

# **Motores de Combustão Interna**

## **Relatório – Lista de Exercício em Excel**

Maria Elisa Tomás Matias Alexandre (121147062)  
Kevin Monteiro Santos (121137059)  
Professor: Sílvio Carlos Aníbal de Almeida

## **Sumário**

<b>1. Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2. Metodologia</b>	<b>4</b>
2.1. Primeira questão	4
2.2. Segunda questão	5
2.3. Terceira questão	6
2.4. Quarta questão	7
2.5. Quinta questão	8
2.6. Sexta questão	9
2.7. Sétima questão	10
2.7.1. Sétima questão letra (a)	10
2.7.2 Sétima questão letra (b)	11
<b>3. Conclusão</b>	<b>13</b>
<b>Figuras</b>	
Figura 1	5
Figura 2	6
Figura 3	7
Figura 4	8
Figura 5	8
Figura 6	9
Figura 7	11
Figura 8	12

## 1. Introdução

O presente relatório tem como objetivo apresentar a resolução de uma lista de exercícios envolvendo cálculos fundamentais relacionados a motores de combustão interna, utilizando o Microsoft Excel como ferramenta de apoio. A proposta do trabalho consiste em desenvolver uma planilha capaz de realizar os cálculos de forma genérica, permitindo a inserção de diferentes parâmetros de entrada e fornecendo, como saída, grandezas como cilindrada, volume total, volume morto, curso, razão de compressão e rendimento, entre outras.

Durante a execução das atividades, foram aplicadas fórmulas matemáticas e conceitos de engenharia de motores, com atenção especial à padronização das unidades e à clareza na notação das variáveis. Além disso, os resultados obtidos na planilha são apresentados neste relatório em conjunto com a explicação detalhada das fórmulas utilizadas, garantindo o entendimento do procedimento de cálculo.

Para organizar e reaproveitar os cálculos de forma eficiente, foi utilizada também a função LAMBDA do Excel, que possibilitou a criação de módulos personalizados para cada exercício. Essa abordagem tornou a planilha mais estruturada e reutilizável, facilitando a aplicação dos mesmos cálculos para diferentes entradas.

## 2. Metodologia

Nesta seção são apresentadas as fórmulas utilizadas para a resolução de cada exercício proposto, bem como a origem dos cálculos aplicados e a explicação das variáveis envolvidas. Para cada questão, são detalhados os parâmetros de entrada, as etapas de cálculo e os resultados obtidos, com as respectivas unidades. As unidades foram padronizadas de acordo com o enunciado do trabalho, de forma a manter consistência nos cálculos: todos os comprimentos (diâmetro, curso, espessura da junta, etc.) foram expressos em milímetros (mm) e os volumes (cilindrada, volume total e volume morto) em centímetros cúbicos (cm³).

### 2.1 Primeira questão

#### Variáveis de entrada:

- Número de cilindros (Z): 4
- Diâmetro (D): 8,2 cm (82 mm)
- Curso (S): 7,8 cm (78 mm)
- Taxa de compressão (r): 8,5

#### Variáveis de saída:

- Cilindrada ou deslocamento volumétrico do motor (V) em cm³
- Cilindrada unitária (Vu) em cm³
- Volume total de um cilindro (V1) em cm³
- Volume morto (V2) em cm³

Para calcular a cilindrada do motor ou o volume total deslocado soma-se o volume deslocado correspondente a cada cilindro do motor:

$$V = z * \frac{\pi D^2 S}{4}$$

Para calcular o volume total de um cilindro é necessário dividir a cilindrada total pelo número de cilindros do motor para encontrar a cilindrada unitária, o volume total do cilindro será a cilindrada unitária acrescido do volume morto:

$$V_u = \frac{V}{z} = \frac{\pi D^2 S}{4}$$

$$r = \frac{V1}{V2} = \frac{V_u + V2}{V2} = \frac{V_u}{V2} + 1 \rightarrow V2 = \frac{V_u}{r - 1}$$

