



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Santa Catarina

---

Câmpus  
São José

## **Projeto Final**

Mecânica dos Sólidos

**Arthur Cadore Matuella Barcella**

20 de Agosto de 2024

# Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introdução:</b> .....                              | <b>3</b>  |
| <b>2. Questão 1:</b> .....                               | <b>3</b>  |
| 2.1. Calculo de esforço cortante e Momento fletor: ..... | 4         |
| 2.1.1. Seção 1 ( $0 \leq x \leq 4$ ): .....              | 4         |
| 2.1.2. Seção 2 ( $4 \leq x \leq 8$ ): .....              | 4         |
| 2.1.3. Seção 3 ( $8 \leq x \leq 12$ ): .....             | 5         |
| 2.1.4. Gráficos: .....                                   | 5         |
| 2.2. Tensão máxima de flexão: .....                      | 6         |
| <b>3. Questão 2:</b> .....                               | <b>6</b>  |
| 3.1. Calculo de esforço cortante e Momento fletor: ..... | 7         |
| 3.1.1. Seção 1 ( $0 \leq x \leq 4$ ): .....              | 7         |
| 3.1.2. Seção 2 ( $4 \leq x \leq 6$ ): .....              | 8         |
| 3.1.3. Gráficos: .....                                   | 8         |
| 3.2. Tensão máxima de flexão: .....                      | 9         |
| <b>4. Questão 3:</b> .....                               | <b>9</b>  |
| 4.1. Calculo de esforço cortante e Momento fletor: ..... | 10        |
| 4.1.1. Seção 1 ( $0 \leq x \leq 6$ ): .....              | 10        |
| 4.1.2. Seção 2 ( $6 \leq x \leq 14$ ): .....             | 11        |
| 4.1.3. Seção 3 ( $14 \leq x \leq 22$ ): .....            | 11        |
| 4.1.4. Gráficos: .....                                   | 11        |
| <b>5. Questão 4:</b> .....                               | <b>12</b> |
| 5.1. Tensão de cisalhamento: .....                       | 13        |
| <b>6. Questão 5:</b> .....                               | <b>13</b> |
| 6.1. Diâmetros dos eixos AB: .....                       | 14        |
| 6.2. Diâmetros dos eixos BC: .....                       | 14        |
| <b>7. Questão 6:</b> .....                               | <b>14</b> |
| 7.1. Tabela de resultados: .....                         | 15        |

## 1. Introdução:

Para este relatório, serão utilizadas as forças correspondentes a linha “A” da figura abaixo:

Figure 1: Elaborada pelo Autor

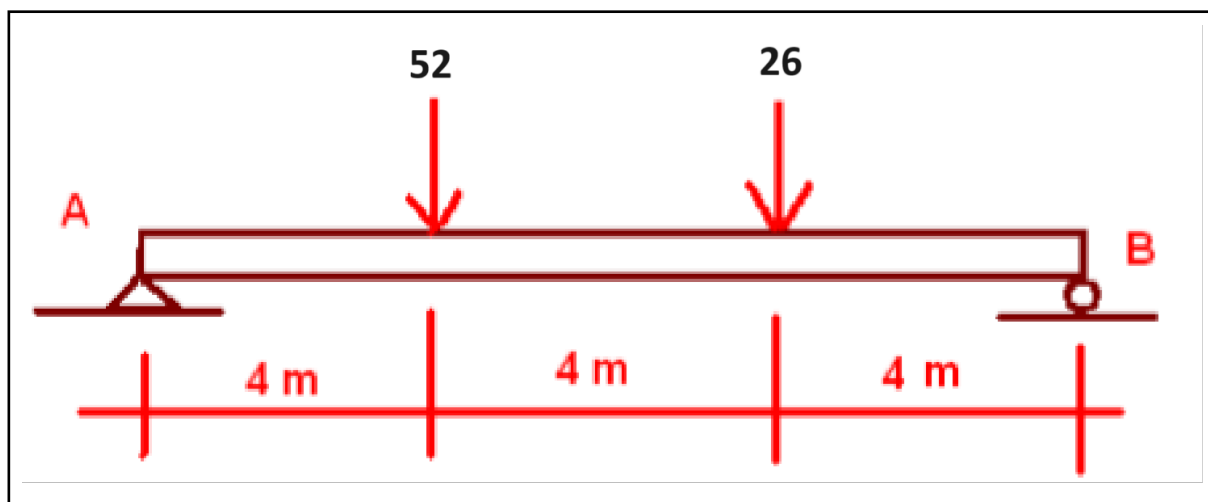
| Aluno(a) | F1<br>(kN) | F2<br>(kN) | F3<br>(kN/m) | F4<br>(kN) | T1<br>(kN.m) | T2<br>(kN.m) | T3<br>(kN.m) | Carga<br>P (kN)<br>Questão 6 |
|----------|------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|
| A        | 52         | 26         | 17           | 34         | 4            | 12           | 8            | 52                           |
| B        | 17         | 9          | 6            | 12         | 2            | 6            | 4            | 17                           |
| C        | 97         | 49         | 32           | 64         | 1            | 5            | 4            | 97                           |
| D        | 12         | 6          | 4            | 8          | 2            | 6            | 4            | 12                           |
| E        | 80         | 40         | 27           | 54         | 1            | 2            | 1            | 80                           |

Forças a serem aplicadas no trabalho

## 2. Questão 1:

Desenhe os diagramas de esforço cortante e momento fletor para a viga bi-apoiada. Considere que a viga tenha secção de 12cm x 30cm. Determine qual é a tensão máxima de flexão.

