



**INSTITUTO
FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus
São José

Projeto Final

Mecânica dos Sólidos

Arthur Cadore Matuella Barcella

20 de Agosto de 2024

Sumário

1. Introdução:	3
2. Questão 1:	3
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
3. Questão 2:	6
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
4. Questão 3:	9
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
5. Questão 4:	12
6. Questão 5:	14
6.1. Diâmetros dos eixos AB:	14
6.2. Diâmetros dos eixos BC:	14
7. Questão 6:	14
7.1. Tabela de resultados:	15
8. Referências Bibliográficas:	15

1. Introdução:

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

Figure 1: Elaborada pelo Autor

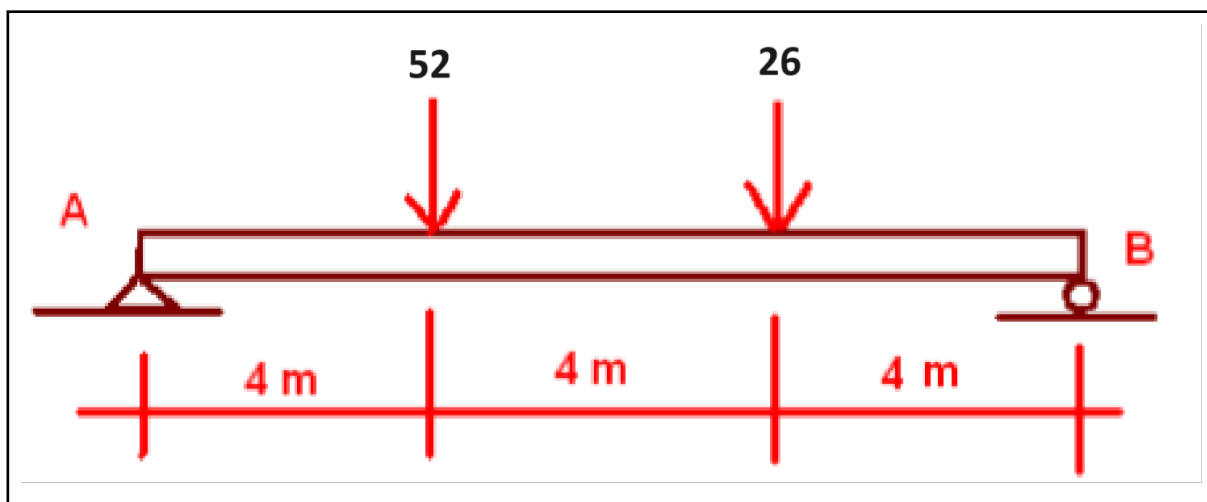
Aluno(a)	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN/m)	F4 (kN)	T1 (kN.m)	T2 (kN.m)	T3 (kN.m)	Carga P (kN) Questão 6
A	52	26	17	34	4	12	8	52
B	17	9	6	12	2	6	4	17
C	97	49	32	64	1	5	4	97
D	12	6	4	8	2	6	4	12
E	80	40	27	54	1	2	1	80

