



**Rammon Tassinari Alves**

**DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA ENSAIOS DINAMOMÉTRICOS DE  
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**

Horizontina-RS

2022

**Rammon Tassinari Alves**

**DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA ENSAIOS DINAMOMÉTRICOS DE  
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**

Projeto do Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a o Trabalho Final de Curso na Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Tiago Sinigaglia.

Horizontina-RS

2022

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

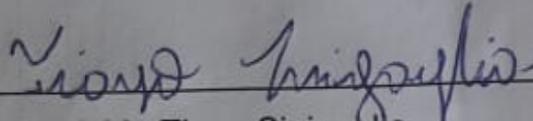
A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de  
curso

"Desenvolvimento de bancada para ensaios dinamométricos de motores  
de combustão interna"

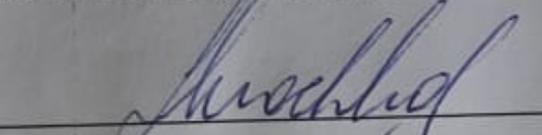
Elaborada por:  
Rammon Tassinari Alves

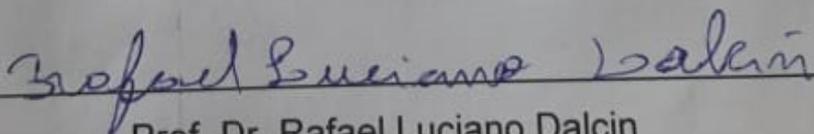
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 09/12/2022  
Pela Comissão Examinadora

  
Prof. Me Tiago Sinigaglia

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

  
Prof. Dr. Luis Carlos Wachholz  
FAHOR – Faculdade Horizontina

  
Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin  
FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2022

## RESUMO

O dinamômetro é um dos principais equipamentos em um laboratório de ensaios de motores a combustão interna, sendo capaz de determinar e levantar vários dados sobre o funcionamento de um motor. Através de pesquisa descritiva exploratória, com uma abordagem quantitativa e uma revisão bibliográfica foi possível escolher o tipo de dinamômetro e os parâmetros para a realização de ensaios de torque e potência. Este trabalho tem como objetivo dimensionar, projetar e fabricar uma bancada didática para análise dinamométrica em motores de combustão a gasolina de 10 HP. Foi apresentada uma tabela com os custos para a fabricação aonde o foco sempre foi manter um custo baixo, assim na maior parte dos equipamentos estão disponíveis no comércio local, alguns comprados da *internet* e outros em desmanche de máquinas agrícolas. A bancada foi projetada em estrutura metálica, com suporte para o motor e todos os componentes da transmissão necessários para o seu funcionamento. Provida de painel para controle das informações e rodas para facilitar a sua locomoção. O projeto foi executado junto a Oficina Tio Roni na cidade de Horizontina-RS, tendo disponível diversos equipamentos e ferramentas necessárias para o desenvolvimento e fabricação da bancada dinamométrica. Sendo de fácil operação a bancada dinamométrica possibilitou a realização de testes em que foi possível encontrar os valores de torque e potência do motor Briggs&Stratton de 10 HP, que está apresentado no trabalho em forma de gráfico o comparativo dos resultados obtidos em diversas rotações do motor.

**Palavras-chave:** Bancada Dinamométrica. Motor de combustão. Torque e Potência.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estágios termodinâmicos de um motor de quatro tempos .....	10
Figura 2 – Esquema funcional do dinamômetro .....	12
Figura 3 – Esquema funcional dinamômetro Prony .....	13
Figura 4 – Motor Briggs&Stratton 10 HP.....	15
Figura 5 – Bancada desenvolvida em software 3D.....	16
Figura 6 – Estrutura da bancada .....	16
Figura 7 – Conjunto soldado.....	17
Figura 8 – Conjunto montado com eixo, mancais e rolamentos .....	17
Figura 9 – Conjunto braço de alavanca .....	18
Figura 10 – Eixo chavetado para transmissão.....	18
Figura 11 – Rodas para movimentação da bancada .....	19
Figura 12 – Mancais de rolamentos.....	19
Figura 13 – Rolamentos.....	20
Figura 14 – Embreagem centrífuga .....	20
Figura 15 – Engrenagem .....	21
Figura 16 – Transmissão montada e corrente .....	22
Figura 17 – Balança 25 kg.....	22
Figura 18 – Bomba hidráulica .....	23
Figura 19 – Reservatório hidráulico .....	24
Figura 20 – Manômetro hidráulico .....	24
Figura 21 – Válvula reguladora de vazão hidráulica .....	25
Figura 22 – Sensor de rpm montado na bancada.....	26
Figura 23 – Bateria .....	27

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
1.1 TEMA .....	7
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	7
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	7
1.4 HIPÓTESES .....	7
1.5 OBJETIVOS .....	7
1.5.1 OBJETIVO GERAL .....	7
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
1.6 JUSTIFICATIVA .....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	9
2.1 BANCADAS DIDÁTICAS .....	9
2.2 MAQUINAS TÉRMICAS .....	9
2.2.1 MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA .....	9
2.2.2 CICLO OTTO .....	9
2.2.3 COMBUSTÍVEIS .....	10
2.2.4 TORQUE E POTÊNCIA .....	10
2.3 DINAMÔMETRO .....	12
2.3.1 DINAMÔMETRO PRONY .....	12
2.3.2 DINAMÔMETRO HIDRÁULICO .....	13
3 METODOLOGIA .....	14
4 RESULTADOS .....	15
4.1 MOTOR .....	15
4.2 BANCADA .....	15
4.2.1 MATERIAIS NECESSÁRIOS .....	16
4.2.2 RODAS .....	18
4.3 COMPONENTES MECÂNICOS .....	19
4.3.1 MANCAIS E ROLAMENTOS .....	19
4.3.2 EMBREAGEM CENTRÍFUGA .....	20
4.3.3 ENGRENAGEM .....	21
4.3.4 CORRENTE .....	21
4.3.5 BALANÇA .....	22
4.4 COMPONENTES HIDRÁULICOS .....	23
4.4.1 BOMBA HIDRÁULICA .....	23
4.4.2 RESERVATÓRIO HIDRÁULICO .....	23
4.4.3 MANÔMETRO HIDRÁULICO .....	24
4.4.4 VÁLVULA REGULADORA DE VAZÃO HIDRÁULICA .....	25
4.4.5 MANGUEIRAS HIDRÁULICAS .....	25
4.4.6 ÓLEO HIDRÁULICO .....	26
4.5 COMPONENTES ELÉTRICOS .....	26
4.5.1 TACÔMETRO DIGITAL DE RPM COM SENSOR HALL .....	26
4.5.2 BATERIA .....	27
4.6 CUSTOS .....	27
4.7 EXPERIMENTO E VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS .....	28
CONCLUSÃO .....	30
REFERÊNCIAS .....	31

## 1. INTRODUÇÃO

Motor de combustão interna é uma máquina térmica que tem como função converter energia térmica em energia mecânica e se faz presente em diversas aplicações, desde o fornecimento de energia mecânica para sistemas industriais até veículos aquáticos, aéreos e terrestres.

Geralmente os motores que utilizam a combustão interna são os de quatro tempos, onde transmite-se o trabalho a cada quatro tempos ou duas rotações.

