação

## Equação 12 - Fator de Correção

$$\alpha_a = \left( \frac{99}{Pd} \right)^{1,2} = \left( \frac{T}{298} \right)^{0,6}$$

Fonte: [ISO NBR, 1996]

Onde,

T= é a temperatura absoluta, em kelvins, na entrada de ar do motor.

Pd= é a pressão atmosférica seca, em quilos pascals, isto é. A pressão barométrica total a pressão do vapor de água.

Esta equação se aplica a motores carburados e a outros motores onde o sistema de controle é projetado para manter uma relação combustível/ar aproximadamente constante nas mudanças das condições ambientais.

Esta equação se aplica somente se,

$$0,93 \leq \alpha_a \leq 1,07$$

Se estes limites forem excedidos, o valor obtido corrigido deve ser apresentado e as condições do ensaio precisamente declarados no relatório de ensaio.

### 6.3.2. FATOR ATMOSFERICO, $F_a$

O fator atmosférico,  $F_a$ , que indica o efeito das condições do meio ambiente (pressão, temperatura e umidade) sobre o ar aspirado pelo motor naturalmente aspirador, motores mecanicamente sobrealimentador e motores turboalimentados, com válvulas de alívio operantes:

## Equação 13 - Fator Atmosférico

$$F_a = \left( \frac{99}{Pd} \right) \left( \frac{T}{298} \right)^{0,7}$$

Fonte: [ISO NBR, 1996]

### 6.3.3. FATOR DO MOTOR, $F_m$

Dentro dos limites estabelecidos para  $\alpha_c$ , o fator do motor,  $F_m$ , é uma função do parâmetro da vazão corrigido de combustível.  $q_c$ , e é calculado pela equação:

Equação 14 - Fator do Motor

$$F_m = 0,0036q_c * 1,14$$

Fonte: [ISO NBR, 1996]

Onde,

Equação 15 - Vazão de Combustível

$$q_c = \frac{q}{r}$$

Fonte: [ISO NBR, 1996]

$q_c$  é o parâmetro da vazão do combustível, em miligramas por ciclo por litro do volume deslocado do motor [mg/(L\*ciclo)]. e é igual a :

Equação 16 - Vazão do Combustível em Miligramas por ciclo por litro

$$\frac{(Z) * (\text{Vazão de combustível em g/s})}{(\text{deslocamento em L}) * (\text{rotação do motor em min}^{-1})}$$

Fonte: [ISO NBR, 1996]

$Z = 120000$  para motores de 4 tempos

$Z = 60000$  para motores de 2 tempos

### 6.3.4. LIMITAÇÃO NO USO DA EQUAÇÃO DE CORREÇÃO

Aplica-se essa equação de correção somente se:

$$0,9 \leq \alpha_c \leq 1,1$$

Se estes limites são excedidos, o valor obtido corrigido deve ser apresentado, e as condições do ensaio (temperatura e pressão) precisamente declaradas no relatório do ensaio.

## 7. EQUIPAMENTOS, ACESSÓRIOS E INSTRUMENTAÇÃO

Para o desenvolvimento de uma bancada didática dinamométrica, utilizaremos como base os motores estacionários Honda GX120 E Honda GX160. Com o objetivo de fazer medições dinamométricas para obter dados do motor como: potência, consumo, torque e comparar os dados técnicos e ver a melhor faixa de desempenho e performance do motor em estudo.

### 7.1. MOTOR HONDA GX 120

O Honda GX 120 é um motor que tem como característica a robustez para as mais diversas atividades, baixo custo de manutenção, alta eficiência com baixo consumo de combustível e fácil partida em qualquer temperatura.