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

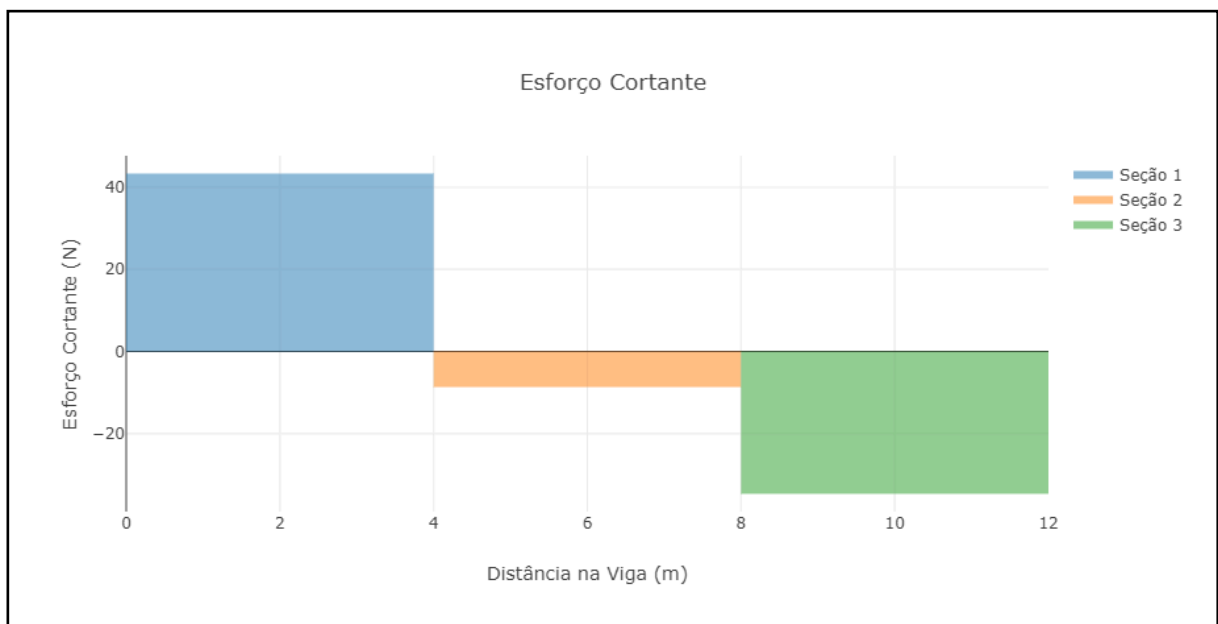


Diagrama de esforço cortante

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

Figure 4: Elaborada pelo Autor

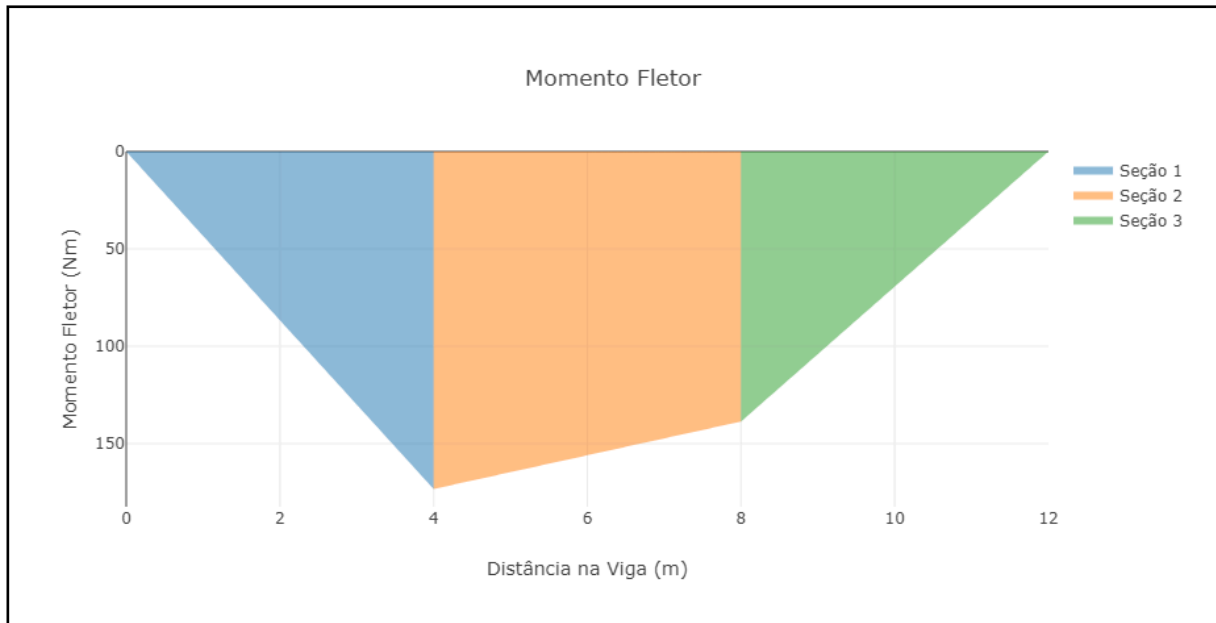


Diagrama de momento fletor

2.2. Tensão máxima de flexão:

Primeiramente, calculamos o centro de gravidade “y” na secção transversal da viga:

$$y = \frac{h}{2} = \frac{30}{2} = 15\text{cm} \rightarrow y = 0,15\text{m} \quad (17)$$

Agora calculamos o momento de inércia:

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0,12 * 0,3^3}{12} = \frac{0,12 * 0,027}{12} = 0,00027 \quad (18)$$