O que impulsiona os pistões é o aumento da pressão interna na câmara, decorrente a combustão. Os motores de combustão interna utilizam os próprios gases de combustão como trabalho. No interior das câmaras de combustão a mistura de ar e combustível é queimada para que essa reação seja suficiente para mover os pistões do motor. A força exercida sobre o pistão é transmitida para o eixo virabrequim do motor em forma de torque, que junto com a rotação do motor pode ser considerado como potência disponível.

Os ensaios de motores à combustão interna em bancada dinamométrica permitem que sejam divulgados dados de desempenho com precisão e imparcialidade, e, portanto torna-se necessária a implementação de procedimentos padronizados, com reconhecimento e aceitação pela comunidade científica.

A finalidade principal da bancada de ensaios é a geração de informações, relacionadas ao desempenho do motor, as curvas características que serão plotadas com os resultados coletados e calculados nos ensaios.

No presente projeto deve ser considerado todos os elementos para a captação de dados disponíveis, como dados técnicos do motor, potência nominal, rotação máxima e mínima, comparação e mistura de combustível utilizado no motor de 10 HP. Com a utilização de um dinamômetro acoplado ao eixo do virabrequim do motor e com todos os componentes instrumentados para realizar estudos que visam melhorar o desempenho, a qualidade e o rendimento das características apresentadas no painel da bancada de ensaio.

A bancada terá importância para aplicação de métodos de ensaios empregados, possíveis relatórios elaborados e apresentações de resultados.

## 1.1 TEMA

Uma bancada de análise dinamométrica contém instrumentos de ensaio para testar o funcionamento de motores de combustão interna de 10 HP.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Desenvolvimento da bancada didática para análise dinamométrica em um motor à combustão interna para disponibilizar dados de torque e potência para estudos posteriores.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O desenvolvimento do projeto da bancada didática de análise dinamométricas, estabelecerá quais os componentes necessários para obter os resultados da pesquisa?

Com a operação e utilização do dinamômetro será possível coletar os dados para as curvas de desempenho?

## 1.4 HIPÓTESES

Por meio dos ensaios realizados na bancada de análise pode-se validar os resultados e assim comparar em qual rotação o motor obteve o melhor desempenho.

Também é possível analisar os parâmetros de torque, potência e temperatura obtida.

Com a utilização da bancada didática é possível analisar o desempenho do motor frente a diferentes combustíveis.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo geral

Desenvolver uma bancada didática para ensaios dinamométricos em motores de combustão interna.

### 1.5.2 Objetivos específicos

Realizar um estudo sobre motores de combustão interna, dinamômetros e instrumentos para medição de resultados.

Projetar uma bancada dinamométrica que atenda a capacidade de potência de motores de até 10 HP e rotação de até 4500 RPM.

Avaliar os recursos necessários para a fabricação da bancada dinamométrica apresentando os custos de todos os materiais e itens.

Através de instrumentos de medição coletar os dados para cálculo de torque e potência do motor de combustão interna.

## 1.6 JUSTIFICATIVA

Com os avanços tecnológicos e as preocupações com as emissões de gases causadores do efeito estufa, uma bancada de análise de combustão pode ser muito colaborativo para a FAVOR para fins didáticos e de pesquisas.

A equipe Sinuelo da FAHOR disponibilizou o motor de 10 HP utilizado no Baja para as competições de off-road, para a realização dos testes, tendo em vista que a fabricação da bancada será de grande utilidade para equipe testar o motor.

A vantagem de ter uma bancada de análise dinamométrica, é poder testar motores de combustão, sendo capaz de analisar as suas capacidades de funcionamento, rendimento energético e eficiência. Sendo possível, por exemplo, fazer testes de potência com diversos tipos de combustíveis aplicados, assim comparando e analisando, obtendo resultados para uma melhor eficiência do motor.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Consiste em um embasamento teórico sobre bancada didática, máquinas térmicas, motores à combustão interna e dinamômetros.

### **2.1 BANCADAS DIDÁTICAS**

Bancada didática é uma ferramenta de auxílio utilizada para a realização de experimentos que possibilitam ao acadêmico montar os mais variáveis tipos de sistemas, podendo alterar os seus parâmetros e dados, se familiarizar com os componentes e com a experiência na prática da teoria vista em sala de aula. (GIORDANI; JURACH; RODRIGUES, 2003).

### **2.2 MAQUINAS TÉRMICAS**

Segundo Stone (1992), máquinas térmicas são capazes de realizar a conversão de calor ou energia térmica em trabalho mecânico. Isto acontece quando uma fonte de calor leva uma substância de trabalho de um estado de baixa temperatura para um estado de alta temperatura. O trabalho é realizado através de transferência de energia através de sua expansão no interior da máquina térmica, acionando o sistema mecânico.

#### **2.2.1 Motores a combustão interna**

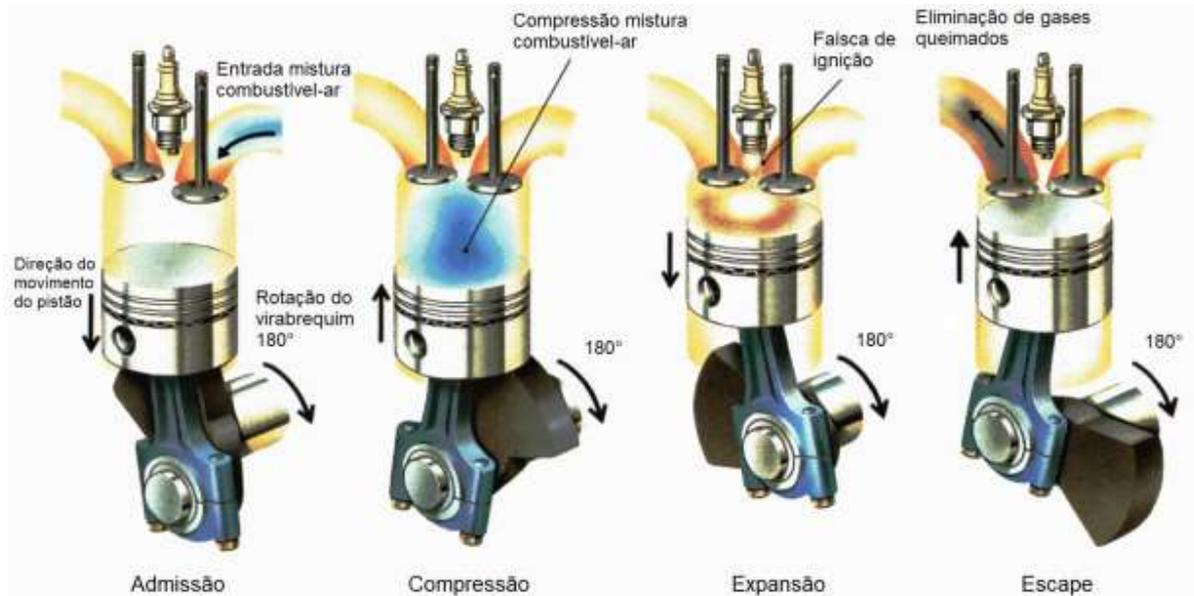
O motor de combustão interna (MCI) tem como propósito produzir potência mecânica através da reação química da queima de combustível. Essa conversão de energia é convertida através da queima ou oxidação do combustível dentro da câmara de combustão do motor. Os motores de combustão interna mais utilizados são os motores à gasolina e os motores à diesel, e sua aplicação é muito ampla, desde meio de transportes até geração de energia. (HEYWOOD, 1988).