Figura 13 - Motor Honda GX 120



Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.1.1. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

O Motor GX 120 Honda tem as seguintes especificações:

Quadro 2 - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA HONDA GX 120

Comprimento x Largura x Altura	313 x 331 x 321 mm
Peso seco	16,5 kg
Tipo de motor	4 tempos, OHC, monocilíndrico
Cilindrada (diâmetro x curso)	118 cm <sup>3</sup> (60,0 x 42,0 mm)
Potência líquida (de acordo com SAE J1349*)	2,6 kW (3,5 PS, 3,5 bhp) a 3.600 rpm
Torque líquido máximo (de acordo com SAE J1349*)	7,3 N.m (0,74 kgf.m) a 2.500 rpm
Capacidade de óleo do motor	0,40 litro (Quando montado no compactador a 14°)
Sistema de arrefecimento	Arrefecido a ar
Sistema de ignição	Transistorizada com magneto
Rotação do eixo PTO	Sentido anti-horário

Fonte: [HONDA, 2005]

### 7.2. MOTOR HONDA GX 160

O Honda GX 160 é um motor que tem como característica robustez para diversas atividades, baixo custo de manutenção, alta eficiência com baixo consumo de combustível, sem alerta de óleo, Filtro simples, fácil partida em qualquer temperatura, leve e compacto.

Figura 14 - Motor Honda GX 160



Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.2.1. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

O Motor Honda GX 160 tem as seguintes especificações:

Quadro 3 - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA HONDA GX 160

Comprimento x largura x altura	304 x 383 x 335 mm
Massa a seco (peso)	16,9 kg
Tipo do motor	4 tempos, válvula no cabeçote, monocilíndrico
Cilindrada [diâmetro x curso]	163 cm <sup>3</sup> [68,0 x 45,0 mm]
Potência líquida (de acordo com a SAE J1349*)	3,6 kW (4,9 cv) a 3.600 rpm
Torque líquido máximo (de acordo com a SAE J1349*)	10,3 N·m (1,05 kgf·m) a 2.500 rpm
Capacidade de óleo do motor	0,58 litros
Capacidade do tanque de combustível	3,1 litros
Sistema de arrefecimento	Circulação forçada de ar
Sistema de ignição	Magneto transistorizado
Rotação do eixo da tomada de força	Anti-horário

Fonte: [HONDA, 2005]

### 7.3. ABASTECIMENTO HONDA GX 120/160

Este motor é certificado para operar com gasolina sem chumbo com índice de octanas nominal de 86 ou superior (octanagem teórica nominal de 91 ou superior).

Reabasteça em uma área bem ventilada com o motor desligado. Se o motor estava em funcionamento, deixe-o esfriar primeiro. Nunca reabasteça o motor no interior de uma edificação onde os vapores de gasolina possam atingir chamas abertas ou faíscas.

### 7.4. ÓLEO DO MOTOR HONDA GX 120/160

Use óleo de motor 4 tempos que atenda ou exceda os requisitos de classificação de serviço API SL ou superior (ou equivalente). Sempre verifique a etiqueta de serviço API na embalagem de óleo para certificar-se de que contenha as letras SL ou superior (ou equivalente). A viscosidade 10W-30 é recomendada para uso geral, Figura 15.

Figura 15- Óleo do Motor



Fonte: [MOTUL, 2022]

## 7.5. COMPONENTES DO MOTOR HONDA GX 120/160

Para o funcionamento do motor Honda GX 120/160 são necessários de componentes para obter o desempenho especificado pelo fabricante, por exemplo: consumo, desgaste e poluição.

### 7.5.1. FILTRO DE AR

O filtro de ar é elemento filtrante cujo restringirá o fluxo de ar para o carburador, reduzindo o desempenho do motor, evitando que as partículas de impureza do ar cheguem à câmara de combustão e reduzindo o desgaste prematuro.

O filtro de ar é composto pelos seguintes componentes: Porca-borboleta, Tampa do filtro de ar, Elemento de papel, Elemento de espuma e Junta, Figura 16.