$$V_{total_{cil}} = V1 = V_u + \frac{V_u}{r - 1} = \frac{r * V_u}{r - 1}$$

$$\therefore V1 = \frac{r * V_u}{r - 1}$$

Para calcular o volume morto:

$$V2 = \frac{V_u}{r-1} (*)$$

Ou

$$V2 = V1 - V_u$$

(\*) Expressão usada no Excel

Questão 1		
Dados de Entrada		
Número de Cilindros (z)	4	
Diâmetro do Cilindro (D)	82	mm
Curso (s)	78	mm
Taxa de Compressão (r <sub>v</sub> )	8,5	
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária (V <sub>u</sub> )	411,92	cm <sup>3</sup>
Cilindrada (V)	1647,68	cm <sup>3</sup>
Volume Total de um Cilindro (V <sub>1</sub> )	466,84	cm <sup>3</sup>
Volume da Câmara de Combustão (V <sub>2</sub> )	54,92	cm <sup>3</sup>

Figura 1: Questão 1 (Excel)

## 2.2 Segunda questão

Variáveis de entrada:

- Número de cilindros (Z): 6
- Cilindrada total (V): 5,2 L (5200 cm<sup>3</sup>)
- Diâmetro (D): 10,2 cm (102 mm)
- Volume morto (V2): 54,2 cm<sup>3</sup>

Variáveis de saída:

- Cilindrada unitária (Vu) em cm<sup>3</sup>
- Curso do pistão (S) em mm
- Razão de compressão (r)
- Volume total de um cilindro (V1) em cm<sup>3</sup>

Para calcular o curso do pistão:

$$V = z * \frac{\pi D^2 S}{4} \rightarrow S = \frac{4V}{z\pi D^2}$$

Para calcular a razão de compressão:

$$V_u = \frac{V}{z} = \frac{\pi D^2 S}{4}$$

$$r = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_u + V_2}{V_2} = \frac{V_u}{V_2} + 1$$

Para calcular volume total de um cilindro:

$$V_1 = V_u + V_2$$

Questão 2		
Dados de Entrada		
Número de Cilindros (z)	6	
Cilindrada (V)	5200	cm <sup>3</sup>
Diâmetro do Cilindro (D)	102	mm
Volume da Câmara de Combustão (V <sub>2</sub> )	54,2	cm <sup>3</sup>
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária (V <sub>u</sub> )	866,67	cm <sup>3</sup>
Curso (s)	106,06	mm
Taxa de Compressão (r <sub>v</sub> )	16,99	
Volume Total de um Cilindro (V <sub>1</sub> )	920,87	cm <sup>3</sup>

Figura 2: Questão 2 (Excel)

### 2.3 Terceira questão

#### Variáveis de entrada:

- Número de cilindros (Z): 4
- Diâmetro (D): 7,8 cm (78 mm)
- Curso do pistão (S): 8,2 cm (82 mm)
- Razão de compressão inicial (r<sub>i</sub>): 8
- Razão de compressão depois do rebaixo (r<sub>d</sub>): 12
- Espessura da junta (t): 1 mm

#### Variáveis de saída:

- Volume da câmara de combustão antes do rebaixo (V<sub>cci</sub>) em cm<sup>3</sup>
- Rebaixo do cabeçote (h) em mm
- Volume da câmara de combustão depois do rebaixo (V<sub>ccd</sub>) em cm<sup>3</sup>
- Rendimento antes e depois de rebaixar o cabeçote (E<sub>i</sub> e E<sub>d</sub>)