#### **2.2.2 Ciclo Otto**

É um ciclo termodinâmico onde um determinado combustível executa transformações termodinâmicas dentro de um cilindro, assim resultando em trabalho. Conforme mostrado na Figura 1 o combustível é misturado com o ar. Existem quatro

estágios termodinâmicos: Admissão, Compressão, Combustão e Escape. (BRUNETTI, 2012).

Figura 1 – Estágios termodinâmicos de um motor de quatro tempos



Fonte: adaptada de Wordpress, 2022

### 2.2.3 Combustíveis

Combustíveis são substâncias capazes de gerar calor e energia dependendo muito de sua utilização. Para serem considerados combustíveis esses materiais devem reagir com outras substâncias, inflamando com o aumento da pressão, liberando energia química ou nuclear em forma de calor através da queima, utilizado para gerar trabalho na maioria de suas aplicações. (ALMEIDA, 2015).

### 2.2.4 Torque e Potência

O torque está relacionado com a capacidade do motor em produzir potência na rotação e esse parâmetro tem função com a velocidade do motor, determinada pelas rotações por minuto (PULKRABEK, 2004). Para medir o toque do motor geralmente é utilizado um dinamômetro. Com o motor fixo em uma mesa de teste o seu eixo é conectado ao rotor do dinamômetro, seja ele eletromagnético hidráulico ou por fricção mecânica. (HEYWOOD, 1988). Segundo Andrade (2007): “O torque é a capacidade do motor de realizar trabalho, enquanto a potência é a medição da quantidade de trabalho que o motor realiza em certo período de tempo”. Portanto

serve ao torque a capacidade de mover o veículo, enquanto a potência é desenvolvida durante o deslocamento.

Para a realização dos ensaios na bancada foi necessário calcular o torque (T), aonde é preciso saber a distância (b), que é a medida do centro do eixo que está fazendo a transmissão até o ponto que está sendo medido a força atuante na balança conforme apresentado na Figura 2. Assim multiplicado com o valor da força aplicada (F). Com a Equação 1 o torque pode ser calculado.

$$T = F \times D \quad (1)$$

Onde: T = Torque [N.m].

F = Força [N].

D = Distância [m].

A força utilizada foi medida em N, onde pode ser calculado pela Equação 2.

$$F = m \times g \quad (2)$$

Onde: m = Valor encontrado na balança [kg].

g = aceleração da gravidade [9,81 m.s<sup>2</sup>].

Para calcularmos a potência gerada ao dinamômetro, é necessário saber o número de rotação medida pelo sensor óptico (n) e o torque (T). Conforme a Equação 3.

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \quad (3)$$

Onde: n = Rotação do motor [rpm / 60 = rps (rotação por segundo)].

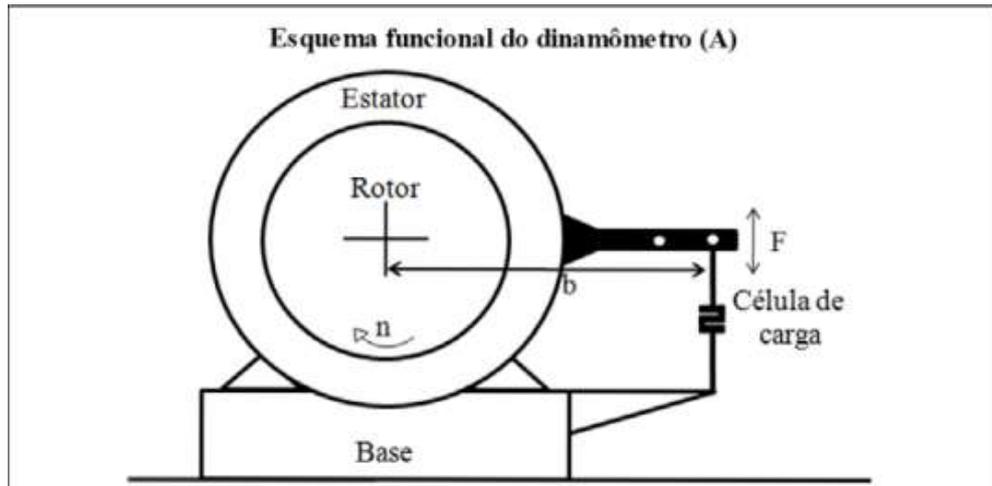
T = Toque [N.m].

$\pi$  = P.i. [3,14].

A unidade de potência foi encontrada em Watts (W), que corresponde a um joule por segundo. Para adequar a potência em cavalo-vapor (Cv), dividimos o valor encontrado por 735,5. Conforme a Equação 4.

$$P = W / 735,5 \quad (4)$$

Figura 2 – Esquema funcional do dinamômetro



Fonte: Fiorese et al., 2012, p. 662

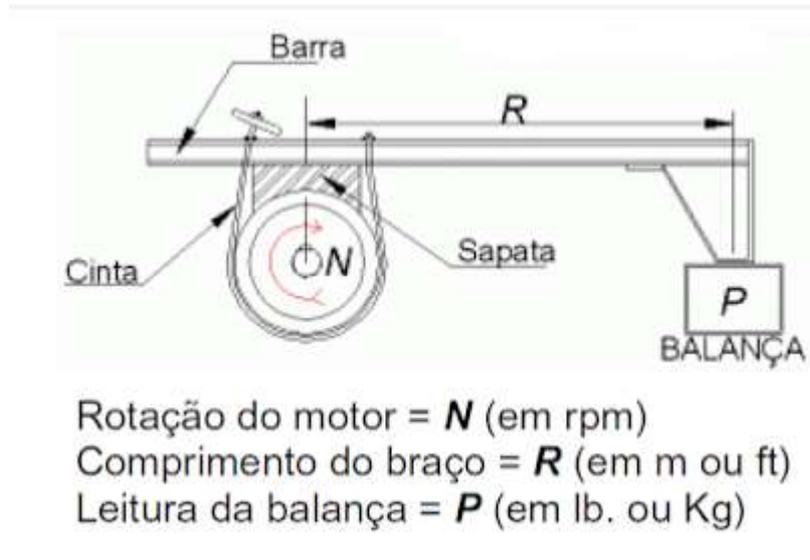
## 2.3 DINAMÔMETRO

O dinamômetro é um dos principais equipamentos em um laboratório de ensaios de motores, sua utilização serve para certificar a potência entregue pelo motor. É a ferramenta mais importante de um laboratório de motores, capaz e determinar o torque e a potência mecânica, e também consegue levantar dados, como emissão de gases e consumo de combustível. (GESTEIRA 2014).

### 2.3.1 Dinamômetro Prony

O freio de Prony é um mecanismo desenvolvido para medir a potência em um eixo rotativo conforme apresentando na Figura 3. Com a medida do comprimento da haste, a rotação do eixo e a indicação da balança, são possíveis determinar a potência do motor. Para que isso seja feito, uma haste é fixada no eixo em rotação e em sua extremidade é encostada na balança, (PILZ, 2015).