Figura 16 - Filtro de Ar



Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.5.2. TANQUE DE COMBUSTÍVEL

O tanque de combustível tem como objetivo ser um recipiente destinado a armazenar a substância inflável como o combustível que será utilizado na combustão, no caso do motor estacionário: gasolina sem chumbo com índice de octanas nominal de 86 ou superior (octanagem teórica nominal de 91 ou superior).

Conforme a Figura 17, o tanque de combustível está localizado em um ponto estratégico, onde fica na parte superior do motor para que a gravidade faça a gasolina que está no tanque passe por uma mangueira que em uma das pontas é acoplada na parte inferior do tanque e o outro lado no carburador e assim realizando o fluxo da gasolina.

Figura 17 - Tanque de Combustível



Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.5.3. CARBURADOR

O carburador dosa a quantidade de combustível que é injetado na mistura ar/combustível que entra no sistema de alimentação do motor, Figura 18.

*Figura 18 - Carburador*



Fonte: [AUTORES, 2022]

O carburador é composto pelos seguintes componentes:

- Boia controladora de nível
- Válvula de boia
- Agulha do pistão
- Pistão de aceleração ou êmbolo
- Diafragma
- Cuba de nível constante
- Mola do pistão de aceleração
- Válvula borboleta
- Giclê de marcha lenta
- Giclê principal
- Parafuso de ajusta da mistura

A marcha lenta é regulada por um parafuso que é localizado na lateral do carburador onde em baixa rotação, o combustível é levado da cuba até a região que acontecerá a mistura. A partir do vácuo de baixa pressão que o pistão de aceleração cria no cilindro e faz o combustível passe giclê de marcha lenta e em seguida pelo parafuso que ajusta a mistura da marcha lenta, demonstrado na Figura 19.

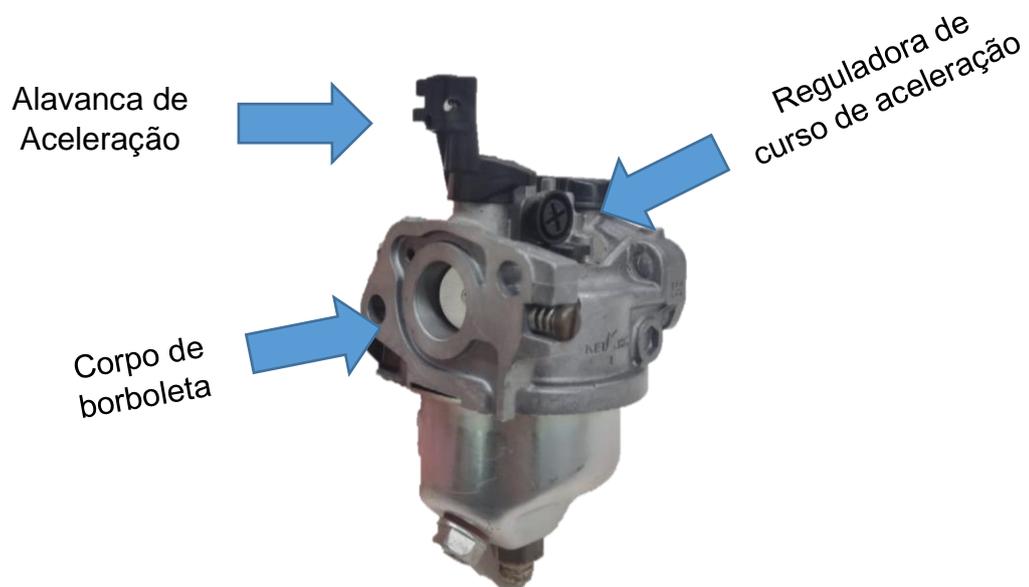
Figura 19 - Reguladora de marcha lenta



Fonte: [AUTORES, 2022]

A aceleração do motor é feita por uma alavanca que é acoplada no carburador onde tem com o objetivo abrir ou fecha o corpo de borboleta assim proporcionando que o vácuo passe a influenciar na câmara superior de vácuo. com isso, aspirar o diafragma para cima e desloca a agulha do pistão de aceleração, permitindo a passagem do combustível pelo giclê principal, Figura 20.