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

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \quad (19)$$

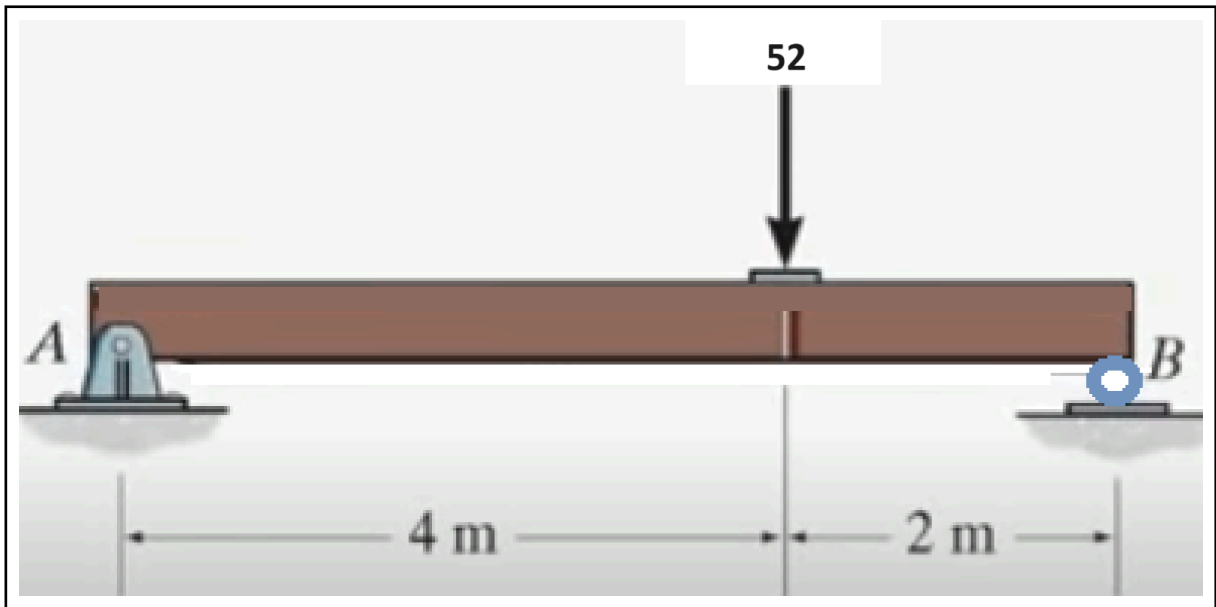
Aplicando aos valores obtidos na questão, temos que:

$$\sigma = \frac{173,33\text{k} * 0,15}{0,00027} = \frac{25,999\text{k}}{0,00027} = 96294444,44 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (20)$$

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:

$$R_1 - 52k + R_2 = 0 \quad (21)$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 52k \quad (22)$$

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

$$R_2 * 6 = 52k * 4 \rightarrow R_2 = \frac{52k * 4}{6} = 34,666k \quad (23)$$

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

$$R_1 + R_2 = 52k \rightarrow R_1 + 34,666k = 52k \rightarrow R_1 = 17,333k \quad (24)$$

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:

$$-17,333k + V_x = 0 \quad (25)$$

Portanto:

$$V_x = 17,333k \quad (26)$$

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

$$M_x = V_x \rightarrow M_x = 17,333k_x \quad (27)$$

3.1.2. Seção 2 ($4 \leq x \leq 6$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-17,333k + 52k + V_x = 0 \quad (28)$$

Portanto:

$$V_x = -52k + 17,333k = -34,666k \quad (29)$$

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

$$52k(4 - 0) - 34,666k + M_x = 0 \quad (30)$$

Portanto:

$$M(x) = 208k - 34,666k_x \quad (31)$$

3.1.3. Gráficos:

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

Figure 6: Elaborada pelo Autor

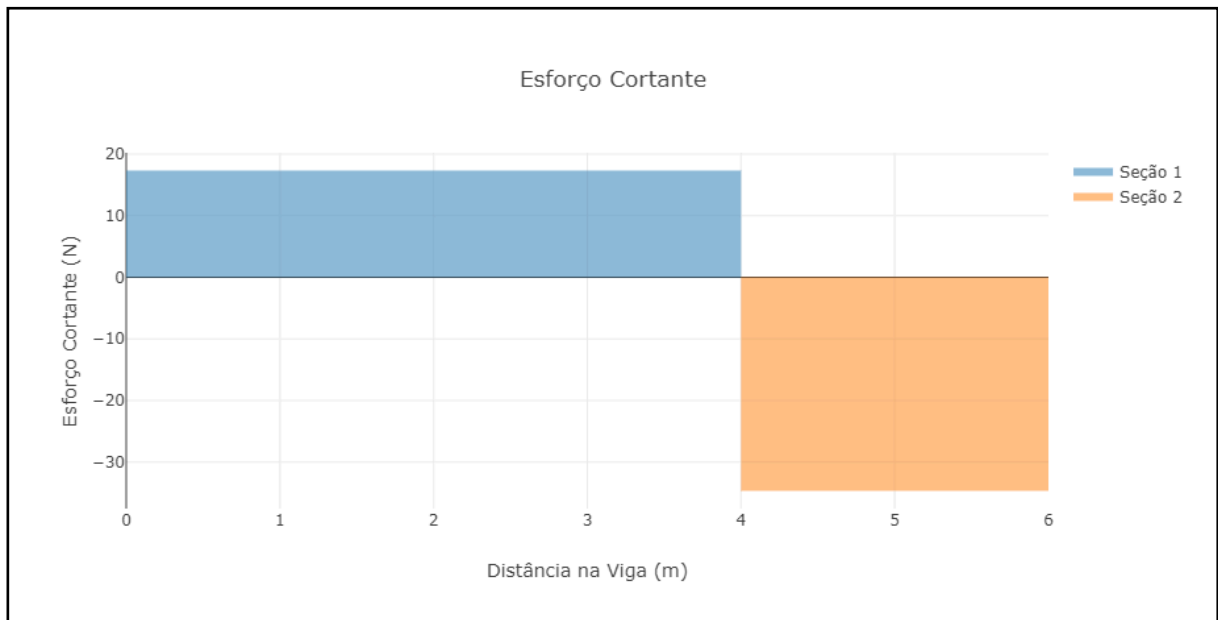


Diagrama de esforço cortante

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

Figure 7: Elaborada pelo Autor

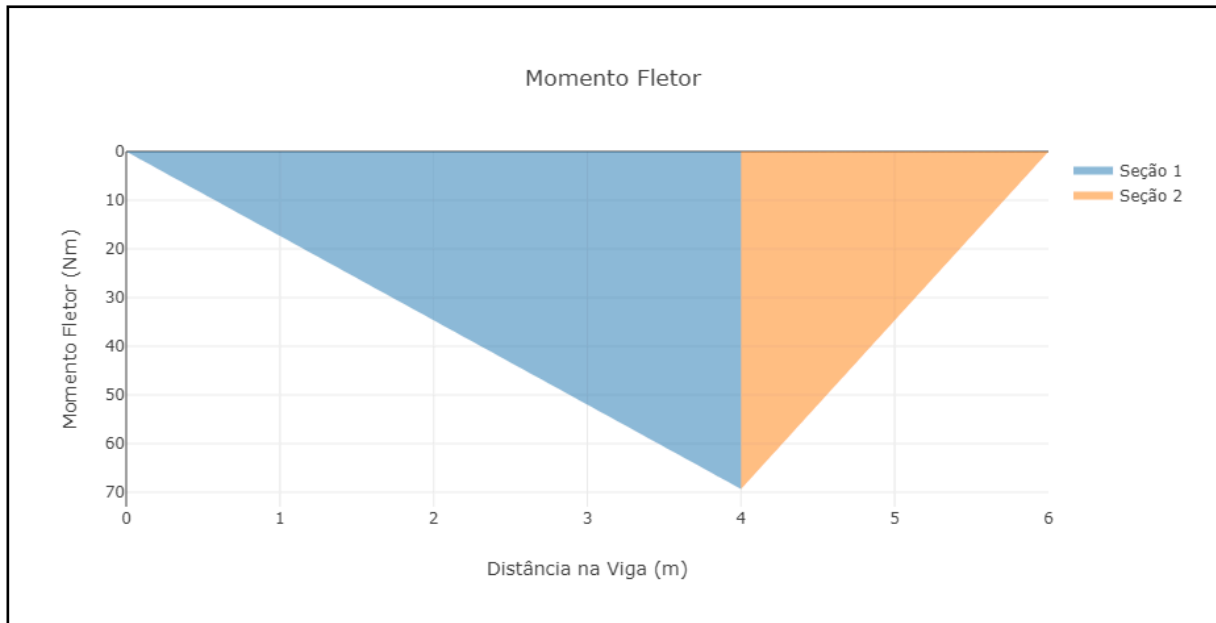


Diagrama de momento fletor

3.2. Tensão máxima de flexão:

Primeiramente, calculamos o centro de gravidade “y” na secção transversal da viga:

$$y = \frac{h}{2} = \frac{25}{2} = 12,5\text{cm} \rightarrow y = 0,125\text{m} \quad (32)$$

Agora calculamos o momento de inércia:

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0,08 * 0,25^3}{12} = \frac{0,08 * 0,015625}{12} = 0,010416 \quad (33)$$