Figura 3 – Esquema funcional dinamômetro Prony



Fonte: Gomes, 2021

### 2.3.2 Dinamômetro hidráulico

O funcionamento do dinamômetro hidráulico consiste basicamente em um disco instalado dentro de um corpo ou carcaça, contendo água. Um disco girante tem a resistência igual e oposta a reação que tende a fazer que o disco gire. A água admitida circula por alvéolos, atingindo o rotor e assim gerando uma força centrífuga que empurra novamente a água para os alvéolos. Funcionando como uma bomba hidráulica. A energia absorvida por esse dinamômetro é dissipada em forma de calor, assim aumentando a temperatura da água, (OBERT, 1971).

### 3 METODOLOGIA

O presente projeto tem como finalidade apresentar um estudo e desenvolvimento de uma bancada dinanometrica e sobre instrumentos de ensaios em motores de combustão interna de 10 HP. Objetivo de pesquisa descritiva exploratória, e com uma abordagem quantitativa. Os dados da pesquisa tiveram como base fontes bibliográficas, livros, artigos, sites, e a partir das informações obtidas foi aplicado o método fenomenológico onde se busca informações sobre todas as ferramentas, materiais necessários e fatores para o desenvolvimento de uma bancada de ensaios dinamométricos. Contendo assim referenciais para atender as nossas necessidades, auxiliando o estudo e o entendimento sobre o seu funcionamento.

Na realização do projeto o foco sempre foi manter um custo baixo, assim a maior parte dos materiais e equipamentos estão disponíveis no comércio local, alguns comprados na *internet* e outros em desmanche de máquinas agrícolas. Os itens projetados são de fácil fabricação, tendo geometria bem simplificada e o custo do material bem acessível. O projeto foi executado junto a Oficina Tio Roni na cidade de Horizontina-RS, tendo disponível diversos equipamentos. Utilizaram-se máquinas e ferramentas para o desenvolvimento do projeto. Para o procedimento de testes na bancada é imposto uma aceleração ao motor, o próximo passo é realizar o estrangulamento da válvula reguladora de vazão de óleo. Gera-se um movimento no corpo da bomba hidráulica que está fixada a um braço preso em uma balança, esse movimento vai gerar uma força aplicada na balança, o valor da força é necessária para encontrarmos o torque e potência do motor. O objetivo foi realizar os testes em diversas rotações para criar um gráfico com os valores de torque e potência obtidos.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 MOTOR

O motor escolhido para o projeto é da marca Briggs&Stratton conforme apresentado na Figura 4. Um motor monocilíndrico de quatro tempos, com potência máxima de 10 HP a 3600 rpm. As especificações técnicas do motor são as seguintes: volume deslocado de 306 cm<sup>3</sup>; diâmetro do cilindro de 82 mm; curso do cilindro de 58 mm; cilindrada 289 cc; com um eixo reto chavetado e peso de 28,34 kg. Para mantermos o baixo custo, a equipe Sinuelo da FAHOR disponibilizou o motor do Baja para realizarmos os testes, tendo em vista que a fabricação da bancada será de grande utilidade para avaliar o desempenho do motor antes das competições.

Figura 4 – Motor Briggs&Stratton 10 HP

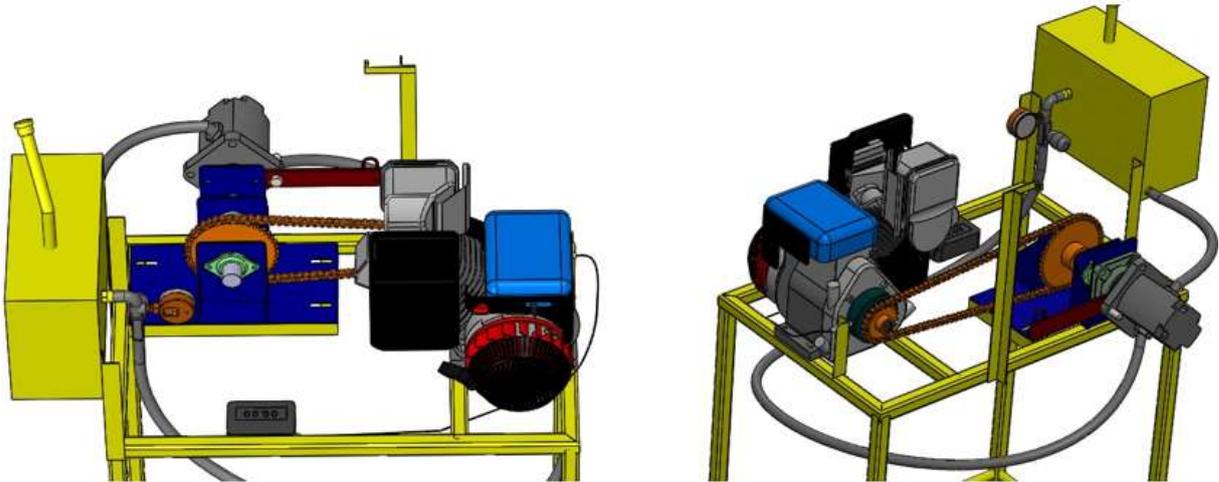


Fonte: Briggs&Stratton, 2022

### 4.2 BANCADA

A bancada foi projetada em estrutura metálica com suporte para todos os componentes, provida de um painel para o controle das informações, base para o motor, tanque hidráulico e uma estrutura de chapa metálica responsável por segurar os mancais de rolamento para o eixo transmissão, conforme a Figura 5. Para facilitar a sua locomoção e deslocamento quatro rodas são parafusadas na parte inferior da estrutura.

Figura 5 – Bancada desenvolvida em software 3D

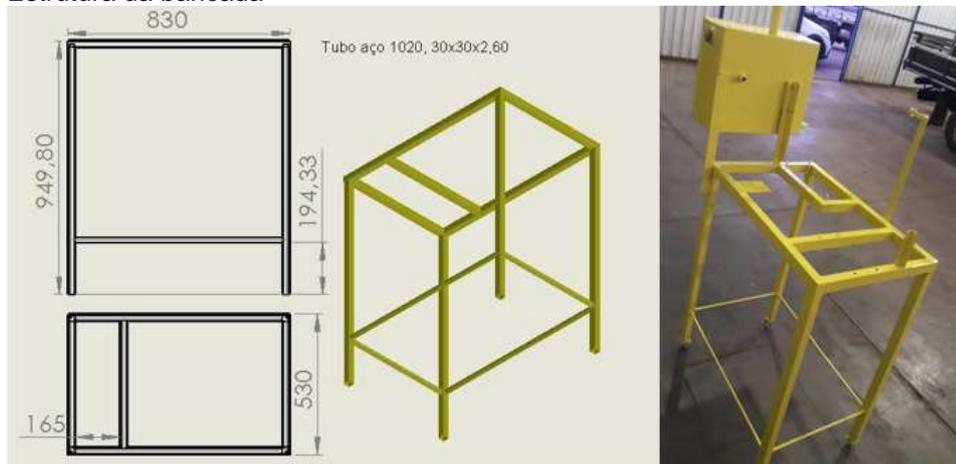


Fonte: O autor, 2022

#### 4.2.1 Materiais necessários

A estrutura metálica da bancada é de tubo 30x30 mm de aço SAE 1020, possui furos e soldas, tem em sua dimensão espaço físico para a instalação do motor, tanque hidráulico e equipamentos necessários para os testes, conforme Figura 6:

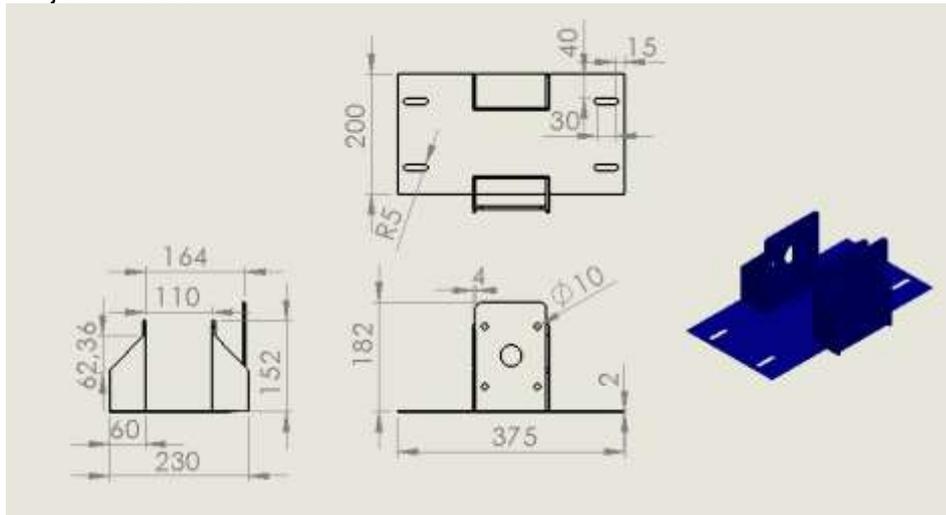
Figura 6 – Estrutura da bancada



Fonte: O autor, 2022

Foi fabricado um conjunto soldado, que tem a função de fixar os mancais de rolamento, e o eixo de transmissão, conforme Figuras 7. Contém os furos alongados para assim poder regular a tenção da corrente. O material utilizado foi chapa de aço SAE 1020 de 2 e 4 mm.

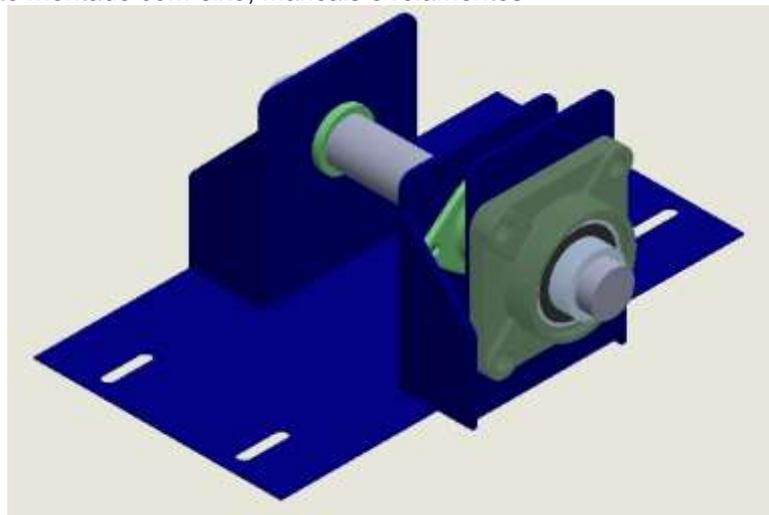
Figura 7 – Conjunto soldado



Fonte: O autor, 2022

Para garantir o funcionamento ideal do conjunto foi necessário projetá-lo em software 3D conforme a Figura 8, levando em consideração o tamanho e a ergonomia das peças que serão montadas no conjunto.

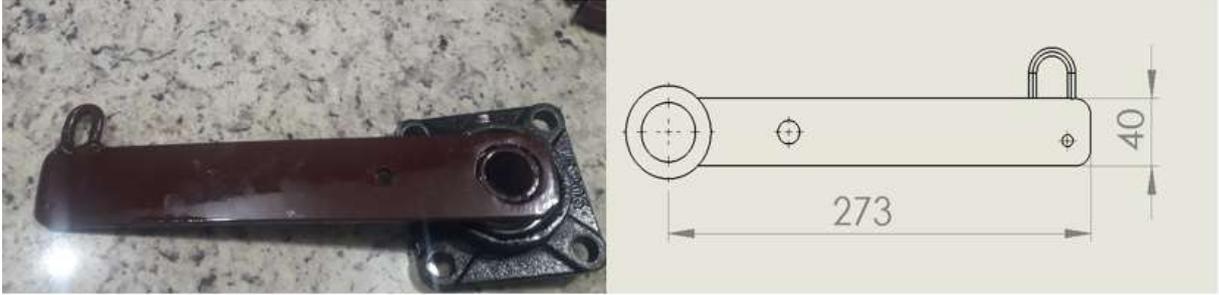
Figura 8 – Conjunto montado com eixo, mancais e rolamentos



Fonte: O autor, 2022

Para conseguir o movimento do corpo da bomba hidráulica foi necessário fabricar um braço de alavanca (Figura 9), com uma bucha que encaixa dentro do rolamento em uma ponta e na outra ponta soldado um elo de corrente onde fica preso na balança, para a fabricação foi utilizado 25 cm de ferro chato 5 mm.

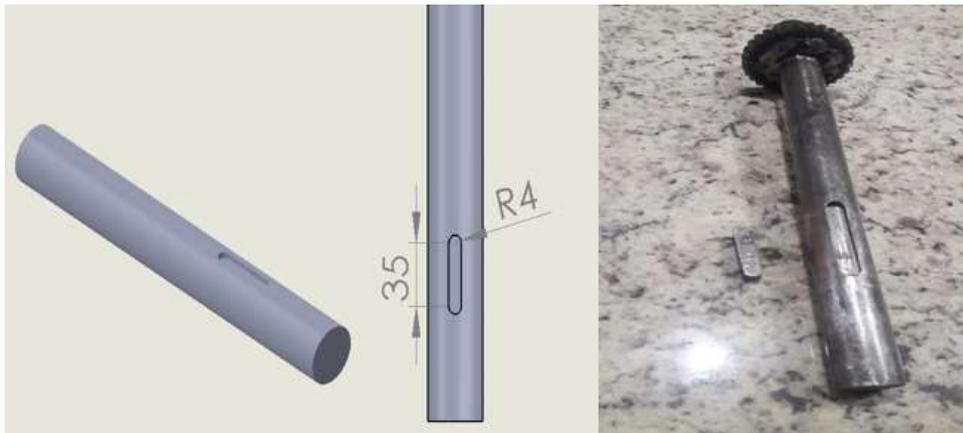
Figura 9 – Conjunto braço de alavanca



Fonte: O autor, 2022

O eixo com chaveta foi a forma mais resistente de acoplar a engrenagem de transmissão pois permite torques mais altos. Foi necessário soldar o acoplamento da bomba hidráulica na ponta do eixo, conforme a Figura 10. O eixo utilizado tem diâmetro de 25,7 mm (1 polegada), e seu material é de aço SAE 1020.