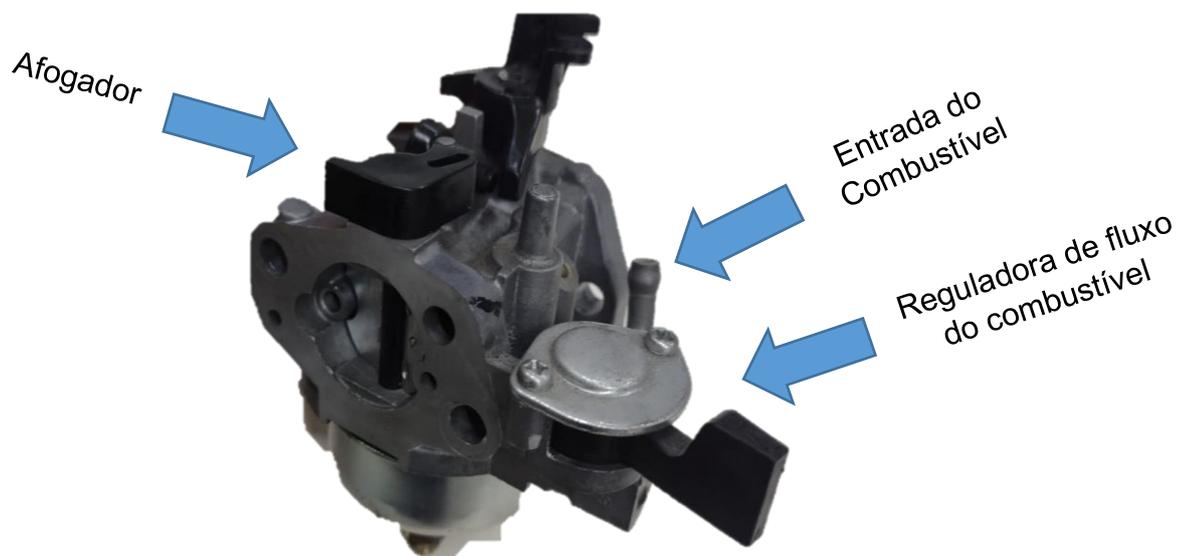
Figura 20 - Alavanca de Aceleração



Fonte: [AUTORES, 2022]

Para acontecer a partida do motor o carburador tem um sistema para facilitar a sua partida, ele conta com um sistema de afogador (Figura 21) que é um desvio no sistema, adicionando um fluxo de combustível no sistema dentro do cilindro, aumentando a quantidade de combustível presente na mistura e facilitando a partida do motor.

Figura 21 - Afogador



Fonte: [AUTORES, 2022]

#### 7.5.4. VELA DE IGNIÇÃO

A vela de ignição é um componente elétrico onde tem a função de produzir faísca que inflama a mistura de combustível e ar nas câmaras de combustão do motor.

Nos motores Honda GX 120/160 são usadas as seguintes velas de ignição: BPR6ES (NGK) e a W20EPR-U (DENSO). para o motor obter um bom desempenho as velas de ignição devem apresentar a folga correta e estar livre de depósitos, Figura 22.

*Figura 22 - Vela de Ignição*



Fonte: [AUTORES, 2022]

A folga tem que ser medida com um calibre de lâminas ou calibre de furos que além de medir a folga medira o paralelismo do eletrodo lateral, passando o calibre de furo, testaremos se a folga está entre 0,7 – 0,8 mm e se for necessário dobre cuidadosamente o eletrodo lateral.

Conforme a figura 23, o calibre de furos 0,70mm passa livremente pelo eletrodo lateral e analisando a figura 24, o calibre de furos 0,80mm tem dificuldade para passar pelo eletrodo lateral. após essa calibração tivemos a conclusão de que a vela de ignição está pronta para o uso.