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

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \quad (34)$$

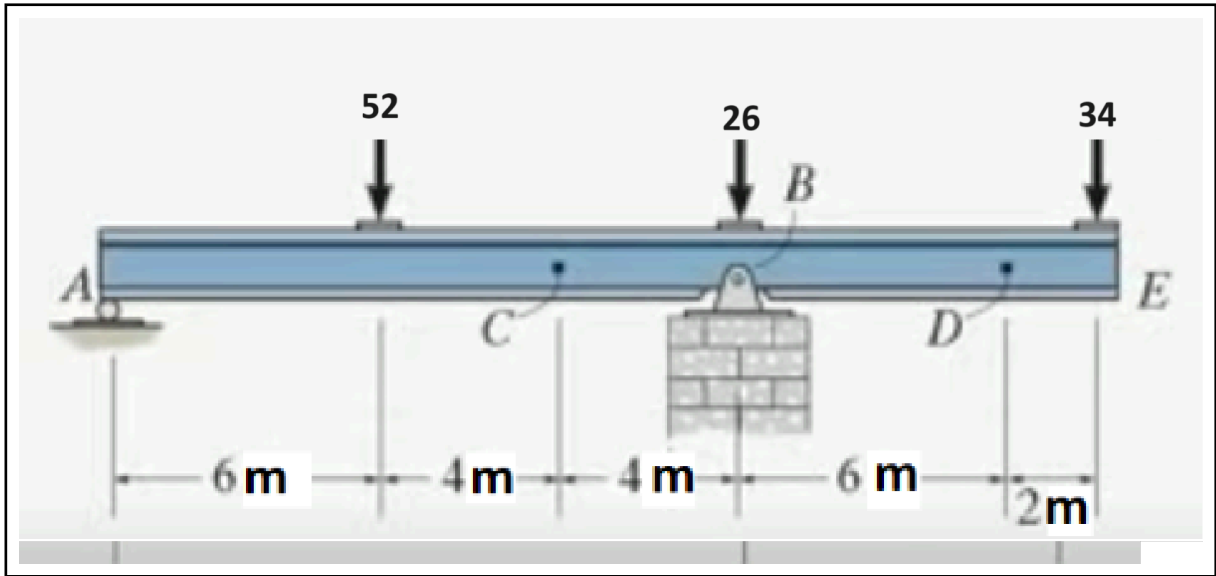
Aplicando aos valores obtidos na questão, temos que:

$$\sigma = \frac{69,333\text{k} * 0,125}{0,010416} = \frac{8,666\text{k}}{0,010416} = 832049,251 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (35)$$

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:

$$R_1 - 52k - 26k + R_2 - 34k = 0 \quad (36)$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 52k + 26k + 34k = 112k \quad (37)$$

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

$$R_2 * 14 = 52k * 6 + 26k * 14 + 34k * 22 \quad (38)$$

Desta forma, temos que:

$$R_2 = \frac{52k * 6 + 26k * 14 + 34k * 22}{14} = \frac{1424k}{14} = 101,714k \quad (39)$$

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

$$R_1 + R_2 = 112k \rightarrow R_1 + 101,714k = 112k \rightarrow R_1 = 10,286k \quad (40)$$

4.1.1. Seção 1 ($0 \leq x \leq 6$):

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

$$-10,286k + V_x = 0 \quad (41)$$

Portanto:

$$V_x = 10,286k \quad (42)$$

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

$$M(x) = V_x \rightarrow M_x = 10,286k_x \quad (43)$$

4.1.2. Seção 2 ($6 \leq x \leq 14$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

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

Portanto:

$$V_x = -52k + 10,286k = -41,714k \quad (45)$$

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

$$52k(6 - 0) - 41,714k + M_x = 0 \quad (46)$$

Portanto:

$$M_x = 312k - 41,714k_x \quad (47)$$

4.1.3. Seção 3 ($14 \leq x \leq 22$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$+10,286k + 101,714k - 52k - 26k + V_x = 0 \quad (48)$$

Portanto:

$$V_x = -52k - 26k + 101,714k + 10,286k = 34k \quad (49)$$

Em seguida para calcular o momento fletor, temos que:

$$52k(6 - 0) + 26k(14 - 0) - 34k + M_x = 0 \quad (50)$$

Portanto:

$$M_x = -748k + 34k_x \quad (51)$$

4.1.4. Gráficos:

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

Figure 9: Elaborada pelo Autor

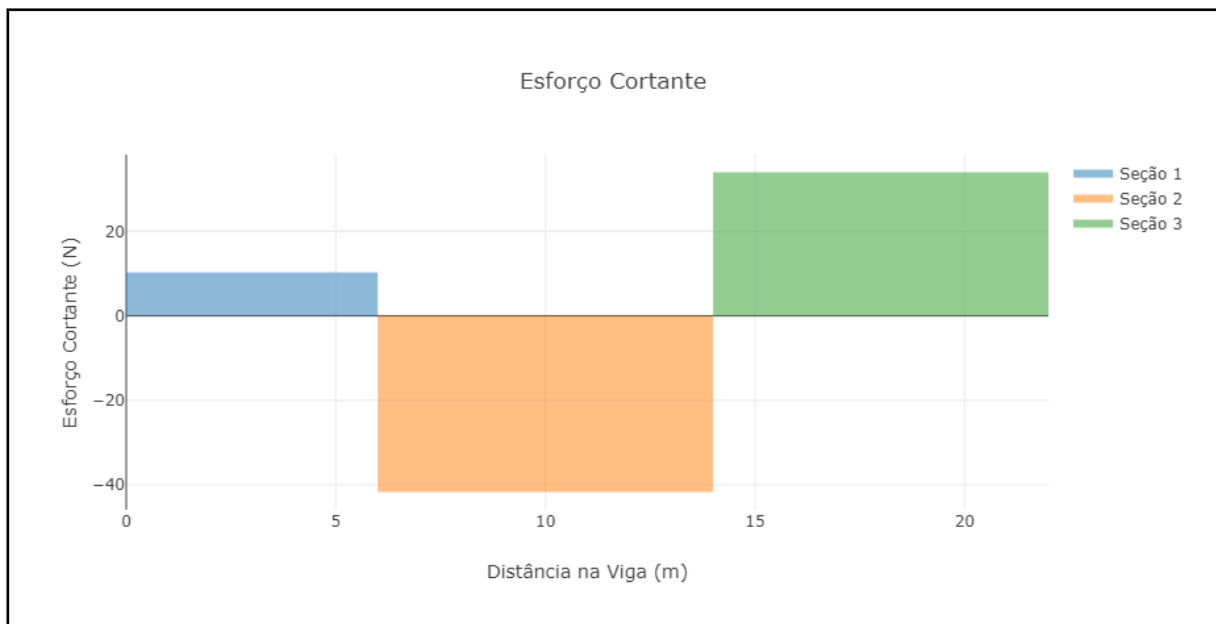


Diagrama de esforço cortante

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

Figure 10: Elaborada pelo Autor