Figura 10 – Eixo chavetado para transmissão



Fonte: O autor, 2022

#### 4.2.2 Rodas

Para facilitar a locomoção da bancada foi adquirido um kit com 4 rodas de gel com base giratória sem trava, com diâmetro de 50 mm, com capacidade de carga de 35 kg por roda, conforme Figura 11:

Figura 11 – Rodas para movimentação da bancada



**Fonte:** Campinas carrinhos, 2022

### 4.3 COMPONENTES MECÂNICOS

#### 4.3.1 Mancais e rolamentos

Para a fixação da bucha responsável pelo movimento do corpo da bomba hidráulica foi utilizado um mancal quadrado de modelo F-206, fabricado em ferro fundido e com fixado por quatro parafusos 10x25mm com porca de bloqueio (Figura 12). O rolamento utilizado no mancal foi o GRAE-30 da marca INA. Para a fixação do eixo da engrenagem foi utilizado dois conjuntos de mancais de chapa ovalado do modelo PFL-205, com fixação por dois parafusos 8x25mm com porca de bloqueio em cada conjunto. Os rolamentos utilizados nos mancais foram o GE-25 da marca INA, conforme a Figura 13:

Figura 12 – Mancais de rolamentos



**Fonte:** O autor, 2022

Figura 13 – Rolamentos



Fonte: O autor, 2022

#### 4.3.2 Embreagem centrífuga

Desenvolvida para motores estacionário 4 tempos de 8 à 13 HP, capa do pinhão de 13 dentes, para corrente de ASA 40, montada em eixo de 1 polegada (25,4mm). A embreagem foi necessária no projeto para facilitar na partida inicial do motor estacionário, conforme a Figura 14:

Figura 14 – Embreagem centrífuga



Fonte: O autor, 2022

### 4.3.3 Engrenagem

Para o conjunto de transmissão a engrenagem escolhida foi adquirida no comercio local, sua aplicação para corrente simples, contém 40 dentes, fabricada de aço SAE 1045; Norma ASA 40; Tipo T2, conforme a Figura 15. Foi necessário abrir um furo de 25 mm no centro da engrenagem em um torno mecânico, e em uma fresadora abrir o rasgo de chaveta 8 mm.

Figura 15 – Engrenagem



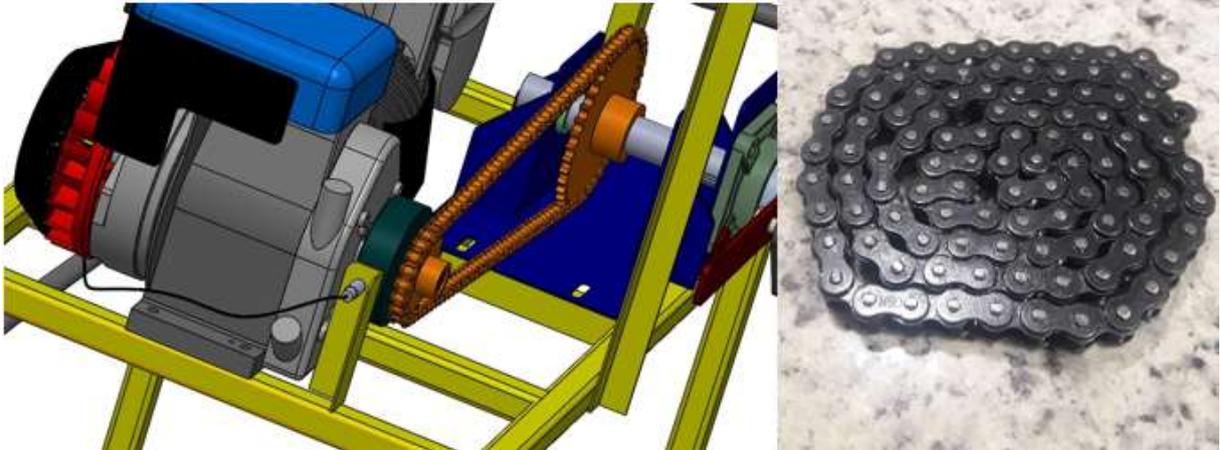
Fonte: O autor, 2022

### 4.3.4 Corrente

Corrente de transmissão simples ASA 40, é de suma importância para o sistema de transmissão da carga, força e velocidade (Figura 16). Algumas características construtivas da corrente de transmissão são:

- Passo: 12,70 mm – 1/2”;
- Largura entre as placas: 7,95 mm;
- Diâmetro do rolo: 7,95 mm;
- Altura H: 12 mm;
- Força de ruptura tc: 1750 Kgf;
- Carga de Trabalho Máx: 320 kgf;
- Comprimento: 1,20 mt;
- Quantidade de Elos: 51.

Figura 16 – Transmissão montada e corrente



Fonte: O autor, 2022

#### 4.3.5 Balança

A balança foi comprada no comercio local, tendo seu peso máximo suportado de 25 kg, tendo a unidade de medida de 500 em 500 gramas (Figura 17). Tamanho: 25 cm de comprimento x 4 cm de largura x 2 cm de profundidade.

Figura 17 – Balança 25 kg



Fonte: O autor, 2022

## 4.4 COMPONENTES HIDRÁULICOS

### 4.4.1 Bomba hidráulica

Foi utilizado uma bomba hidráulica simples, de aplicação em tratores marca Valmet modelo 65, onde seus reparos e vedações estão revisados (Figura 18). Ela tem a função de produzir pressão para movimentar os fluidos que compõem os sistemas hidráulicos, função essa de extrema importância para a bancada dinamométrica.

Figura 18 – Bomba hidráulica



Fonte: O autor, 2022

### 4.4.2 Reservatório hidráulico

Para manter o baixo custo do projeto, foi buscado um reservatório de óleo de uma colheitadeira John Deere 1165 encontrada em um ferro velho, na qual foi adaptada para esse projeto (Figura 19). A sua capacidade é de 20 litros de óleo.

Figura 19 – Reservatório hidráulico



Fonte: O autor, 2022

#### 4.4.3 Manômetro hidráulico

O manômetro foi adquirido no comércio local, e tem a função de medir a pressão do sistema hidráulico. Possui uma escala principal de 0-200 kg/cm<sup>2</sup>. Escala secundária de 0-3000 lbf/pol<sup>2</sup>, com um diâmetro de 63 mm; Rosca 1/4 NPT, com sua saída vertical, conforme Figura 20:

Figura 20 – Manômetro hidráulico



Fonte: O autor, 2022

#### 4.4.4 Válvula reguladora de vazão hidráulica

A válvula reguladora de vazão hidráulica tem a finalidade de controlar a vazão mediante a um estrangulamento (regulagem de fluxo), ela permite um ajuste e fechamento sensível de vazão. O fluxo volumétrico depende da diferença de pressão e da viscosidade do fluido as quais a válvula está operando. As conexões de entrada são (roscadas) com: 1/2 BSP (Fêmea), com um range de temperatura de: - 20 à + 80 °C, e vazão máxima de: 45 litros por minuto (Bidirecional), conforme Figura a 21:

Figura 21 – Válvula reguladora de vazão hidráulica



Fonte: O autor, 2022

#### 4.4.5 Mangueiras hidráulicas

As mangueiras hidráulicas de alta pressão emborrachada com trama de aço interna fazem a ligação dos pontos e tem como função o transporte do óleo hidráulico no sistema. Foi utilizado 1 metro de mangueira de 1/2", 70 centímetros de mangueira 3/8" e 80 centímetros de mangueira 5/8", em todas foi necessário fazer a prensagem das conexões responsáveis pela ligação.