*Figura 23 - Calibre de Furos 0,70mm*



Fonte: [AUTORES, 2022]

*Figura 24 - Calibre de Furos 0,80mm*

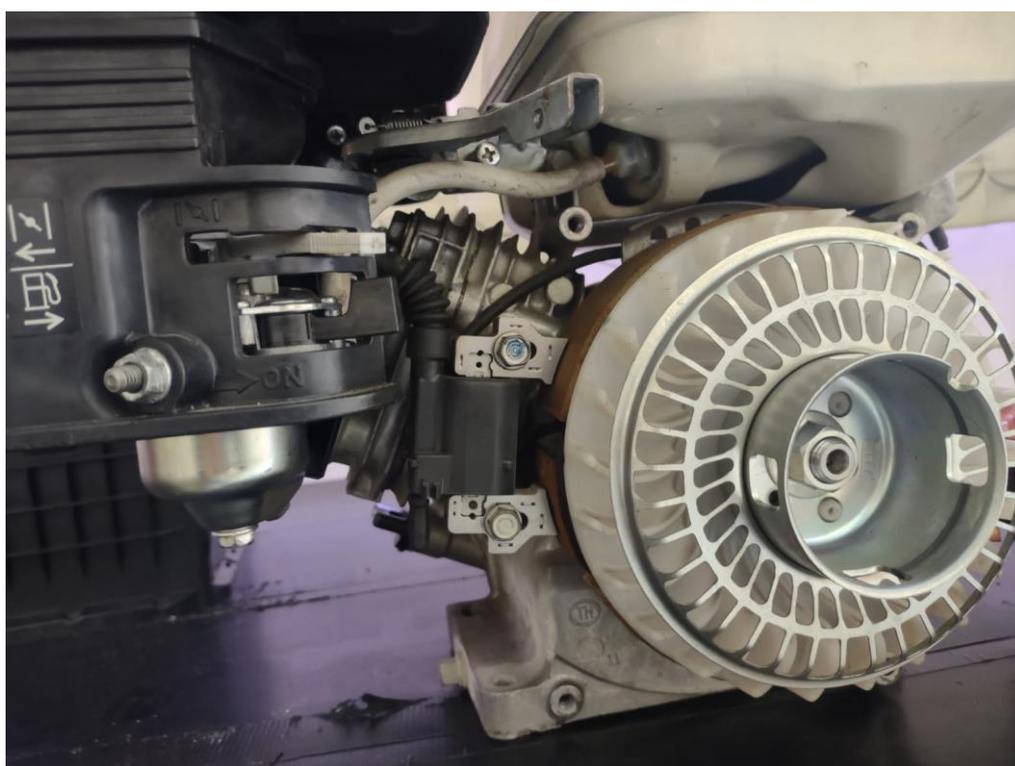


Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.5.5. IGNIÇÃO POR MAGNETO

De acordo com estudo de Carlos (2002), O magneto é um tipo especial de gerador elétrico que usa ímãs permanentes como fonte de energia. Eles geram uma alta tensão que força a faísca a pular entre os eletrodos da vela de ignição em cada cilindro. Sua ação é que o esteja sincronizado com o motor, então a faísca só ocorrerá quando o pistão estiver com o curso correto, graus do virabrequim ajustado antes do ponto morto superior, Figura 25.

Figura 25 - Ignição por Magneto



Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.5.6. AVANÇO CENTRÍFUGO

O avanço centrífugo faz com que a bobina de ignição e as velas de ignição disparem mais cedo à medida que a velocidade do motor aumenta, usando o peso da mola, a força centrífuga e a alavanca para girar o came de sincronização ou a roda de gatilho. O tempo de ignição é melhorado girando o came do distribuidor ou a roda de liberação oposta à rotação do eixo do distribuidor. Este procedimento ajuda a corrigir o ponto de ignição para potência máxima do motor. Basicamente, a alimentação

centrífuga consiste em dois pesos de alimentação, duas molas e uma manivela de alimentação, Figura 26.