Para calcular o volume da câmara de combustão antes do rebaixo:

$$V_u = \frac{V}{z} = \frac{\pi D^2 S}{4}$$

$$r_i = \frac{V_{1i}}{V_{2i}} = \frac{V_u + V_{2i}}{V_{2i}} = \frac{V_u}{V_{2i}} + 1 \rightarrow V_{2i} = \frac{V_u}{r_i - 1}$$

$$V_{cci} = V_{2i} - \frac{\pi D^2 t}{4}$$

Para calcular o volume da câmara de combustão depois do rebaixo:

$$V_{2d} = \frac{V_u}{r_d - 1}$$

$$V_{ccd} = V_{2d} - \frac{\pi D^2 t}{4}$$

Para calcular o rebaixo do cabeçote:

$$\frac{\pi D^2}{4} * h = V_{cci} - V_{ccd}$$

$$h = \frac{4 * (V_{cci} - V_{ccd})}{\pi D^2}$$

Para calcular o rendimento antes e depois do rebaixo:

$$Ei = 1 - \frac{1}{r_i^{k-1}}$$

$$Ed = 1 - \frac{1}{r_d^{k-1}}$$

Questão 3		
Dados de Entrada		
Número de Cilindros (z)	4	
Diâmetro do Cilindro (D)	78	mm
Curso (s)	82	mm
Taxa de Compressão Inicial ( $r_{ui}$ )	8	
Espessura da junta ( $e_j$ )	1	mm
Taxa de Compressão Final ( $r_{uf}$ )	12	
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária ( $V_u$ )	391,83	cm <sup>3</sup>
<b>Volume Morto Inicial (<math>V_{mi}</math>)</b>	<b>55,98</b>	<b>cm<sup>3</sup></b>
Volume da Junta ( $V_j$ )	4,78	cm <sup>3</sup>
Volume Inicial da Câmara de Combustão ( $V_{cci}$ )	51,2	cm <sup>3</sup>
Volume Morto Final ( $V_{mf}$ )	35,62	cm <sup>3</sup>
<b>Volume Final da Câmara de Combustão (<math>V_{ccf}</math>)</b>	<b>30,84</b>	<b>cm<sup>3</sup></b>
Espessura de Rebaixamento do Cabeçote ( $e_c$ )	4,26	mm
<b>Rendimento Inicial</b>	<b>0,56</b>	
<b>Rendimento Final</b>	<b>0,63</b>	

Figura 3: Questão 3 (Excel)

## 2.4 Quarta questão

### Variáveis de entrada:

- Número de cilindros (Z): 6
- Diâmetro antes (Di): 10 cm (100 mm)
- Cilindrada total no início (Vi): 4,8 L (4800 cm<sup>3</sup>)
- Cilindrada total no final (Vd): 5,4 L (5400 cm<sup>3</sup>)

### Variáveis de saída:

- Novo diâmetro (Dd) em mm
- Curso do pistão (S) em mm

Sem alterar o virabrequim o curso do pistão se mante o mesmo:

$$Vi = z * \frac{\pi Di^2 S}{4} \rightarrow S = \frac{4Vi}{Z\pi D^2}$$

$$Vd = z * \frac{\pi D d^2 S}{4} \rightarrow Dd = 2 * \sqrt{\frac{Vd}{z\pi S}}$$

Questão 4		
Dados de Entrada		
Número de Cilindros (z)	6	
Cilindrada Inicial (V <sub>i</sub> )	4800	cm <sup>3</sup>
Diâmetro do Cilindro (D)	100	mm
Cilindrada Final (V <sub>f</sub> )	5400	cm <sup>3</sup>
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária Inicial (V <sub>ui</sub> )	800	cm <sup>3</sup>
Cilindrada Unitária Final (V <sub>uf</sub> )	900	cm <sup>3</sup>
Curso (s)	101,86	mm
Diâmetro Final (D <sub>f</sub> )	106,1	mm

Figura 4: Questão 4 (Excel)

## 2.5 Quinta questão

### Variáveis de entrada:

- Número de cilindros (Z): 8
- Razão de compressão (r): 9
- Cilindrada total (V): 5 L (5000 cm<sup>3</sup>)

### Variáveis de saída:

- Cilindrada unitária (V<sub>u</sub>) em cm<sup>3</sup>
- Volume total de 1 cilindro (V1)