#### 4.4.6 Óleo hidráulico

Foi utilizado um balde de 20 litros de óleo hidráulico 68 da marca Lubrax, recomendado para sistemas hidráulicos que operam em condições severas de pressão e temperatura.

### 4.5 COMPONENTES ELÉTRICOS

#### 4.5.1 Tacômetro digital de rpm com sensor hall

O sensor de efeito Hall é um transdutor que através do movimento de um ímã preso na embreagem do motor, sofre uma aplicação de um campo magnético, que automaticamente responde com uma variação de tensão na sua saída, sendo responsável pela marcação do rpm. O tacômetro escolhido é da marca Taxnele; Modelo: CF5135C-Z, com display vermelho e com um range de medição de: 10~9999 RPM, com uma frequência máxima de: 100 Hz. O modelo de sensor hall utilizado foi o SJA12-10N1, com saída de: NPN. O cabo tem 1,30 m de comprimento e corrente máxima de saída 300 mA. A codificação da cor dos cabos é: marrom: DC+; azul: DC-; preto com a saída (300 mA max), conforme mostrado na figura 22:

Figura 22 – Sensor de rpm montado na bancada



Fonte: O autor, 2022

#### 4.5.2 Bateria

Para alimentação do sensor de rpm foi utilizada uma pilha bateria 9V alcalina da marca Elgin (Figura 23), sendo de fácil acesso no comércio local.

Figura 23 – Bateria



**Fonte:** O autor, 2022

#### 4.6 CUSTOS

Na realização do projeto o foco sempre foi manter um custo baixo, assim os itens projetados são de fácil fabricação e os materiais estão disponíveis no comércio local e na *internet*, sendo de fácil acesso. As despesas com matéria prima, materiais e componentes necessários para a fabricação da bancada estão a baixo na tabela 1.

Tabela 1 – Custos para fabricação

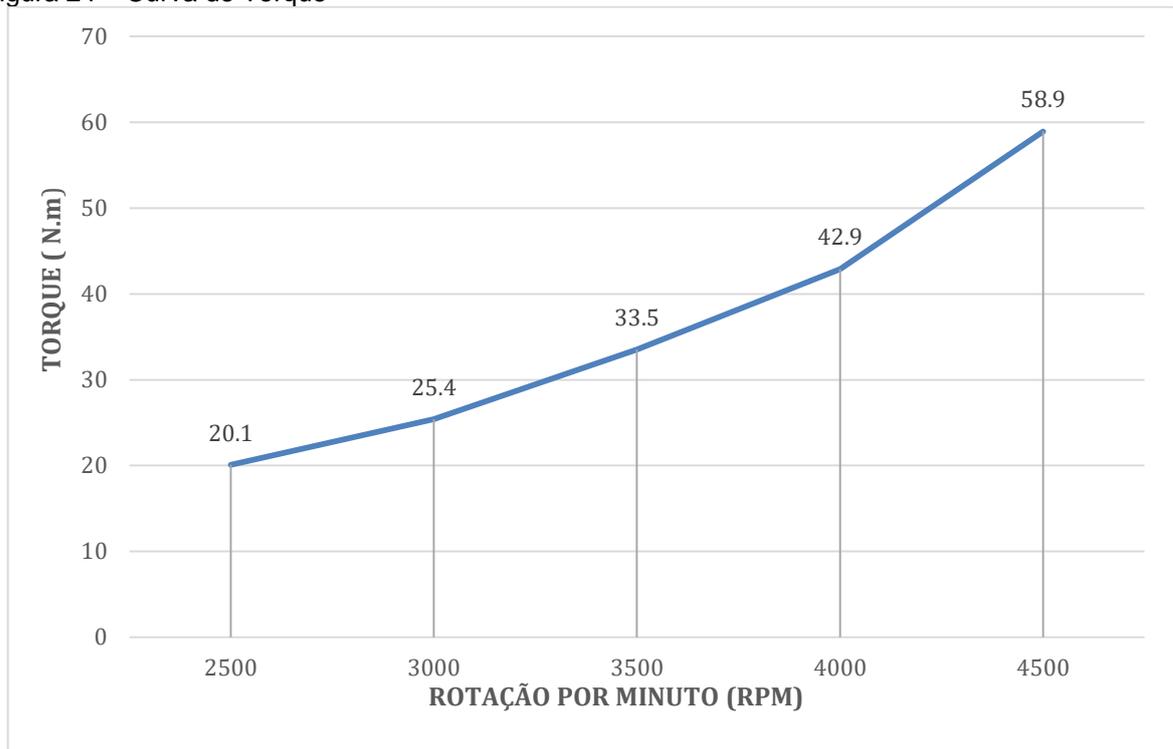
Componenes	Produto Acabado	Un.	Quantidade	Valor unt.	Valor total
Tubo Retangular 30 x 30 aço 1020	Bancada de testes	m	12,00	R\$ 9,50	R\$ 114,00
chapa de ferro 2 e 4 mm aço 1020	Conjunto Soldado	m <sup>2</sup>	0,50	R\$ 45,00	R\$ 22,50
ferro chato 5 mm aço 1020	Braço alavanca	m	0,35	R\$ 30,00	R\$ 10,50
Eixo 25 mm aço 1020	Eixo p/ engrenagem	m	0,30	R\$ 25,00	R\$ 7,50
Rodas	Rodas da bancada	un	4,00	R\$ 8,00	R\$ 32,00
Mancal de rolamento F206	Mancal	un	1,00		R\$ 40,00
Mancal de rolamento PFL-205	Mancal	un	4,00	R\$ 18,00	R\$ 72,00
Rolamento GRAE-30 INA	Rolamento	un	1,00		R\$ 80,00
Rolamento GE-25	Rolamento	un	2,00	R\$ 70,00	R\$ 140,00
Embreagem Centrifuga	Embreagem	un	1,00		R\$ 396,50
Engrenagem 40 dentes	Engrenagem	un	1,00		R\$ 125,00
Corrente ASA 40	Corrente	m	1,20	R\$ 50,00	R\$ 60,00
Balança 25 kg	Balança	un	1,00		R\$ 35,00
Manometro Hidráulico	Manômetro	un	1,00		R\$ 50,00
Valvula Reguladora de pressão	Válvula	un	1,00		R\$ 212,85
Mangueiras e Conexões hidráulicas	Sistema Hidráulico	kit	3,00		R\$ 300,00
Oleo Hidraulico 20 litros	Óleo	lt	20,00	R\$ 19,00	R\$ 380,00
Tacometro digital de RPM com Sensor Hall	Sensor RPM	un	1,00		R\$ 159,00
Bateria 9 V	Bateria	un	1,00		R\$ 15,00
Tinta e Thinner	Pintura bancada	un			R\$ 60,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.311,85</b>

Fonte: O autor, 2022

#### 4.7 EXPERIMENTO E VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Iniciou-se o teste com o motor funcionando sem nenhuma carga, após foi imposto uma aceleração mais elevada e constante ao motor, assim acionando a embreagem que faz a transmissão através da corrente e engrenagem ao eixo chavetado que está ligado à bomba hidráulica, que é responsável por produzir um fluxo de pressão no sistema hidráulico da bancada. O próximo passo foi realização do estrangulamento da válvula reguladora de vazão de óleo, isso faz com que a pressão do sistema hidráulico aumente e assim gerando um movimento no corpo da bomba hidráulica que está fixada a um braço que mede 0,273 m, que está preso também em uma balança. A execução desse movimento gerou uma massa aplicada na balança, aonde o valor da força foi encontrada multiplicando pela aceleração da gravidade. Multiplicando o comprimento do braço pela força encontrou-se o valor do Torque [N.m], conforme Equação 1 para os resultados apresentado no Figura 24 foi necessário realizar os testes em diversas rotações.