Figura 26 - Avanço Centrífugo



Fonte: [Motos, 2022]

#### **7.5.7. SISTEMA DE DESCARGA DOS GASES**

O sistema tem a função de eliminar os gases gerados após a queima dos cilindros, ele conduz os gases devidamente filtrados para fora do motor. O escapamento do motor (Figura 27) contém gás de monóxido de carbono venenoso que pode acumular-se rapidamente em áreas fechadas e causando doenças e morte, com isso, sempre ligue o motor em um local de área aberta.

Figura 27 - Descarga dos Gases



Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.5.8. PARTIDA RETRÁTIL

Conforme a figura 28, a partida retrátil é um mecanismo de arranque, composto por uma corda com uma pega na extremidade e uma mola. A corda é enrolada dentro de um carretel que é mantido sob tensão de mola dentro de um carretel externo. A partida está em contato com uma extremidade do virabrequim por meio de um mecanismo catraca.

Quando tem o aperto da corda e é puxado, a corda desenrola e tensiona a mola, engata e gira o virabrequim, girando-o para acionar ou ligar o motor antes do final de curso de tração. Quando a corda é liberada, o carretel operado por mola retrai a corda, preparando-a para a próxima operação de partida.

Figura 28 - Partida Retrátil



Fonte: [AUTORES, 2022]

### 7.5.9. PARTIDA ELÉTRICA DO MOTOR HONDA GX 160

A partida elétrica que é demonstrada pela figura 29, tem o objetivo de iniciar o funcionamento do motor utilizando um motor de arranque com solenoide, bobina de carregamento, volante elétrico com anel de engrenagem, uma chave de ignição universal e uma bateria 12V com um valor de amperes por hora de, pelo menos, 18 Ah.

O motor de arranque é alimentado por um cabo positivo que vem da bateria e um negativo que é ligado na carcaça do motor, ele é acionado ao girar a chave de partida. Ao girar a chave de partida o primeiro estágio do motor de arranque é acionado, nesse momento a solenoide é acionada e gera um campo magnético que aciona o mecanismo, projetando o pinhão em direção a cremalheira, ao girar a chave para o segundo estágio da ignição, as escovas do motor são eletrificadas e junto com o campo magnético, geram movimento e as partes mecânicas produzindo a força necessária para iniciar o ciclo de combustão.

A bobina de carregamento é responsável pela transformação da tensão da bateria na alta tensão necessária para formar uma centelha, ela é mandada para as velas de ignição onde são produzidas as faíscas que realizam a combustão.

Figura 29 - Partida Elétrica



Fonte: [AUTORES, 2022]

#### **7.5.10. SISTEMA DE ARREFECIMENTO**

Os motores Honda GX 120/160 têm um sistema de arrefecimento a ar onde é baseado na colocação das partes mecânica do motor para uma geração de fluxo de ar e subsequentemente resfriando o motor.

