INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Câmpus
São José

Projeto Final

Mecânica dos Sólidos

Arthur Cadore Matuella Barcella

20 de Agosto de 2024

Sumário

1. Introdução:

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

Figure 1: Elaborada pelo Autor

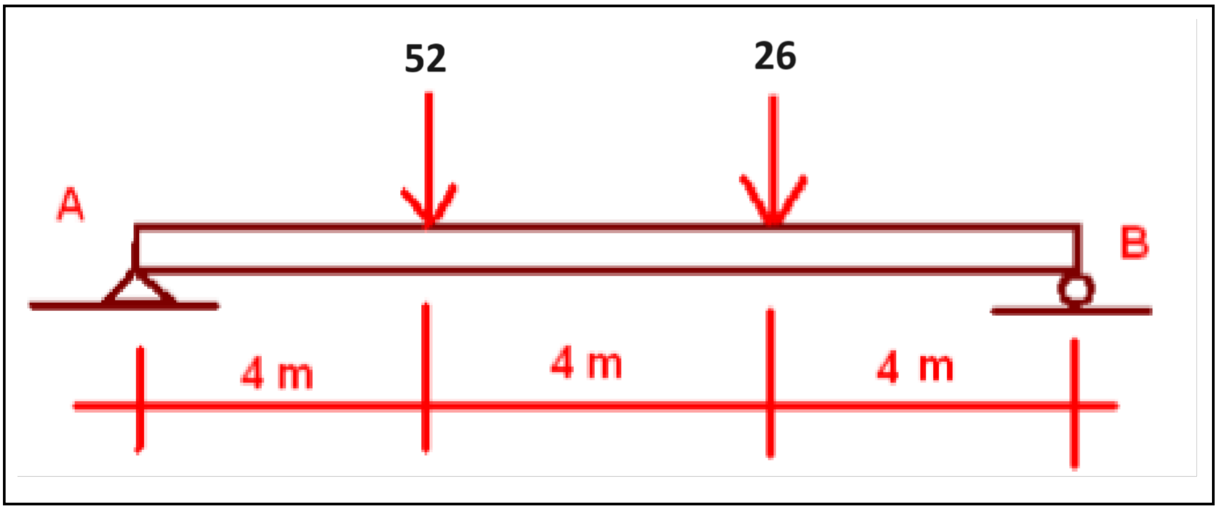
Aluno(a)	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN/m)	F4 (kN)	T1 (kN.m)	T2 (kN.m)	T3 (kN.m)	Carga P (kN) Questão 6
A	52	26	17	34	4	12	8	52
B	17	9	6	12	2	6	4	17
C	97	49	32	64	1	5	4	97
D	12	6	4	8	2	6	4	12
E	80	40	27	54	1	2	1	80

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

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

$$R_1 - 52k - 26k + R_2 = 0 \tag{1}$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 78k \tag{2}$$

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

$$R_2 * 12 = 52k * 4 + 26k * 8 \tag{3}$$

Desta forma, temos que:

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

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

$$R_1 + R_2 = 78k \rightarrow R_1 + 34,66666k = 78k \rightarrow R_1 = 43,333k \tag{5}$$

2.1. Calculo de esforço cortante e Momento fletor:

2.1.1. Seção 1 ($0 \leq x \leq 4$):

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

$$-43,333k + V_x = 0 \tag{6}$$

Portanto:

$$V_x = 43,333k \tag{7}$$

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

$$M_x = V_x \rightarrow M_x = 43,333k_x \tag{8}$$

2.1.2. Seção 2 ($4 \leq x \leq 8$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-43,333k + 52k + V_x = 0 \tag{9}$$

Portanto:

$$V_x = -52k + 43,333k = -8,666k \tag{10}$$

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

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

Portanto:

$$M_x = 208k - 8,666k_x \tag{12}$$

2.1.3. Seção 3 ($8 \leq x \leq 12$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-43,333k + 52k + 26k + V_x = 0 \tag{13}$$

Portanto:

$$V_x = -52k - 26k + 43,333k = -34,666k \tag{14}$$

Em seguida para calcular o momento fletor, temos que:

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

Portanto:

$$M_x = 416k - 34,666k_x \tag{16}$$

2.1.4. Gráficos:

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

Figure 3: Elaborada pelo Autor

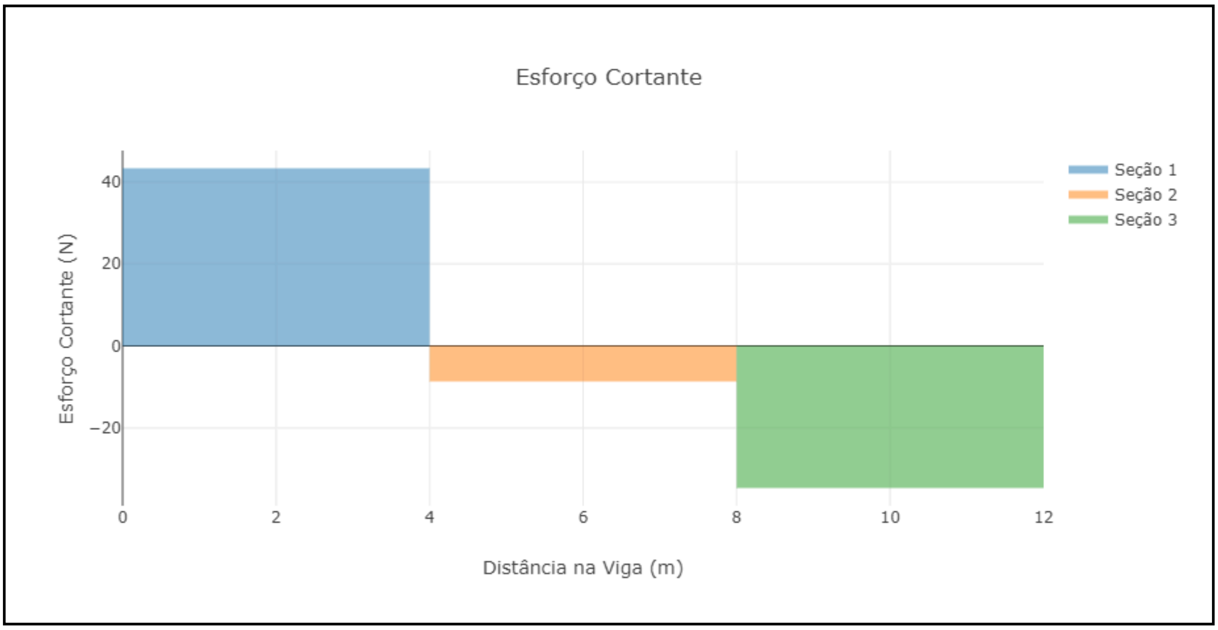


Diagrama de esforço cortante

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

Figure 4: Elaborada pelo Autor

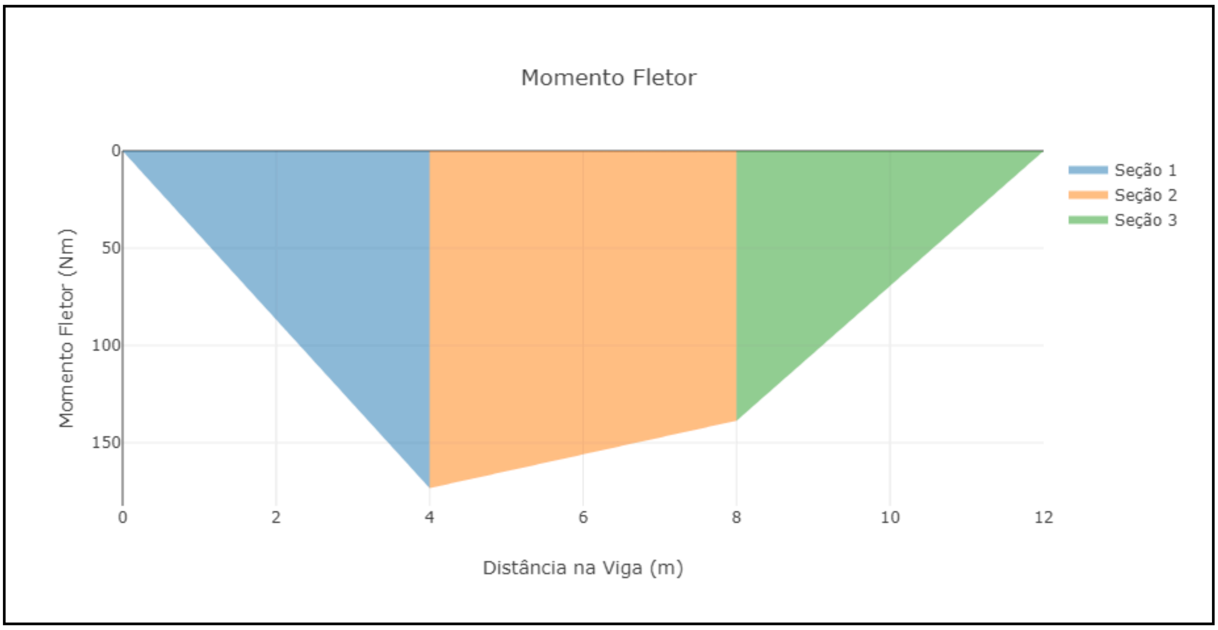


Diagrama de momento fletor

2.2. Tensão máxima de flexão:

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

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

Agora calculamos o momento de inércia:

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

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

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \tag{19}$$

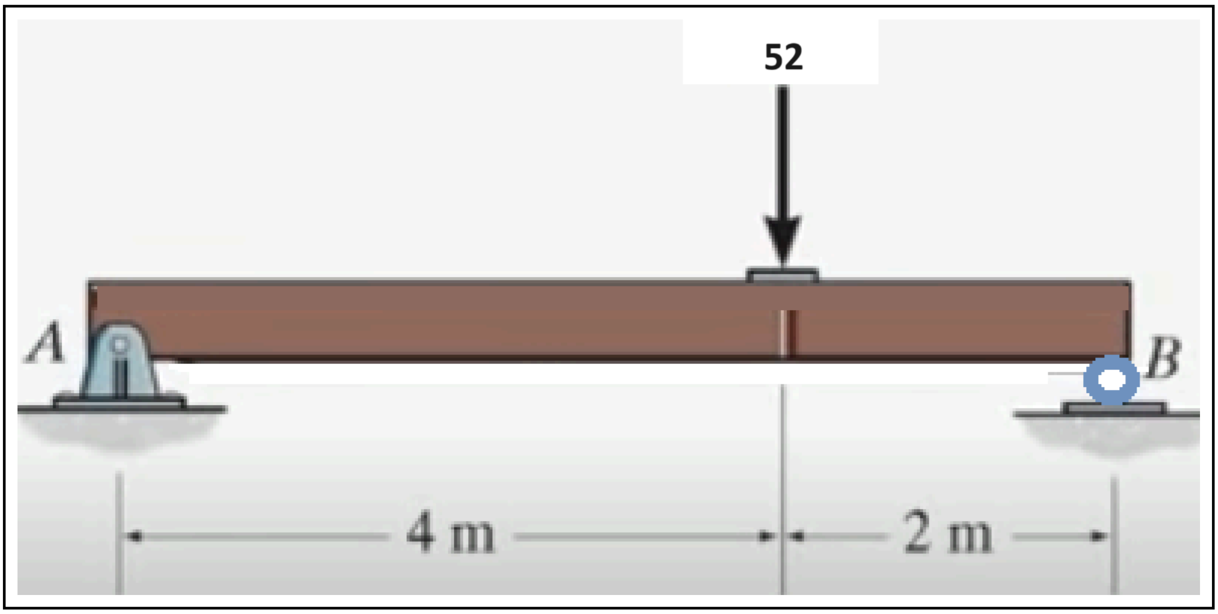
Aplicando aos valores obtidos na questão, temos que:

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

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 somátorio das forças em y é igual a 0, portanto:

$$R_1 - 52k + R_2 = 0 \tag{21}$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 52k \tag{22}$$

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

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

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

$$R_1 + R_2 = 52k \rightarrow R_1 + 34,666k = 52k \rightarrow R_1 = 17,333k \tag{24}$$

3.1. Calculo de esforço cortante e Momento fletor:

3.1.1. Seção 1 ($0 \leq x \leq 4$):

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

$$-17,333k + V_x = 0 \tag{25}$$

Portanto:

$$V_x = 17,333k \tag{26}$$

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

$$M_x = V_x \rightarrow M_x = 17,333k_x \tag{27}$$

3.1.2. Seção 2 ($4 \leq x \leq 6$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-17,333k + 52k + V_x = 0 \tag{28}$$

Portanto:

$$V_x = -52k + 17,333k = -34,666k \tag{29}$$

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

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

Portanto:

$$M(x) = 208k - 34,666k_x \tag{31}$$

3.1.3. Gráficos:

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

Figure 6: Elaborada pelo Autor

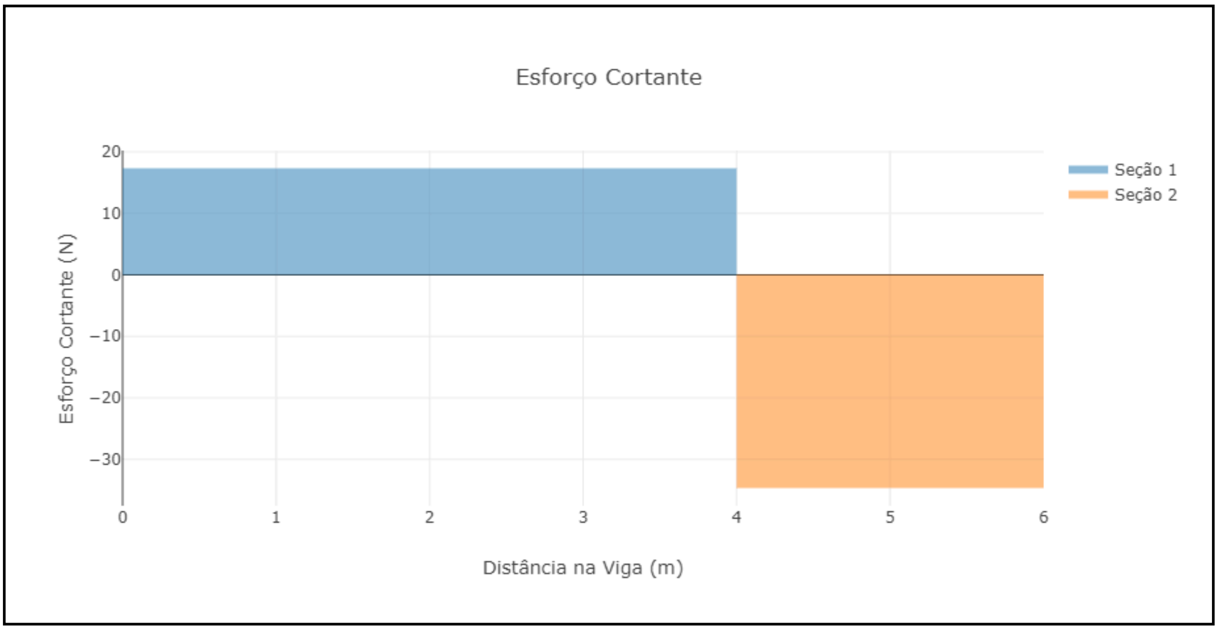


Diagrama de esforço cortante

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

Figure 7: Elaborada pelo Autor

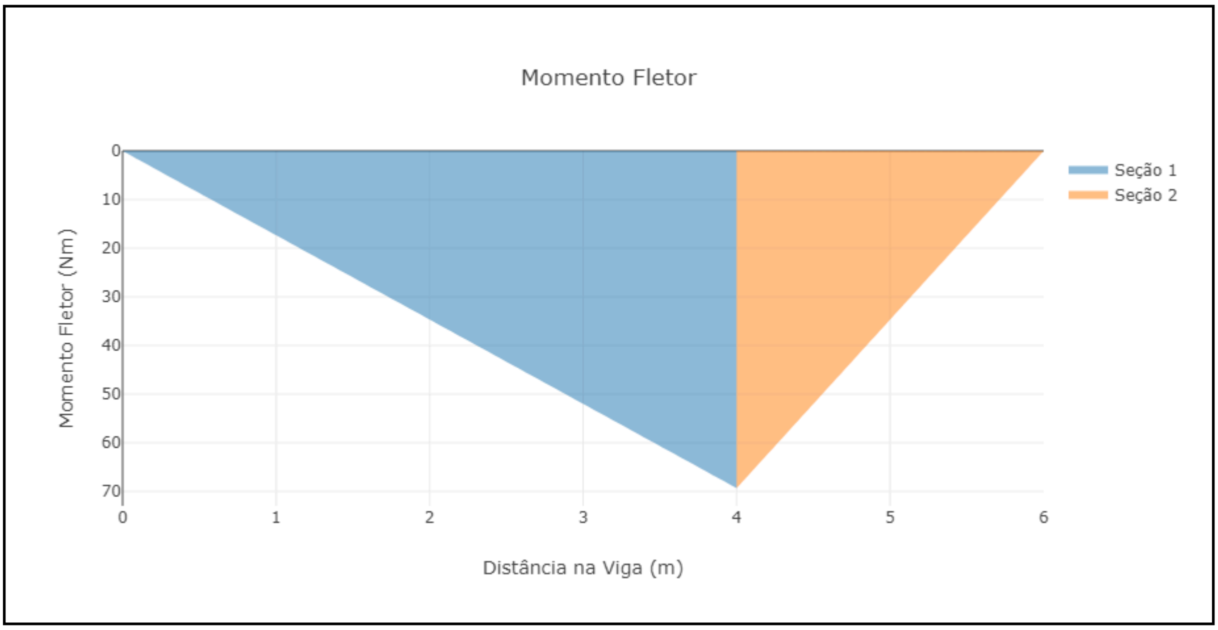


Diagrama de momento fletor

3.2. Tensão máxima de flexão:

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

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

Agora calculamos o momento de inércia:

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

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

$$\sigma = \frac{M * y}{I} \tag{34}$$

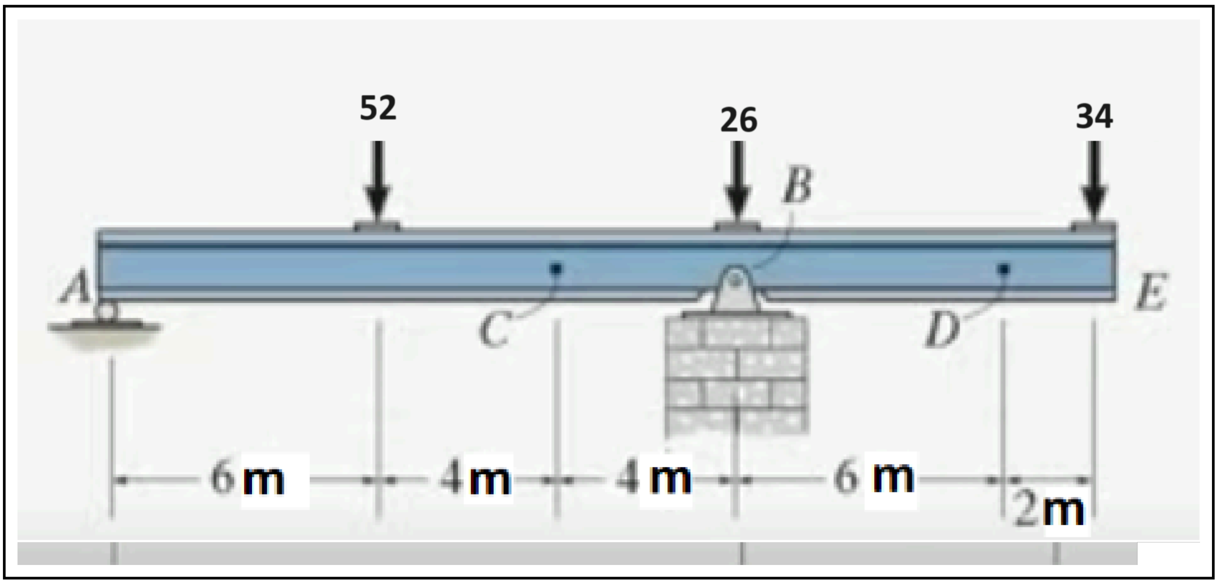
Aplicando aos valores obtidos na questão, temos que:

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

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. Calculo de esforço cortante e Momento fletor:

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

$$R_1 - 52k - 26k + R_2 - 34k = 0 \tag{36}$$

Desta forma, temos que:

$$R_1 + R_2 = 52k + 26k + 34k = 112k \tag{37}$$

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

$$R_2 * 14 = 52k * 6 + 26k * 14 + 34k * 22 \tag{38}$$

Desta forma, temos que:

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

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

$$R_1 + R_2 = 112k \rightarrow R_1 + 101,714k = 112k \rightarrow R_1 = 10,286k \tag{40}$$

4.1.1. Seção 1 ($0 \leq x \leq 6$):

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

$$-10,286k + V_x = 0 \tag{41}$$

Portanto:

$$V_x = 10,286k \tag{42}$$

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

$$M(x) = V_x \to M_x = 10,286k_x \tag{43}$$

4.1.2. Seção 2 ($6 \leq x \leq 14$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$-10,286k + 52k + V_x = 0 \tag{44}$$

Portanto:

$$V_x = -52k + 10,286k = -41,714k \tag{45}$$

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

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

Portanto:

$$M_x = 312k - 41,714k_x \tag{47}$$

4.1.3. Seção 3 ($14 \leq x \leq 22$):

Resolvendo o balanço de forças na seção:

$$+10,286k + 101,714k - 52k - 26k + V_x = 0 \tag{48}$$

Portanto:

$$V_x = -52k - 26k + 101,714k + 10,286k = 34k \tag{49}$$

Em seguida para calcular o momento fletor, temos que:

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

Portanto:

$$M_x = -748k + 34k_x \tag{51}$$

4.1.4. Gráficos:

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

Figure 9: Elaborada pelo Autor

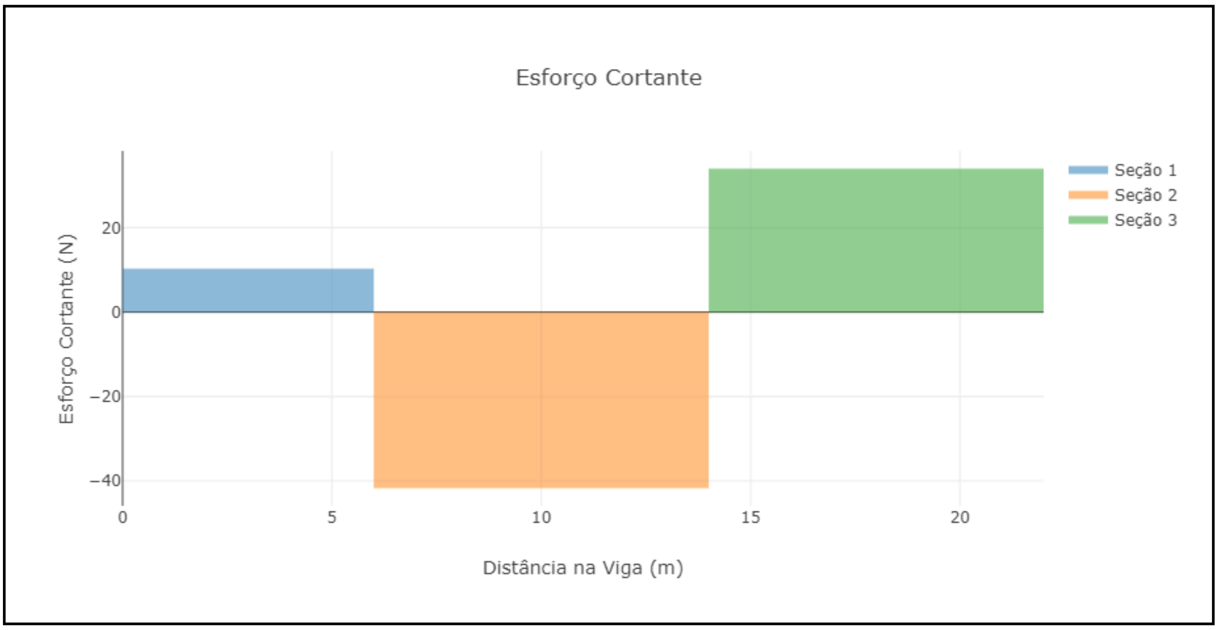


Diagrama de esforço cortante

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

Figure 10: Elaborada pelo Autor

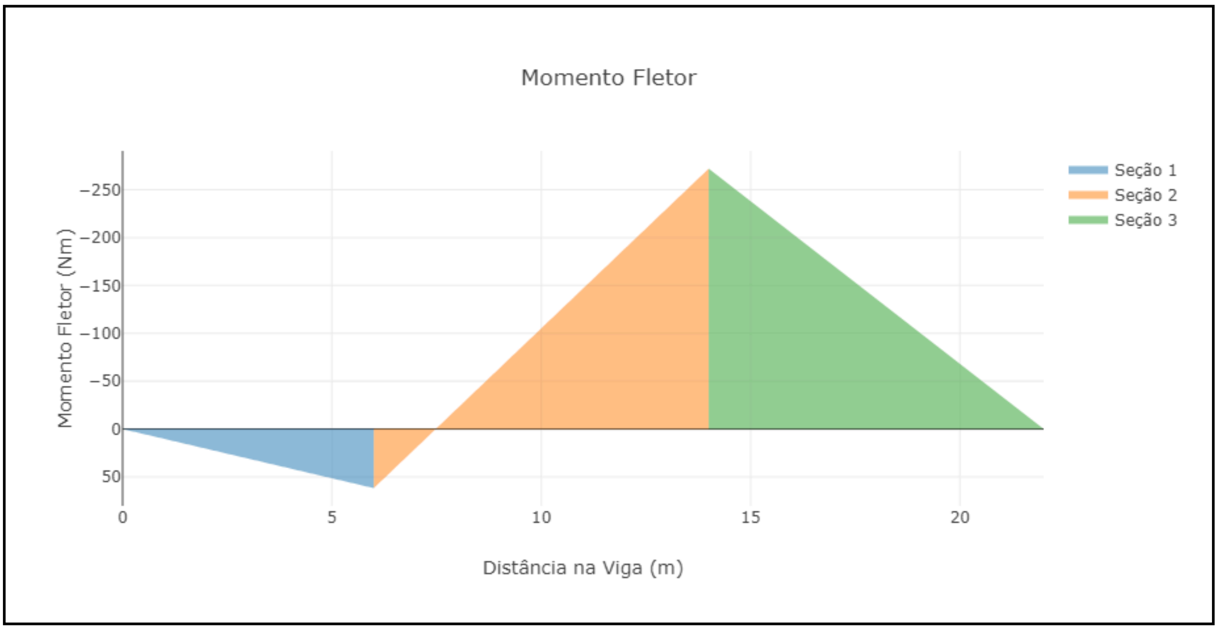


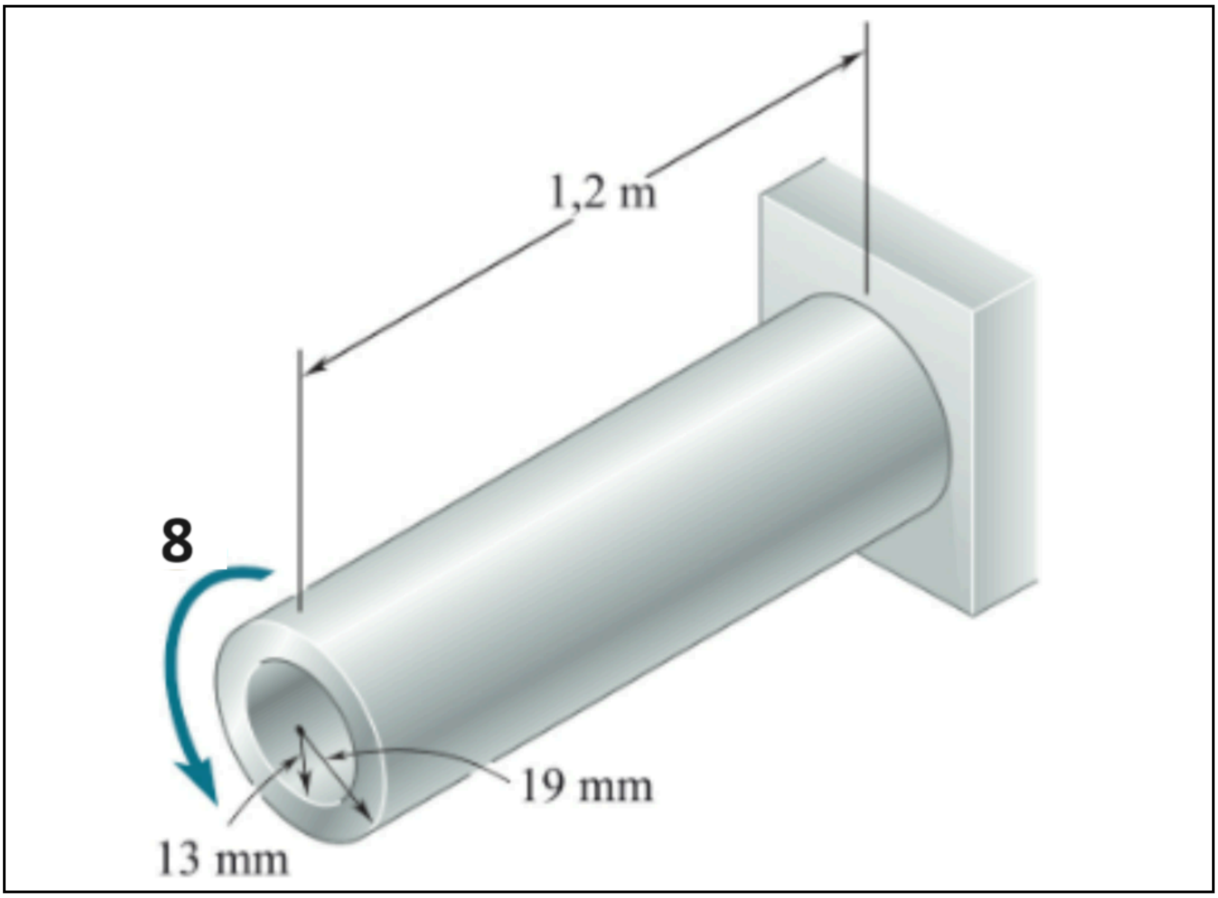
Diagrama de momento fletor

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:

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

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

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

Portanto, temos que:

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

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

$$T = \frac{\varepsilon * J}{C} \tag{55}$$

Portanto:

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

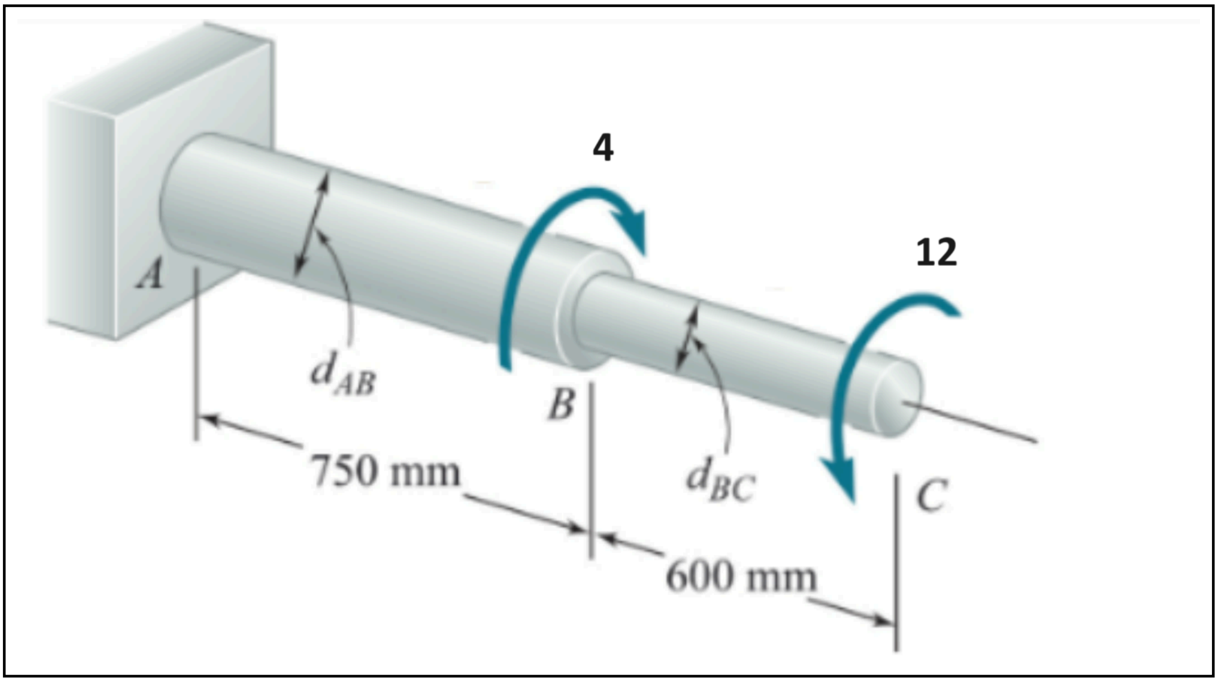
E assim calculamos a tensão de cisalhamento admissível:

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

6. Questão 5:

Considere o eixo mostrado abaixo. A tensão de cisalhamento 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 BC:

Primeiramente, calculamos o momento polar de inércia para o eixo BC, para isso temos que:

$$J = \frac{\pi}{2}\left(\left(\frac{d_{\text{BC}}}{2}\right)^4\right) \rightarrow J = \frac{\pi}{2}\frac{d_{\text{BC}}^4}{16} \tag{58}$$

Em seguida, podemos utilizar a formula de tensão de cisalhamento para realizar o calculo:

$$T = \frac{\varepsilon * J}{C} \rightarrow T = \frac{\varepsilon * J}{\frac{d}{2}} \tag{59}$$

Agora, aplicamos a formula de calculo de inércia para o eixo BC:

$$12k = \frac{55 * 10^6 * J}{\frac{d_{\mathrm{BC}}}{2}} \rightarrow 12k = \frac{55 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{2}\frac{d_{\mathrm{BC}}^4}{16}\right)}{\frac{d_{\mathrm{BC}}}{2}} \tag{60}$$

Desta forma, temos que:

$$12k = \frac{55 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{2}\frac{d_{\mathrm{BC}}^4}{16}\right)}{\frac{d_{\mathrm{BC}}}{2}} \rightarrow 12k * d_{\mathrm{BC}} = 2 * 55 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{2}\frac{d_{\mathrm{BC}}^4}{16}\right) \tag{61}$$

$$12k * d_{\mathrm{BC}} = 2 * 55 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{2}\right) * \frac{d_{\mathrm{BC}}^4}{16} \rightarrow \frac{12k}{2 * 55 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{32}\right)} = \frac{d_{\mathrm{BC}}^4}{d_{\mathrm{BC}}} \tag{62}$$

$$\frac{12 * 10^3}{110 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{32}\right)} = d_{\mathrm{BC}}^3 \rightarrow \frac{12}{110 * 10^3 * \left(\frac{\pi}{32}\right)} = d_{\mathrm{BC}}^3 \tag{63}$$

$$d_{\mathrm{BC}}^3 = 0.00111119087 \rightarrow d_{\mathrm{BC}} = 0.00111119087^{\frac{1}{3}} = 0.103576m \text{ ou } 103,576\mathrm{mm} \tag{64}$$

6.2. Diâmetros dos eixos AB:

Para calcular o diâmetro do eixo AB, da mesma forma, iniciamos calculando o momento polar de inercia para o eixo AB, para isso temos que:

$$J = \frac{\pi}{2}\left(\left(\frac{d_{\mathrm{AB}}}{2}\right)^4\right) \rightarrow J = \frac{\pi}{2}\frac{d_{\mathrm{AB}}^4}{16} \tag{65}$$

Em seguida, podemos utilizar a formula de tensão de cisalhamento para realizar o calculo:

$$T = \frac{\varepsilon * J}{C} \rightarrow T = \frac{\varepsilon * J}{\frac{d}{2}} \tag{66}$$

Agora, aplicamos a formula de calculo de inércia para o eixo AB:

$$4k = \frac{55 * 10^6 * J}{\frac{d_{\mathrm{AB}}}{2}} \rightarrow 4k = \frac{55 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{2}\frac{d_{\mathrm{AB}}^4}{16}\right)}{\frac{d_{\mathrm{AB}}}{2}} \tag{67}$$

$$2 * 55 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{32}\right) * d_{\mathrm{AB}}^4 = 4k * d_{\mathrm{AB}} \rightarrow 110 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{32}\right) * d_{\mathrm{AB}}^4 = 4k * d_{\mathrm{AB}} \tag{68}$$

$$\frac{d_{\mathrm{AB}}^4}{d_{\mathrm{AB}}} = \frac{4k}{110 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{32}\right)} \rightarrow \frac{d_{\mathrm{AB}}^4}{d_{\mathrm{AB}}} = \frac{4 * 10^3}{110 * 10^6 * \left(\frac{\pi}{32}\right)} \rightarrow d_{\mathrm{AB}}^3 = \frac{4}{110 * 10^3 * \left(\frac{\pi}{32}\right)} \tag{69}$$

$$d_{\mathrm{AB}}^3 = 0.00037039695 \rightarrow d_{\mathrm{AB}} = 0.00037039695^{\frac{1}{3}} = 0.071816m \text{ ou } 71,816\mathrm{mm} \tag{70}$$

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 baldrames 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: Eaço = 200GPa e Econc=20GPa.

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.