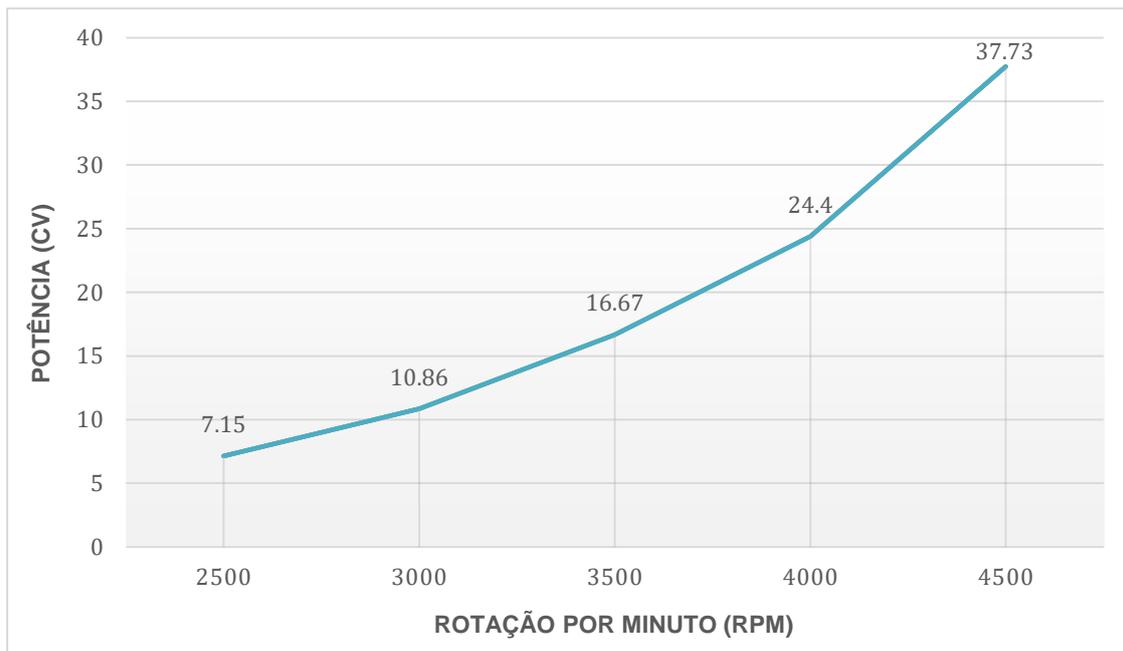
Figura 24 – Curva de Torque



Fonte: O autor, 2022.

Para encontrar a potência gerada foi calculada conforme a Equação 3. Para adequar a potência em cavalo-vapor (Cv) como amostra, dividimos o valor obtido da potência por 735,5, conforme a Equação 4. O Figura 25 apresenta o resultado obtido de potência em diversas rotações.

Figura 25 – Curva de Potência



Fonte: O autor, 2022.

## CONCLUSÃO

A finalidade de uma bancada de ensaios é a geração de informações que estão relacionadas ao desempenho do motor e as curvas de características. Após realizar um estudo bibliográfico e metodológico sobre motores de combustão interna, dinamômetros e instrumentos para medições de resultados. O objetivo de projetar e desenvolver uma bancada para ensaios dinamométricos em motor de combustão interna foi alcançado.

Avaliando os recursos necessários, dimensionamentos do projeto resultou em uma bancada fabricada com a maioria dos materiais encontrados no comércio local ou reaproveitado de ferro-velho, assim tendo um custo de fabricação de R\$ 2.311,85 Reais. O seu funcionamento é de fácil operação assim sendo possível realizar diversos testes de torque e potência em variadas rotações no motor Briggs&Stratton 10 HP.

O motor utilizado foi emprestado pela equipe Baja Sinuelo da Fahor de Horizontina-RS, que terá a vantagem de poder testar o funcionamento ou melhorias dos componentes do motor antes das competições.

Como sugestão de melhoria para o projeto a balança utilizada para a medição da força pode ser substituída por uma célula de carga, capaz de fazer uma leitura mais rápida e precisa do resultado obtido.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. O. **Estudo de mercado da adição de etanol e biodiesel no óleo diesel** / Amanda Marcele de Oliveira Almeida; orientador Antônio Carlos da Silva. - Lorena, 2015.
- ANDRADE, G. S. D. **Avaliação experimental da duração de combustão para diferentes combustíveis, em um motor Padrão Ciclo Otto ASTM-CFR**, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. (Dissertação em Engenharia Mecânica).
- BRIGGS&STRATTON. **HR 10.0 HP.** 2022. Disponível em: [https://www.briggsandstratton.com/la/pt\\_br/product-catalog/engines/horizontal-shaft-engines/xr-10\\_0-hp.html](https://www.briggsandstratton.com/la/pt_br/product-catalog/engines/horizontal-shaft-engines/xr-10_0-hp.html). Acesso em: 3 set. 2022.
- BRUNETTI, F.; **Motores de combustão interna**. Volume 1. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2012.
- CAMPINAS CARRINHOS. **Kit rodinha silicone gel 50 mm móveis Glap 210 gel.** 2022. Disponível em: <https://www.campinascarrinhos.com.br/produtos/rodizios/rodinhas-de-gel-para-moveis/55/>. Acesso em: 5 set. 2022.
- FIORESE, D. A.; et al. Desempenho de um motor de trator agrícola em bancada dinâmométrica com biodiesel de óleo de frango e misturas binárias com óleo diesel. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.4, p.660-666, abr, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/7KxSLQvVSkfWNx9cVcBBQ7r/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- GESTEIRA, L. G. G. K. **Sistema de aquisição de dados baseado em Labview para um dinamômetro de chassi**. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- GIORDANI, R. E; JURACH, P. J; RODRIGUES, M. J. **Bancada didática de pneumática**. CEFET. Rio Grande do Sul, 2003.
- GOMES; S. R. **Aula 33 - Trabalho, potência elétrica, mecânica e rendimento em motores de indução.** 2021. Disponível em: <http://maquinaseletricasi.blogspot.com/2013/03/aula-20-motores-eletricos.html>. Acesso em: 4 set. 2022.
- HEYWOOD, J. B. **Internal Combustion Engine Fundamentals**. New York: McGraw-Hill, 1988.
- OBERT, E. **Motores de combustão interna**. São Paulo: Globo, 1971.
- PILZ, A M. **Elaboração de bancada para caracterização de motores elétricos com até 200 W**. Projeto de graduação (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

PULKRABEK, W. W. **Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine**. 2. ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall, 2004.

STONE, R. **Introduction to Internal Combustion Engines**. 2. ed. Houndmills/USA: The MacMillian Press Ltd, 1992.

WORDPRESS. **Estágios termodinâmicos de um motor de quatro tempos**. 2022. Disponível em: <https://shaikmoin.files.wordpress.com/2013/02/four-stroke-cycle.png>. Acesso em: 12 ago. 2022.