#### **7.5.11. FUNCIONAMENTO DA CÂMARA DE COMBUSTÃO**

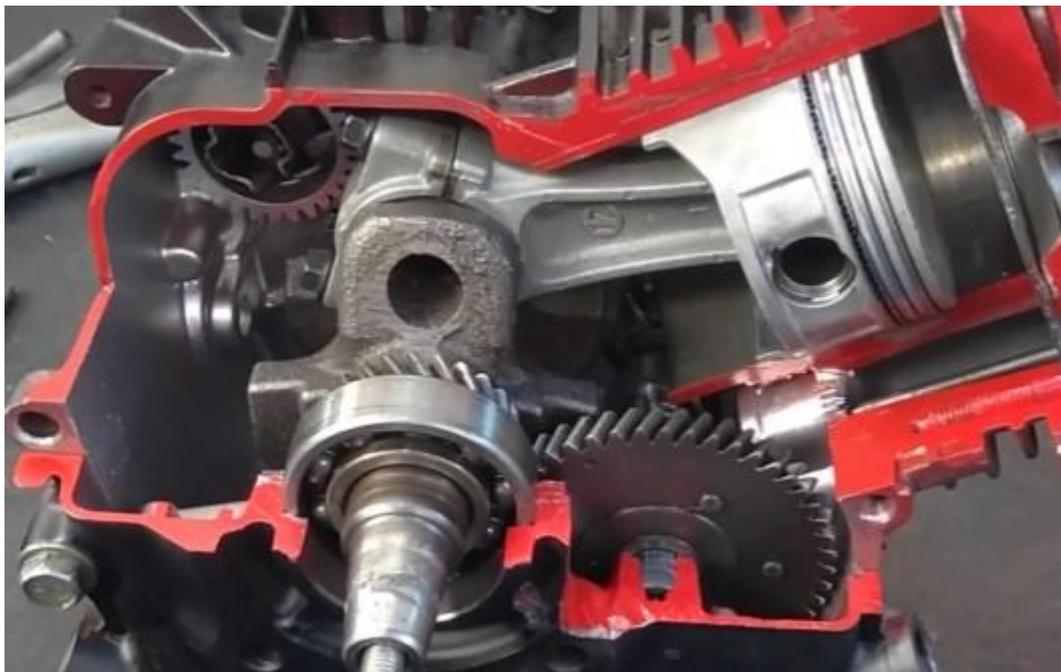
O Motor Honda GX 120/160 são motores de 4 tempos, onde consiste no ciclo que se completa a cada quatro cursos de pistão, 1ºTEMPO – Curso de Admissão, 2ºTEMPO – Curso de Compressão, 3ºTEMPO – Processo de Combustão e Expansão e 4ºTEMPO – Processo de Exaustão.

São motores OHC onde possui o eixo de comando no cabeço, acima das válvulas de admissão e do escapamento. Esse tipo de motor possui menos peças e

consequentemente, menos componentes móveis que poderão desgastar, conseguindo maior elasticidade e trabalho a rotações mais altas.

E é um motor mais simples, chamado de monocilíndrico. São Motores que possui apenas um pistão e menos peças internas. Por isso seu tamanho tão compacto, Figura 30.

Figura 30 - Câmara de Combustão



Fonte: [GREGOL, 2020]

## 8. CONCLUSÃO

Com o estudo realizado através dos materiais apresentados, foi possível entender o funcionamento de um motor de combustão interna, suas classificações sendo ciclo Otto e ciclo Diesel, e no caso do ciclo Otto foi apresentado o funcionamento de dois motores em tempos diferentes, sendo um motor de funcionamento em dois tempos e outro motor em quatro tempos.

Os motores utilizados para as pesquisas e estudos foram os HONDA GX120 e HONDA GX160, motor estacionários de quatro tempos. Apresentamos os parâmetros que devem ser analisados em estudo de Potência e Torque através de ensaio no dinamômetro.

De acordo com as normas ISO e ABNT, foram apontados métodos de ensaio para a obtenção dos dados previamente citados, como:

- O ensaio de potência efetiva, o dinamometrista precisa estar com o acelerador plenamente acionado;
- Condições climáticas, ar fresco para o motor, temperatura do ar de admissão;
- Condição de ensaio, seguindo as recomendações para do fabricante quanto ao amaciamento prévio, partida e aquecimento do motor;
- Temperatura dos fluidos, lubrificante e arrefecimento, bem como a temperatura e a pressão do combustível injetado.

Com o desenvolvimento da bancada didática para ensaios dinamométricos, vão ser possível realizar ensaios de motores estacionários, a fim de verificar a melhor condição de funcionamento para os motores, visando o torque, potência e consumo. Os futuros alunos da disciplina de Ensaio dinamométricos vão fazer a utilização dessa ferramenta e ter o conhecimento mais abrangentes de diversos tipos de medições, grande e pequena escala.