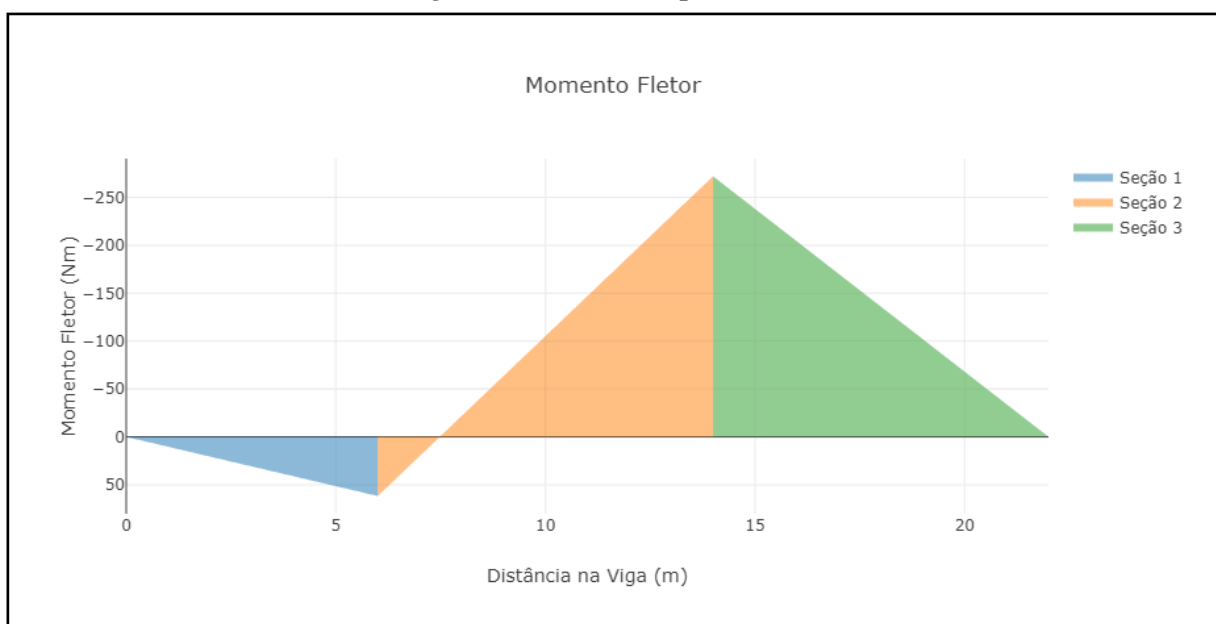


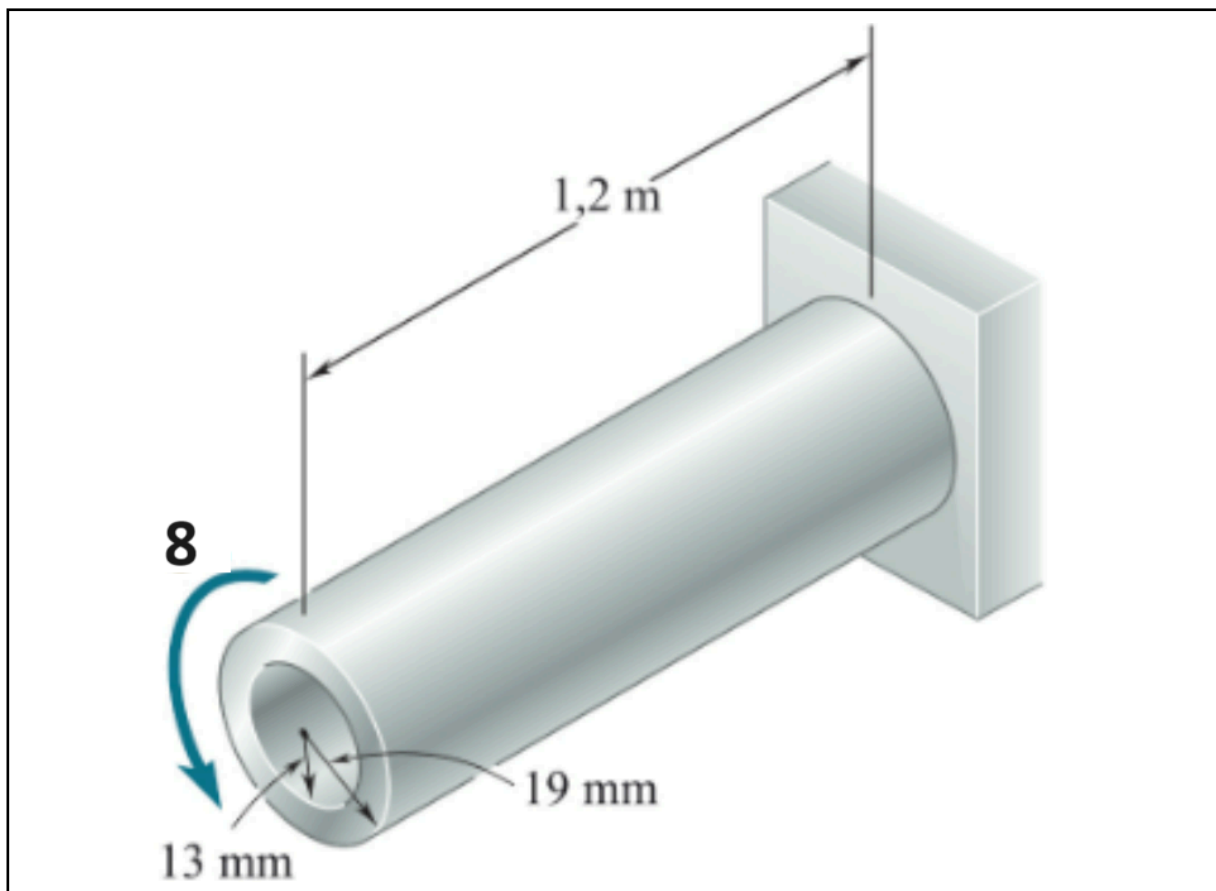
Diagrama de momento fletor

5. Questão 4:

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

Nota: Foi solicitado considerar outro valor para o material do eixo: Aço com modulo de elasticidade de 77GPa.