Para calcular cilindrada unitária:

$$V_u = \frac{V}{z}$$

Para calcular o volume total de 1 cilindro:

$$r = \frac{V1}{V2} = \frac{V_u + V2}{V2} = \frac{V_u}{V2} + 1 \rightarrow V2 = \frac{V_u}{r - 1}$$

$$V1 = V_u + V2$$

$$V1 = \frac{rV_u}{r-1}$$



Questão 5		
Dados de Entrada		
Número de Cilindros (z)	8	
Cilindrada (V)	5000	cm <sup>3</sup>
Taxa de Compressão (r <sub>v</sub> )	9	
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária (V <sub>u</sub> )	625	cm <sup>3</sup>
Volume Total de um Cilindro (V <sub>1</sub> )	703,13	cm <sup>3</sup>

Figura 5: Questão 5 (Excel)

## 2.6 Sexta questão

### Variáveis de entrada:

- Número de cilindros (Z): 4
- Razão de compressão (r): 8,5
- Cilindrada total (V): 1,6 L (1600 cm<sup>3</sup>)
- Curso do pistão (S): 9 cm (90 mm)
- Espessura da junta antes (ti): 4 mm
- Espessura da junta depois (td): 3 mm

### Variáveis de saída:

- Cilindrada unitária (Vu) em cm<sup>3</sup>
- Diâmetro do cilindro (D) em mm
- Volume morto antes (V2i) em cm<sup>3</sup>
- Volume morto depois (V2d) em cm<sup>3</sup>
- Razão de compressão depois (r)

$$V_u = \frac{V}{z}$$

$$V_{2i} = \frac{V_u}{r_i - 1}$$

$$V_{cci} = V_{2i} - \frac{\pi D^2}{4} t_i$$

$$V_{ccd} = V_{cci}$$

$$V_{2d} = V_{cci} + \frac{\pi D^2}{4} t_d$$

$$V_{2d} = \frac{V_u}{r_d - 1} \rightarrow r_d = \frac{V_u}{V_{2d}} + 1$$

Questão 6		
Dados de Entrada		
Espessura da junta original ( $e_{ji}$ )	4	mm
Espessura da junta alternativa ( $e_{ja}$ )	3	mm
Cilindrada (V)	1600	cm <sup>3</sup>
Número de Cilindros (z)	4	
Curso (s)	90	mm
Taxa de Compressão Inicial ( $r_{vi}$ )	8,5	
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária ( $V_u$ )	400	cm <sup>3</sup>
Diâmetro do Cilindro (D)	75,2	mm
Volume Morto Inicial ( $V_{mi}$ )	53,33	cm <sup>3</sup>
Volume da Junta Inicial ( $V_{ji}$ )	17,77	cm <sup>3</sup>
Volume da Câmara de Combustão ( $V_{cc}$ )	35,56	cm <sup>3</sup>
Volume da Junta Final ( $V_{jf}$ )	13,32	cm <sup>3</sup>
Volume Morto Final ( $V_{mf}$ )	48,88	cm <sup>3</sup>
Taxa de Compressão Final ( $r_{vf}$ )	9,18	

Figura 6: Questão 6 (Excel)

## 2.7 Sétima questão

### 2.7.1 Sétima questão/Letra (a)

#### Variáveis de entrada:

- Motor 4 tempos (x): 2
- Razão de compressão inicial ( $r_i$ ): 16,3
- Cilindrada total (V): 10 L (10000 cm<sup>3</sup>)
- Curso do pistão (S): 13,6 cm (136 mm)
- Diâmetro (D): 125 mm
- Potência máxima do ciclo ( $N_c$ ): 246 kW
- Rotação (n): 2100 rpm

#### Variáveis de saída:

- Cilindrada unitária ( $V_u$ ) em cm<sup>3</sup>
- Número de cilindros (Z):
- Trabalho médio do ciclo ( $W_c$ ) em kJ
- Velocidade média do pistão ( $V_p$ ) em m/s
- Pressão Média Efetiva (PME) em kPa