Vale ressaltar que, as condições climáticas são fundamentais nesse tipo de análise, já que os motores são desenvolvidos para uma condição especificada pelo próprio fabricante e registrado em normas técnicas.

Nos estudos foram acrescentadas as especificações dos motores HONDA GX120 e GX160 que serão utilizados nos ensaios, fizemos um estudo dos motores e apresentamos todos os componentes e sistemas empregados, como: especificações do óleo lubrificante utilizado, sistema de ignição, carburador, vela ignição e filtro de ar. No caso do motor GX160 tem todas as funções citadas mais o acréscimo da partida elétrica, e cada componente com a sua descrição.

Podemos finalizar apontando que uns dos principais objetivos do trabalho é reunir as informações técnicas, componentes, sistemas do motor e dados de ensaios em um único lugar para servir de manual para as próximas turmas que utilizarão a ferramenta na disciplina Ensaio Dinamométrico.

### **8.1. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS**

Avaliando o andamento do nosso projeto atual realizando o estudo sobre os motores de pequeno porte, podemos apontar uma proposta para um futuro trabalho, que seria a elaboração da bancada didática para ensaios dinamométricos.

O funcionamento da bancada didática, consiste na utilização dos motores a combustão, um motor elétrico, um eixo que irá fazer a união entre os dois motores e a célula de carga.

Será necessário o desenvolvimento de um software que fará a leitura da célula de carga para a obtenção dos dados nos ensaios, ou fazer uma pesquisa afim de encontrar um software que atenda a aplicação na bancada didática.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 1585**. Apresentação de veículos rodoviários – Código de ensaio de motores – Potência líquida efetiva. 29/07/1996. Disponibilizada na aula de Ensaios Dinamométricos pelo professor: Marco Aurélio Fróes (1 semestre/2022).

BRUNETTI, FRANCO. **Motores de Combustão Interna**. Volume 1. São Paulo: Blucher, 2012. 553 p.

BOSCH, ROBERT. **Manual de tecnologia automotiva/Rober Bosch**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 1231p.

MARTINS, JORGE. **Motores de Combustão Interna**. 5º Ed. revista. E aumentada. Madri: Engebook 2016. 500p.

STONE, Richard. **Introduction to Internal Combustion Engines**. 4ª Ed. London: Macmillan. Red Globe Press 2012. 516p.

CARLOS, ALBERTO ALVES VARELLA. **Estimativa da potência dos motores de combustão interna**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009. 8p.

MARTINELLI JR. LUIZ CARLOS. **Máquinas Térmicas I: Motores de combustão interna**. Unijuí. Campus Panambi. 2003. 86p

HELERBROCK, Rafael. **“Torque”**, Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/torque-uma-forca.htm>>. Acesso em 13 de setembro de 2022.

HONDA Motor, **Manual do utilizador GX120, GX160, GX200**. 2005.

Gregol. Eduardo. **“Motor Estacionário 6.5/5.5 em corte. Gregol Ensina”**. 28/06/2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=I5PfhNAkp2M>>. Acesso em 19 de novembro de 2022.

MOTUL. **“MOTUL 5100 10W-30 4T”**. Disponível em: <<https://www.motul.com/br/pt/products/5100-4t-10w30--2>>. Acesso em 19 de novembro de 2022.

CARLOS FERREIRA, EVANDRO. **Sistemas de Ignição e Elétrico do Motor.** AeroTD, Escola de Aviação Civil. 2002. 156p.

Antigas Ltda, Motos. “**Avanço Centrífugo / Excêntrico Distribuidor Ignição Turuna réplica**”. Disponível em: <  
<https://www.motosantigas.com.br/produtos/Avan%2F+Centrifugo+%2F+Exc%2F+Distribuidor+Igni%2F+Turuna+HONDA+Turuna+Eletrica+Arranque+CDI+Platinado-28526.html>>. Acesso em 30 de novembro de 2022.