Figure 11: Elaborada pelo Autor



Questão 4

Para calcular a tensão de cisalhamento, inicialmente, precisamos calcular o momento polar de inércia, para isso temos que:

$$\tau = \frac{\pi}{2}(R_2^4 - R_1^4) \quad (52)$$

Aplicando os valores da questão na formula, ficamos com a seguinte expressão:

$$\tau = \frac{\pi}{2}(0,019^4 - 0,013^4) \rightarrow \tau = \frac{\pi}{2}(1,30321 * 10^{-7} - 0,28561 * 10^{-7}) \quad (53)$$

Portanto, temos que:

$$\tau = \frac{\pi}{2}[(1,30321 - 0,28561) * 10^{-7}] = 1,59844 * 10^{-7} \quad (54)$$

Agora podemos calcular a Tensão de cisalhamento aplicando a seguinte formula:

$$T = \frac{\varepsilon * J}{C} \quad (55)$$

Portanto:

$$8 = \frac{\varepsilon * 1,59844 * 10^{-7}}{0,019} \rightarrow 0,0152 = \varepsilon * 1,59844 * 10^{-7} \quad (56)$$

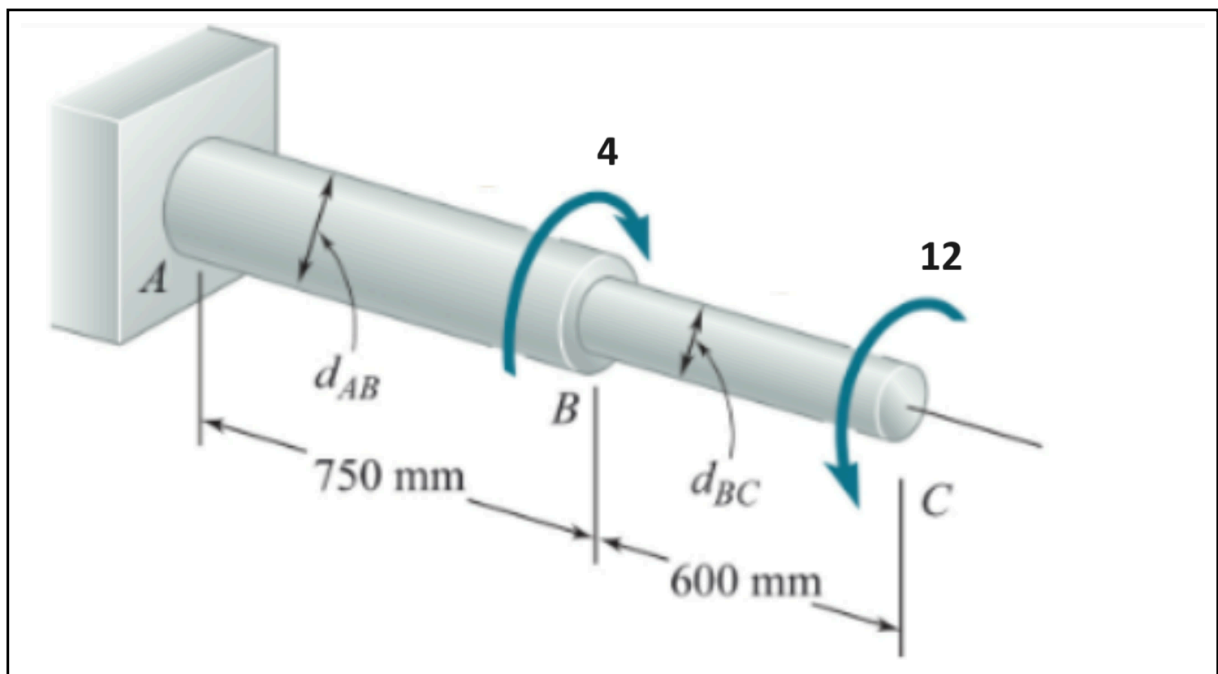
E assim calculamos a tensão de cisalhamento admissível:

$$\varepsilon = \frac{0,152}{1,59844 * 10^{-7}} = 950927.153 \frac{N}{m^2} \quad (57)$$

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 (kN/m²).

- A Carga adicional sobre a laje localizada bem no centro tem valor P(kN).
- Considere a densidade do concreto armado como sendo de 2.300kg/m³.
- As paredes têm largura de 15cm e densidade de 1300kg/m³.
- 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 15cm.

- Os 4 pilares têm medidas de secção de 40cm x 15cm.
- As vigas de cobertura e baldrame têm secções de 15cm por 30cm.
- As sapatas (ou blocos de fundação) têm medidas de 1m x 1m x 0,50m 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: $E_{aço} = 200\text{GPa}$ e $E_{conc} = 20\text{GPa}$.

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

8. Referências Bibliográficas:

- Jesué Graciliano da Silva. Momento fletor. Youtube - JESUE REFRIGERACAO CLIMATIZACAO, 2018.
- Jesué Graciliano da Silva. Aula resumo sobre torção - versão preliminar. Youtube - Jesue Graciliano da Silva, 2023.
- Jesué Graciliano da Silva. Diametro das barras de aço. Youtube - JESUE REFRIGERACAO CLIMATIZACAO, 2018.