



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Câmpus de Ilha Solteira

---

**Faculdade de Engenharia**

## **TRABALHO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**

Nome	RA
Alícia Ramos Modesto	181052725
Gabriel Duarte da Silva	182054047
Higor Balsarini	182055302
Matheus Henrique Panini	182053857
Yuri Fernando Oliveira Kazitani Cunha	231052669

Docente: Gabriel Coelho Rodrigues Alvares

Ilha Solteira – SP  
Dezembro de 2023

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área de Cortina em uma Válvula . . . . .	6
Figura 2 – Área de Garganta em uma Válvula . . . . .	6

## LISTA DE TABELAS

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Revisão da Literatura</b>	<b>6</b>
2.1.1	Áreas	6
2.1.2	Coeficiente de Descarga	6
2.1.3	Pressão Média	7
2.1.4	Carga Lateral	7
2.1.5	Velocidade do pistão	7
2.1.6	Número de Mach	7
<b>2.2</b>	<b>Montagem Experimental</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Procedimento Experimental</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Resultados medidos</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>Resultados calculados</b>	<b>9</b>
3.2.1	Ensaio de Fluxo no Cabeçote	9
3.2.2	Ensaio Dinamométrico	9
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO E CONCLUSÃO</b>	<b>10</b>
	<b>Referências</b>	<b>11</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 2 METODOLOGIA

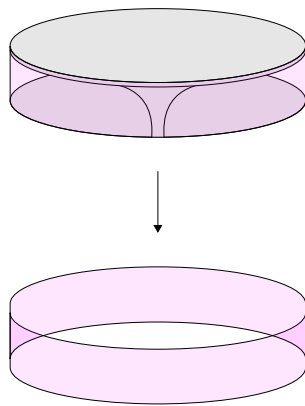
### 2.1 Revisão da Literatura

Os conceitos teóricos explicados a seguir são baseados nas notas de aula, na obra de Heywood (2018), Ferguson e Kirkpatrick (2015).

#### 2.1.1 Áreas

Parâmetros geométricos são de suma importância para o motor. Áreas relacionadas às válvulas são necessárias para a compreensão do desempenho do motor. A área de cortina é a região ao redor da haste da válvula que é projetada para direcionar o fluxo de fluidos, como mostra a Fig. 1. A área de garganta representa a seção mais estreita do canal de passagem, como mostra a Fig. 2 influenciando a quantidade de massa fresca que entra na câmara de combustão.

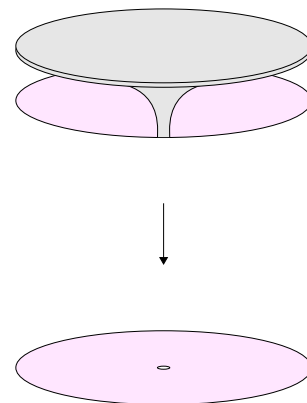
**Figura 1 – Área de Cortina em uma Válvula**



**Nota:** A área hachurada representa a área de cortina.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

**Figura 2 – Área de Garganta em uma Válvula**



**Nota:** A área hachurada representa a área de garganta.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

#### 2.1.2 Coeficiente de Descarga

O coeficiente de descarga é a razão entre o fluxo de ar que está passando através do componente durante o ensaio, pelo fluxo de ar que deveria passar pelo componente durante o ensaio caso o escoamento isentrópico.

$$C_d = \frac{V_r}{V_t} \quad (2.1)$$

onde  $V_r$  o fluxo de massa real e  $V_t$  é o fluxo de massa caso o escoamento fosse isentrópico.

### 2.1.3 Pressão Média

A pressão média indicada (IMEP) é aquela determinada baseada na geometria do motor e considerando as transformações do ciclo como irreversíveis. A pressão média de atrito (FMEP) indica a pressão perdida devido ao atrito e o bombeamento. A pressão média efetiva (BMEP) é a pressão que o motor de fato tem trabalho líquido. A BMEP pode ser calculada como mostra a seguir:

$$\text{BMEP} = \frac{120\dot{W}_b}{nV_dN} \quad (2.2)$$

onde  $\dot{W}_b$  é a potência,  $n$  é quantidade de cilindros do motor,  $V_d$  é o volume deslocado e  $N$  é a rotação do motor em RPM.

### 2.1.4 Carga Lateral

A carga lateral do pistão é obtida através da análise de forças no pistão a partir das leis da mecânica dos sólidos e é dada por:

$$F_L = \frac{\pi dP(R/L) \sin \alpha}{4\sqrt{1 - (R/L)^2 \sin^2 \alpha}} \quad (2.3)$$

onde  $d$  é o diâmetro do pistão,  $P$  é a pressão exercida,  $R$  é o comprimento da biela,  $L$  é o comprimento da manivela e  $\alpha$  é o ângulo percorrido pela manivela a partir do ponto morto superior (PMS).

### 2.1.5 Velocidade do pistão

A partir de geometria simples, é possível determinar a posição do cilindro em relação ao ângulo de rotação da manivela. Sabendo que  $\alpha = \omega t$ , determina-se a velocidade através da derivada da posição do cilindro:

$$v(t) = R\omega \sin(\omega t) + \frac{R^2\omega \sin(\omega t) \cos(\omega t)}{L\sqrt{1 - \frac{R^2 \sin^2(\omega t)}{L^2}}} \quad (2.4)$$

### 2.1.6 Número de Mach

O número de Mach é um termo adimensional definido pela seguinte expressão:

$$\text{Ma} = \frac{V}{c} = \frac{\text{velocidade do escoamento}}{\text{velocidade do som}} \quad (2.5)$$

que descreve a velocidade do escoamento. Quando  $\text{Ma} = 1$  o escoamento é considerado sônico; quando  $\text{Ma} < 1$ , subsônico; quando  $\text{Ma} > 1$ , supersônico e quando  $\text{Ma} \gg 1$ , hipersônico (CENGEL; CIMBALA, 2015).

## **2.2 Montagem Experimental**

## **2.3 Procedimento Experimental**



## **3 RESULTADOS**

### **3.1 Resultados medidos**

As condições iniciais proposta foram: (i) para o ensaio de fluxo no cabeçote do motor EA211 TSI, a pressão é de 25 pol H<sub>2</sub>O  $\approx 6,2271$  kPa, variando a abertura das válvulas entre 0 e 10 mm, com passo de 1 mm; (ii) para o ensaio dinamométrico, o motor avaliado é um John Deere 6068 Tier 3, com condição de carga de 75%.

### **3.2 Resultados calculados**

#### **3.2.1 Ensaio de Fluxo no Cabeçote**

Áreas

Coeficiente de descarga

#### **3.2.2 Ensaio Dinamométrico**

Pressão Média

Torque

Potência

Carga Lateral

Velocidade

Pressão de Boost

Índice de Mach

## **4 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO**

## REFERÊNCIAS

CENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M. *Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações*. [S.l.]: AMGH Editora, 2015.

FERGUSON, Colin R; KIRKPATRICK, Allan T. *Internal combustion engines: applied thermosciences*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2015.

HEYWOOD, John B. *Internal combustion engine fundamentals*. [S.l.]: McGraw-Hill Education, 2018.