Figure 2: Elaborada pelo Autor



Questão 1

Inicialmente, partimos que o somatório das forças em y é igual a 0, portanto:

$$R_1 - 52k - 26k + R_2 = 0 \quad (1)$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 78k \quad (2)$$

Em seguida, determinamos que o somatório dos momentos é 0, portanto:

$$R_2 * 12 = 52k * 4 + 26k * 8 \quad (3)$$

Desta forma, temos que:

$$R_2 = \frac{52k * 4 + 26k * 8}{12} = \frac{416k}{12} = 34,666k \quad (4)$$

Como temos a relação de  $R_1 + R_2 = 78k$ , temos que:

$$R_1 + R_2 = 78k \rightarrow R_1 + 34,666k = 78k \rightarrow R_1 = 43,333k \quad (5)$$

## 2.1. Cálculo de esforço cortante e Momento fletor:

### 2.1.1. Seção 1 ( $0 \leq x \leq 4$ ):

Aplicando a fórmula  $-R_1 + V_x = 0$ , temos que:

$$-43,333k + V_x = 0 \quad (6)$$

Portanto:

$$V_x = 43,333k \quad (7)$$

Em seguida, para calcular o momento fletor, temos que:

$$M_x = V_x \rightarrow M_x = 43,333k_x \quad (8)$$

### 2.1.2. Seção 2 ( $4 \leq x \leq 8$ ):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-43,333k + 52k + V_x = 0 \quad (9)$$

Portanto:

$$V_x = -52k + 43,333k = -8,666k \quad (10)$$

Em seguida, para calcular o momento fletor, temos que:

$$52k(4 - 0) - 8,666k + M_x = 0 \quad (11)$$

Portanto:

$$M_x = 208k - 8,666k_x \quad (12)$$

### 2.1.3. Seção 3 ( $8 \leq x \leq 12$ ):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-43,333k + 52k + 26k + V_x = 0 \quad (13)$$

Portanto:

$$V_x = -52k - 26k + 43,333k = -34,666k \quad (14)$$

Em seguida para calcular o momento fletor, temos que:

$$52k(4 - 0) + 26k(8 - 0) - 34,666k + M_x = 0 \quad (15)$$

Portanto:

$$M_x = 416k - 34,666k_x \quad (16)$$

### 2.1.4. Gráficos:

A partir dos valores vistos acima, temos o seguinte gráfico de esforço cortante:

Figure 3: Elaborada pelo Autor

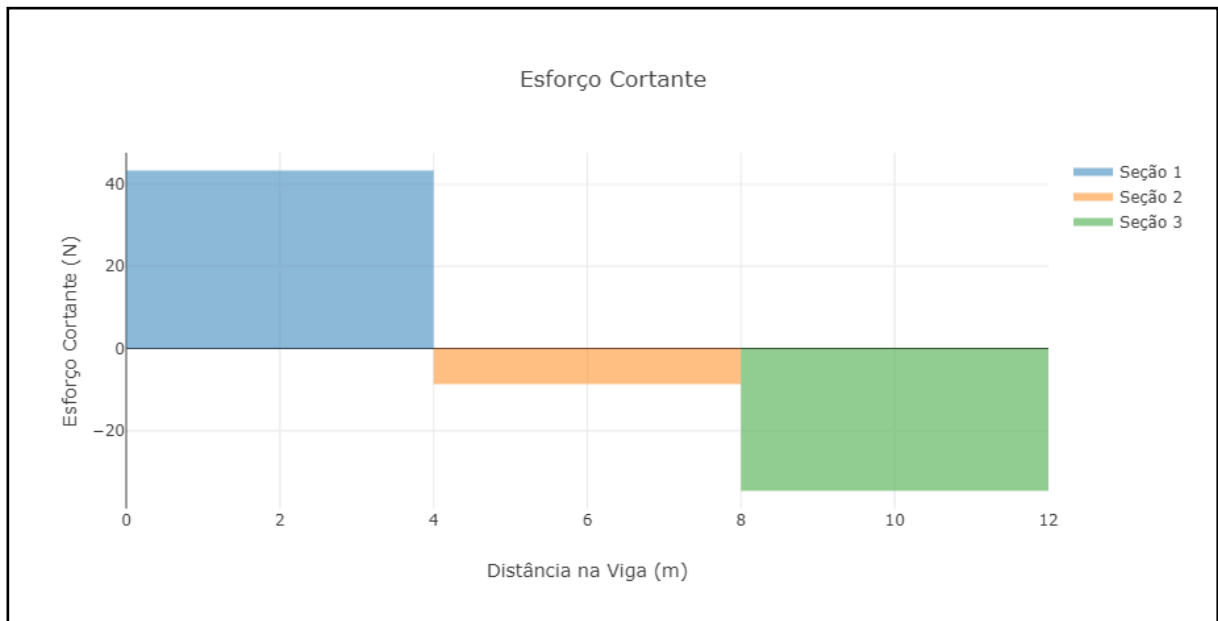


Diagrama de esforço cortante

E também, apresentado abaixo, o gráfico de momento fletor:

Figure 4: Elaborada pelo Autor

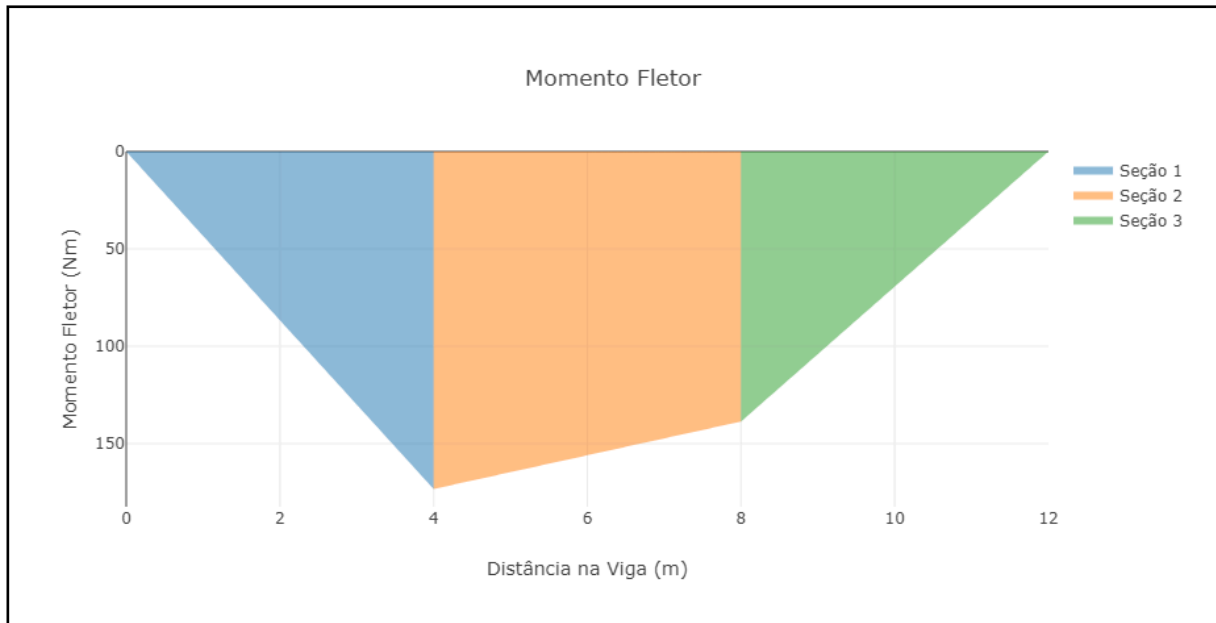


Diagrama de momento fletor

## 2.2. Tensão máxima de flexão:

Para calcular a tensão máxima de flexão, utilizamos a fórmula:

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \quad (17)$$

Primeiramente, calculamos a área:

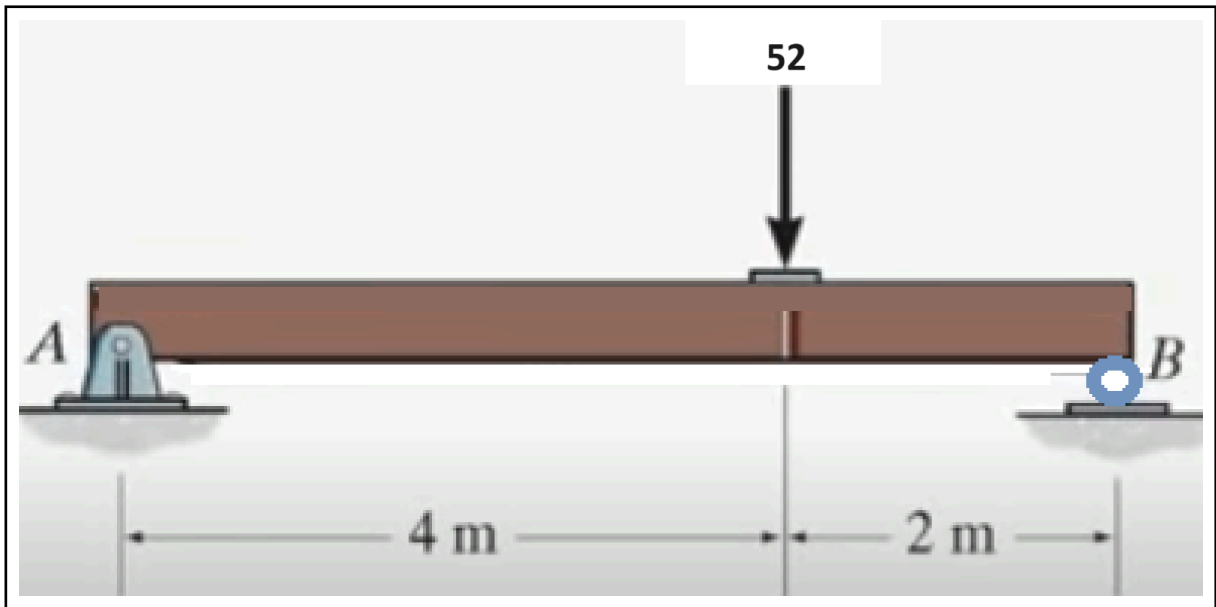
Aplicando aos valores obtidos na questão, temos que:

$$\sigma = \frac{M * y}{12} \quad (18)$$

## 3. Questão 2:

Desenhe os diagramas de esforço cortante e momento fletor para a viga bi-apoiada. A viga tem perfil retangular com medidas de 8cm x 25cm. Determine também qual é a tensão máxima de flexão.