Para calcular a cilindrada unitária:

$$V_u = \frac{\pi D^2 S}{4}$$

Para calcular o trabalho do ciclo:

$$W_c = \frac{\left(\frac{N_c}{z}\right) x}{n}$$

Para calcular a velocidade média do pistão:

$$V_p = 2 s \frac{n}{60}$$

Para calcular a Pressão Media Efetiva:

$$PME = \frac{W_c}{V_1 - V_2} = \frac{W_c}{V_u}$$

Questão 7 Letra A		
Dados de Entrada		
Motor 4 Tempos (x)	2	
Cilindrada (V)	10000	cm <sup>3</sup>
Diâmetro (D)	125	mm
Curso (s)	136	mm
Taxa de Compressão Inicial (r <sub>u</sub> )	16,3	
Potência Máxima do Ciclo (N <sub>c</sub> )	246	kW
Rotação (n)	2100	rpm
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária (V <sub>u</sub> )	1668,97	cm <sup>3</sup>
Número de Cilindros (z)	6	
Trabalho Médio do Ciclo (W <sub>c</sub> )	2,34	kJ
Velocidade Média do Pistão (v <sub>p</sub> )	9,52	m/s
Pressão Média Efetiva (PME)	14,06	Bar

Figura 7: Questão 7a (Excel)

### 2.7.2 Sétima questão/Letra (b)

Variáveis de entrada:

- Motor 4 tempos (x): 2
- Razão de compressão inicial (r<sub>i</sub>): 16,3
- Cilindrada total (V): 1,47 L (1470 cm<sup>3</sup>)
- Curso do pistão (S): 8 cm (80 mm)
- Diâmetro (D): 76,5 mm
- Potência máxima do ciclo (N<sub>c</sub>): 37 kW
- Rotação (n): 5000 rpm

Variáveis de saída:

- Cilindrada unitária (V<sub>u</sub>) em cm<sup>3</sup>
- Número de cilindros (Z):
- Trabalho médio do ciclo (W<sub>c</sub>) em kJ
- Velocidade média do pistão (V<sub>p</sub>) em m/s
- Pressão Media Efetiva (PME) em kPa

Para calcular a cilindrada unitária:

$$V_u = \frac{\pi D^2 S}{4}$$

Para calcular o trabalho do ciclo:

$$W_c = \frac{\left(\frac{N_c}{z}\right) x}{n}$$

Para calcular a velocidade média do pistão:

$$V_p = 2 s \frac{n}{60}$$

Para calcular a Pressão Média Efetiva:

$$PME = \frac{W_c}{V_1 - V_2} = \frac{W_c}{V_u}$$

Questão 7 Letra B		
Dados de Entrada		
Motor 4 Tempos (x)	2	
Cilindrada (V)	1470	cm <sup>3</sup>
Diâmetro (D)	76,5	mm
Curso (s)	80	mm
Taxa de Compressão Inicial (r <sub>vi</sub> )		
Potência Máxima do Ciclo (N <sub>c</sub> )	37	kW
Rotação (n)	5000	rpm
Dados de Saída		
Cilindrada Unitária (V <sub>u</sub> )	367,71	cm <sup>3</sup>
Número de Cilindros (z)	4	
Trabalho Médio do Ciclo (W <sub>c</sub> )	0,22	kJ
Velocidade Média do Pistão (v <sub>p</sub> )	13,33	m/s
Pressão Média Efetiva (PME)	6,04	Bar

Figura 8: Questão 7b (Excel)

### **3. Conclusão**

O trabalho permitiu aplicar conceitos de motores de combustão interna de forma prática, utilizando o Excel para realizar cálculos de forma organizada e precisa. Foram determinados parâmetros importantes, como cilindrada, volume morto, curso e rendimento, reforçando a compreensão da teoria e a importância da padronização de unidades.