Figure 5: Elaborada pelo Autor



### Questão 2

Inicialmente, partimos que o somatório das forças em y é igual a 0, portanto:

$$R_1 - 52k + R_2 = 0 \quad (19)$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 52k \quad (20)$$

Em seguida, determinamos que o somatório dos momentos é 0, portanto:

$$R_2 * 6 = 52k * 4 \rightarrow R_2 = \frac{52k * 4}{6} = 34,666k \quad (21)$$

Como temos a relação de  $R_1 + R_2 = 52k$ , temos que:

$$R_1 + R_2 = 52k \rightarrow R_1 + 34,666k = 52k \rightarrow R_1 = 17,333k \quad (22)$$

## 3.1. Calculo de esforço cortante e Momento fletor:

### 3.1.1. Seção 1 ( $0 \leq x \leq 4$ ):

Aplicando a formula  $-R_1 + V_x = 0$ , temos que:

$$-17,333k + V_x = 0 \quad (23)$$

Portanto:

$$V_x = 17,333k \quad (24)$$

Em seguida, para calcular o momento fletor, temos que:

$$M_x = V_x \rightarrow M_x = 17,333k_x \quad (25)$$

### 3.1.2. Seção 2 ( $4 \leq x \leq 6$ ):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-17,333k + 52k + V_x = 0 \quad (26)$$

Portanto:

$$V_x = -52k + 17,333k = -34,666k \quad (27)$$

Em seguida, para calcular o momento fletor, temos que:

$$52k(4 - 0) - 34,666k + M_x = 0 \quad (28)$$

Portanto:

$$M(x) = 208k - 34,666k_x \quad (29)$$

### 3.1.3. Gráficos:

A partir dos valores vistos acima, temos o seguinte gráfico de esforço cortante:

Figure 6: Elaborada pelo Autor

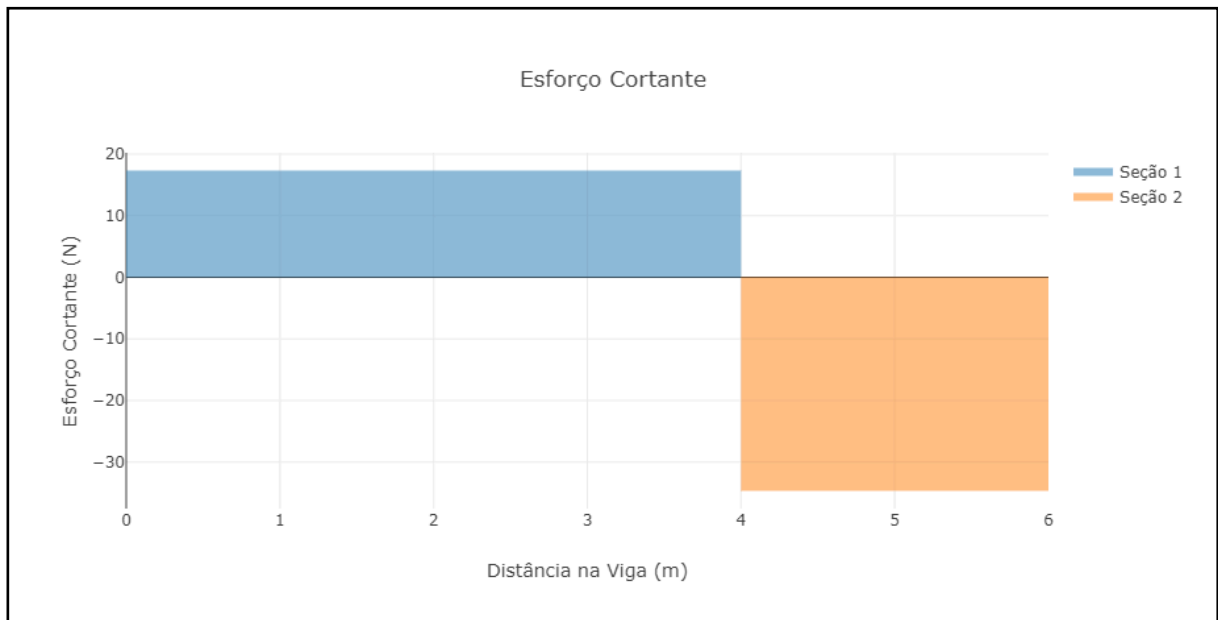


Diagrama de esforço cortante

E também, apresentado abaixo, o gráfico de momento fletor:



Figure 7: Elaborada pelo Autor

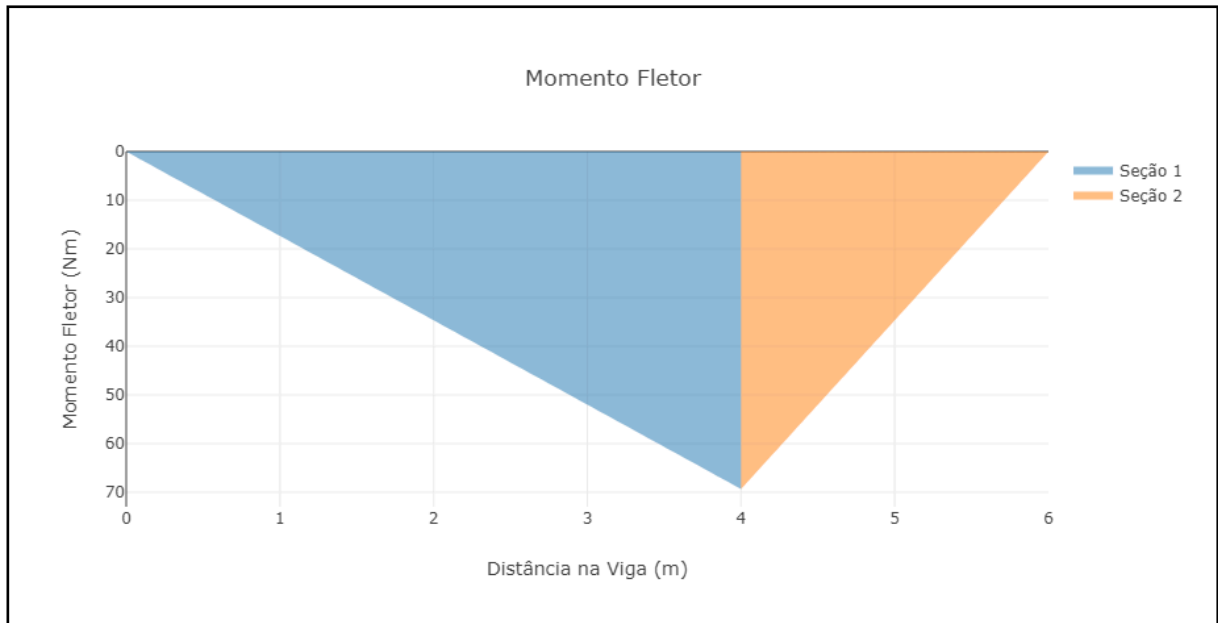


Diagrama de momento fletor

### 3.2. Tensão máxima de flexão:

Para calcular a tensão máxima de flexão, utilizamos a fórmula:

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \quad (30)$$

Primeiramente, calculamos a área:

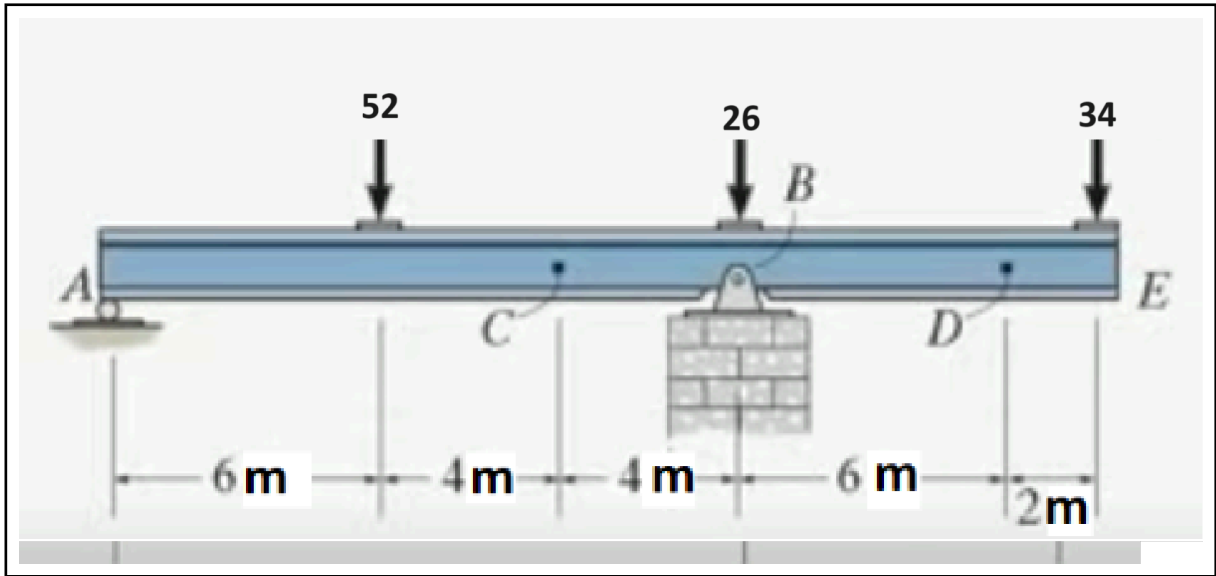
Aplicando aos valores obtidos na questão, temos que:

$$\sigma = \frac{M * y}{12} \quad (31)$$

## 4. Questão 3:

Desenhe os diagramas de esforço cortante e momento fletor para a viga mostrada abaixo:

Figure 8: Elaborada pelo Autor



Questão 3

#### 4.1. Cálculo de esforço cortante e Momento fletor:

Inicialmente, partimos que o somatório das forças em y é igual a 0, portanto:

$$R_1 - 52k - 26k + R_2 - 34k = 0 \quad (32)$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 52k + 26k + 34k = 112k \quad (33)$$

Em seguida, determinamos que o somatório dos momentos é 0, portanto:

$$R_2 * 14 = 52k * 6 + 26k * 14 + 34k * 22 \quad (34)$$

Desta forma, temos que:

$$R_2 = \frac{52k * 6 + 26k * 14 + 34k * 22}{14} = \frac{1424k}{14} = 101,714k \quad (35)$$

Como temos a relação de  $R_1 + R_2 = 112k$ , temos que:

$$R_1 + R_2 = 112k \rightarrow R_1 + 101,714k = 112k \rightarrow R_1 = 10,286k \quad (36)$$

##### 4.1.1. Seção 1 ( $0 \leq x \leq 6$ ):

Apliando a formula  $-R_1 + V_x = 0$ , temos que:

$$-10,286k + V_x = 0 \quad (37)$$

Portanto:

$$V_x = 10,286k \quad (38)$$

Em seguida, para calcular o momento fletor, temos que:

$$M(x) = V_x \rightarrow M_x = 10,286k_x \quad (39)$$

#### 4.1.2. Seção 2 ( $6 \leq x \leq 14$ ):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-10,286k + 52k + V_x = 0 \quad (40)$$

Portanto:

$$V_x = -52k + 10,286k = -41,714k \quad (41)$$

Em seguida, para calcular o momento fletor, temos que:

$$52k(6 - 0) - 41,714k + M_x = 0 \quad (42)$$

Portanto:

$$M_x = 312k - 41,714k_x \quad (43)$$

#### 4.1.3. Seção 3 ( $14 \leq x \leq 22$ ):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$+10,286k + 101,714k - 52k - 26k + V_x = 0 \quad (44)$$

Portanto:

$$V_x = -52k - 26k + 101,714k + 10,286k = 34k \quad (45)$$

Em seguida para calcular o momento fletor, temos que:

$$52k(6 - 0) + 26k(14 - 0) - 34k + M_x = 0 \quad (46)$$

Portanto:

$$M_x = -748k + 34k_x \quad (47)$$

#### 4.1.4. Gráficos:

A partir dos valores vistos acima, temos o seguinte gráfico de esforço cortante:

Figure 9: Elaborada pelo Autor

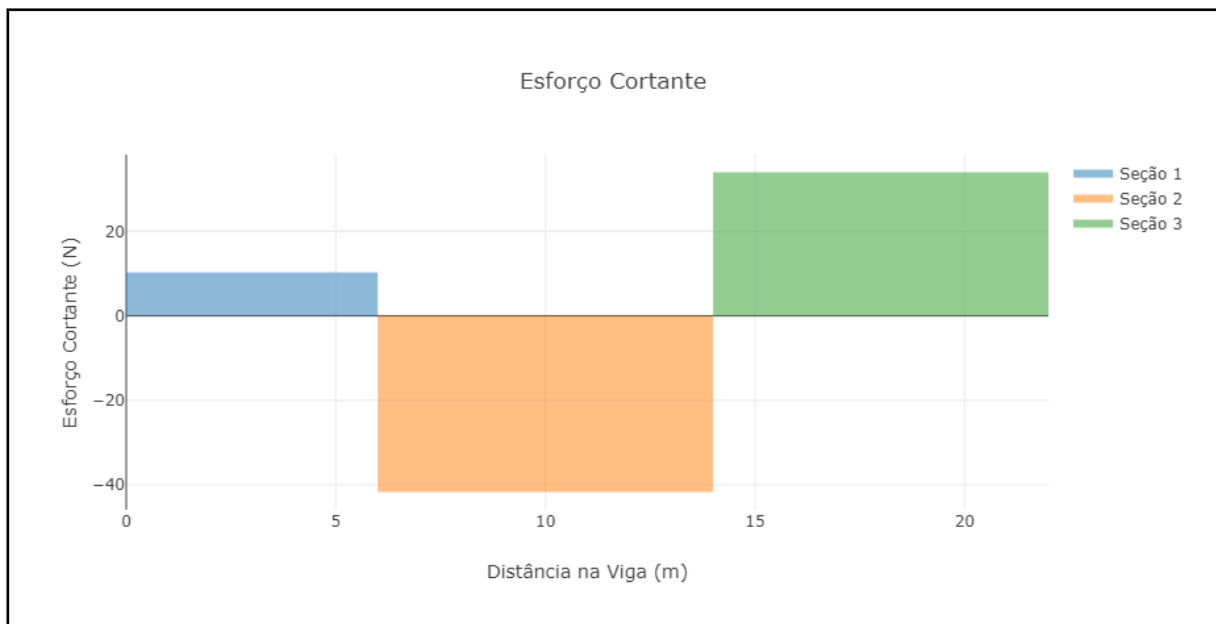


Diagrama de esforço cortante

E também, apresentado abaixo, o gráfico de momento fletor:

Figure 10: Elaborada pelo Autor

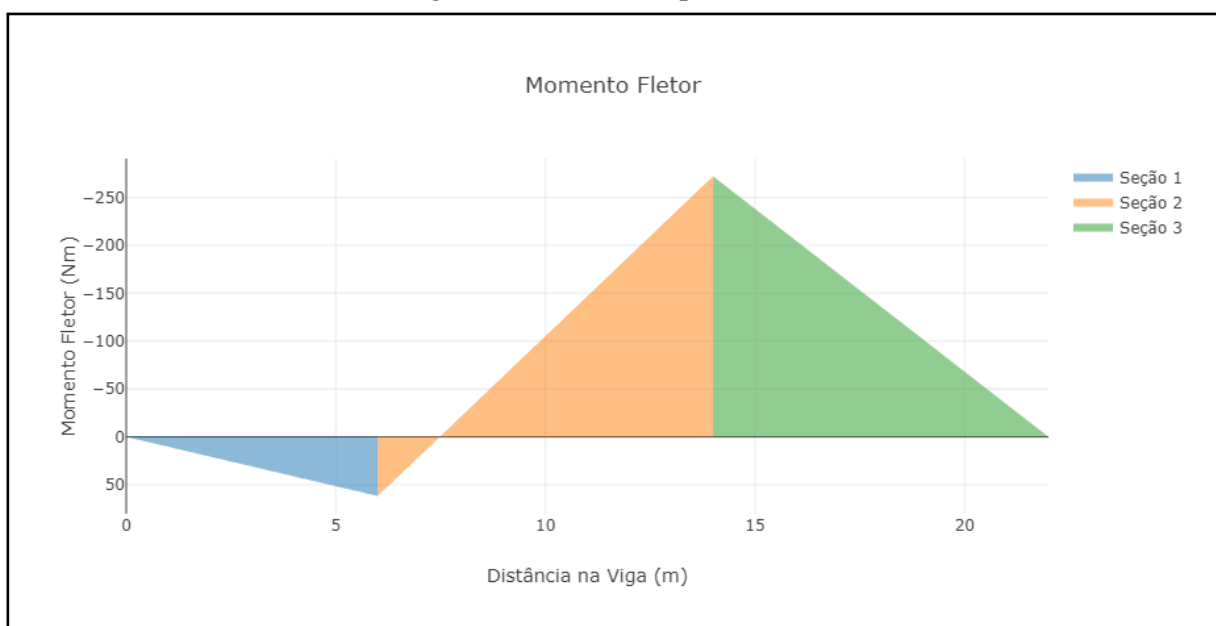
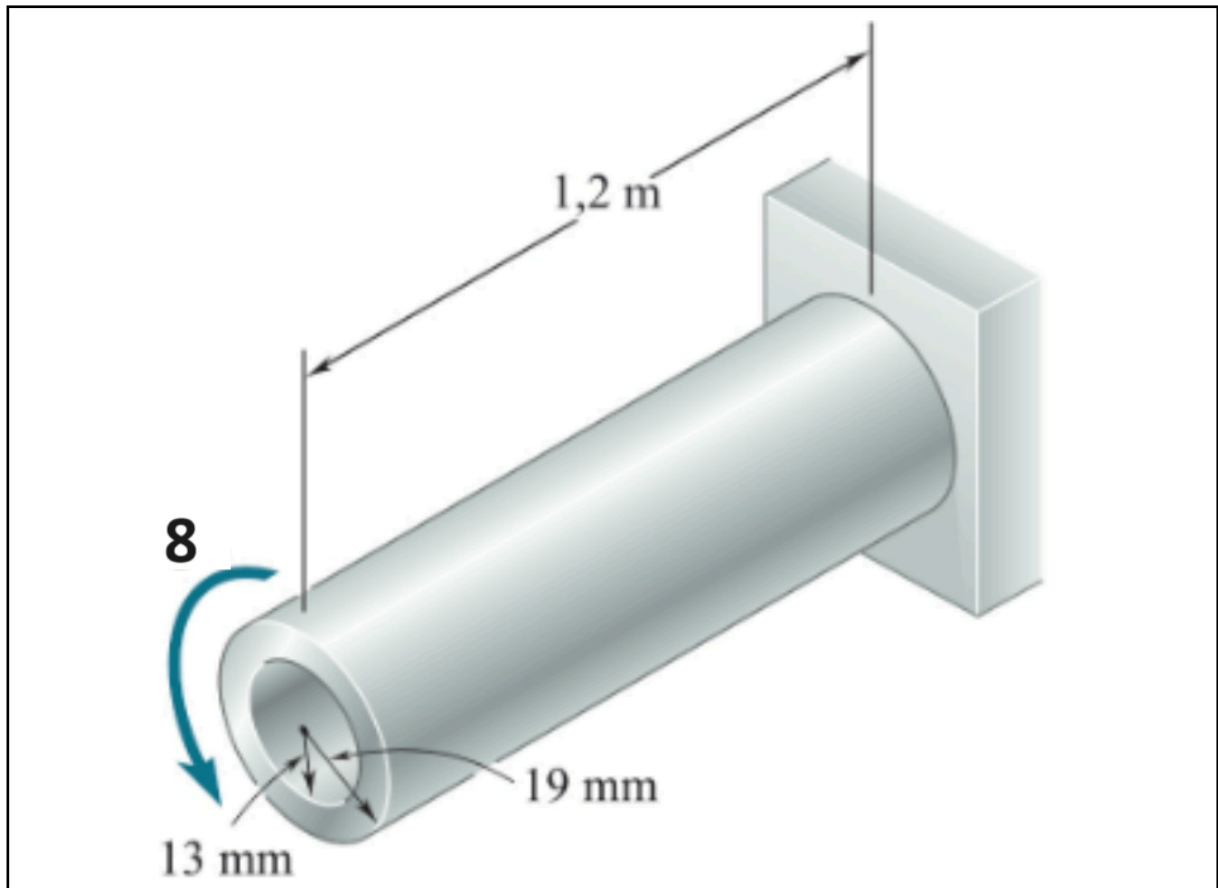


Diagrama de momento fletor

## 5. Questão 4:

Determine a Tensão de cisalhamento do eixo vazado abaixo quando submetido ao momento de torção T3.

Figure 11: Elaborada pelo Autor



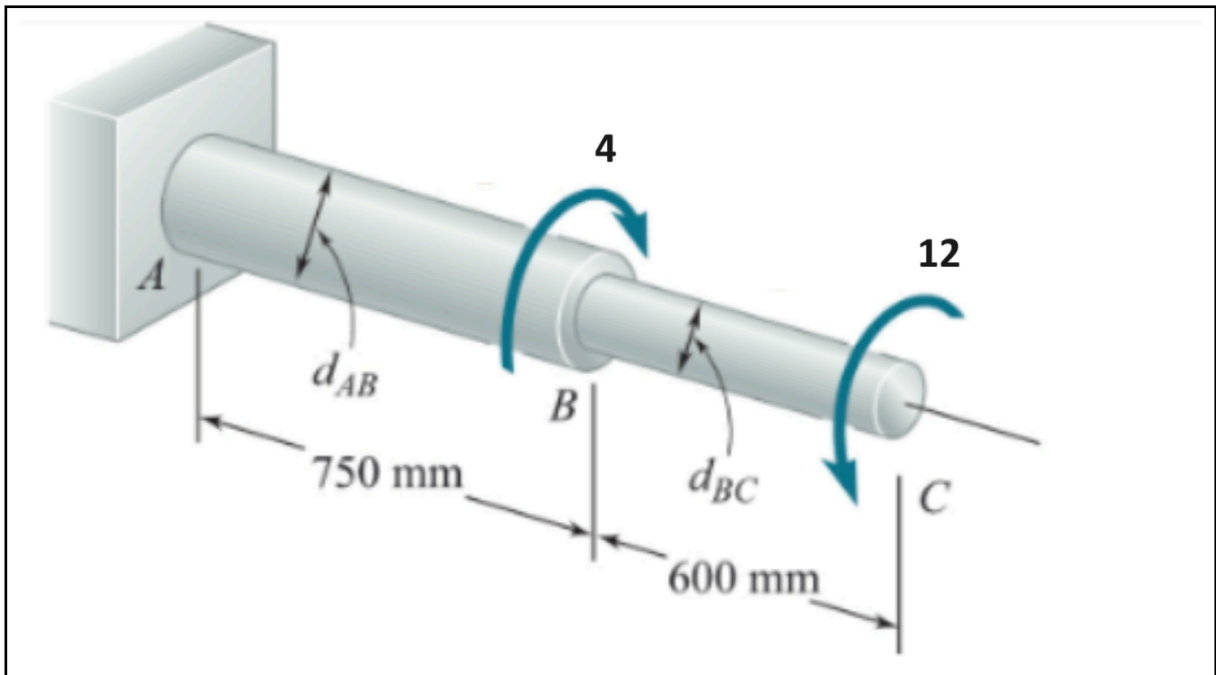
Questão 4

### 5.1. Tensão de cisalhamento:

### 6. Questão 5:

Considere o eixo mostrado abaixo. A tensão máxima admissível para o latão é de 55MPa. Dimensione os diâmetros mínimos dos eixos AB e BC.

Figure 12: Elaborada pelo Autor



Questão 5

**6.1. Diâmetros dos eixos AB:**

**6.2. Diâmetros dos eixos BC:**

## 7. Questão 6:

Observe a estrutura. Determine qual a pressão exercida pelas sapatas no solo ( $\text{kN/m}^2$ ).

- A Carga adicional sobre a laje localizada bem no centro tem valor  $P(\text{kN})$ .
- Considere a densidade do concreto armado como sendo de  $2.300\text{kg/m}^3$ .
- As paredes têm largura de  $15\text{cm}$  e densidade de  $1300\text{kg/m}^3$ .
- Desconsidere a porta e a janela para calcular a carga das paredes.
- A espessura da laje de cobertura e da laje de piso é de  $15\text{cm}$ .
- Os 4 pilares têm medidas de secção de  $40\text{cm} \times 15\text{cm}$ .
- As vigas de cobertura e baldrame têm secções de  $15\text{cm}$  por  $30\text{cm}$ .
- As sapatas (ou blocos de fundação) têm medidas de  $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0,50\text{m}$  de altura.
- Os pilares são armados com 6 barras de aço de diâmetro “d”. (Determine esse diâmetro considerando que a carga da laje e da viga de cobertura é descarregada 75% no concreto e 25% no aço.)

Considere:  $E_{\text{aço}} = 200\text{GPa}$  e  $E_{\text{conc}} = 20\text{GPa}$ .

Para as vigas, determine qual a Tensão máxima de flexão decorrente do peso próprio e da carga das paredes / lajes.

Considere que a carga das lajes e do peso  $P$  são descarregadas igualmente em todo o perímetro das vigas.

### 7.1. Tabela de resultados:

Table 1: Elaborada pelo Autor

| Item | Estrutura                                  | Resultado |
|------|--|-----------|
| 1    | peso próprio da laje (sem vigas)           | kN        |
| 2    | peso próprio de todas as vigas             | kN        |
| 3    | peso próprio dos pilares                   | kN        |
| 4    | peso próprio das paredes                   | kN        |
| 5    | peso próprio das sapatas                   | kN        |
| 6    | Tensão exercida sobre o solo pelas sapatas | MPa       |
| 7    | Diâmetro das barras de aço do pilar        | mm        |

Tabela de resultados obtidos