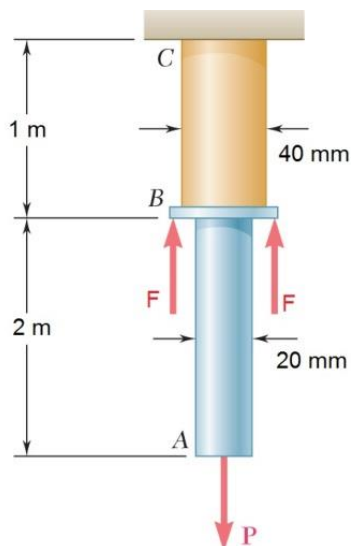


São Paulo, abril de 2020.

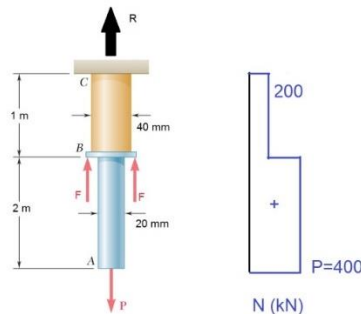
1. A barra abaixo é formada por dois materiais, a parte AB é de aço com $E = 200 \text{ GPa}$ e diâmetro de 20 mm. A parte BC é de cobre com $E = 20 \text{ GPa}$ e diâmetro de 40 mm. As forças estão aplicadas conforme desenho, onde em B estão simétricas com respeito ao eixo. Considere $F = 100 \text{ kN}$ e $P = 400 \text{ kN}$. Obtenha o deslocamento axial do ponto A e B.



Resposta:

a.1 Reações: $\sum F_y = 0 : \rightarrow R + 200 - 400 = 0 \rightarrow R = 200 \text{ kN} (\uparrow)$

a.2 Diagrama de N

a.3 Cálculo de δ_B

$$E_{\text{cobre}} = 20 \text{ GPa} = 20 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

$$\delta_B = \delta_{CB}$$

$$\delta_B = \left[\frac{200 \cdot 1,0}{20 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,020^2} \right] = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 8 \text{ mm}$$

a.4 Cálculo de δ_B

$$E_{\text{cobre}} = 20 \text{ GPa} = 20 \cdot 10^6 \text{ kPa}; E_{\text{aço}} = 200 \text{ GPa} = 200 \cdot 10^6 \text{ kPa}$$

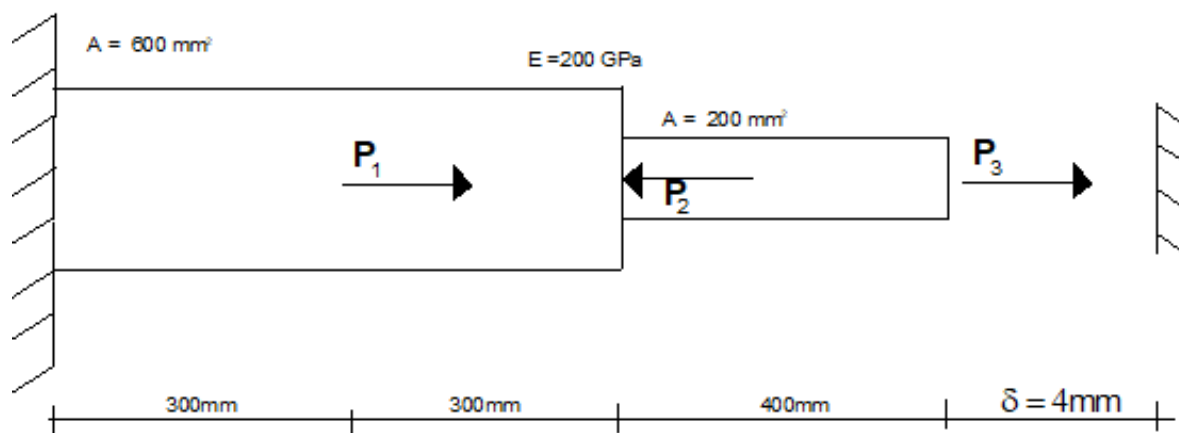
$$\delta_A = \delta_{CB} + \delta_{BA}$$

$$\delta_A = \left[\frac{200 \cdot 1,0}{20 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,020^2} \right] + \left[\frac{400 \cdot 2,0}{200 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,010^2} \right] = 20,7 \text{ mm}$$

2. Determine:

(a) O deslocamento axial da barra de aço da figura sob a ação das forças indicadas na figura. Adote $P_1 = 500 \text{ kN}$, $P_2 = 300 \text{ kN}$ e $P_3 = 200 \text{ kN}$.

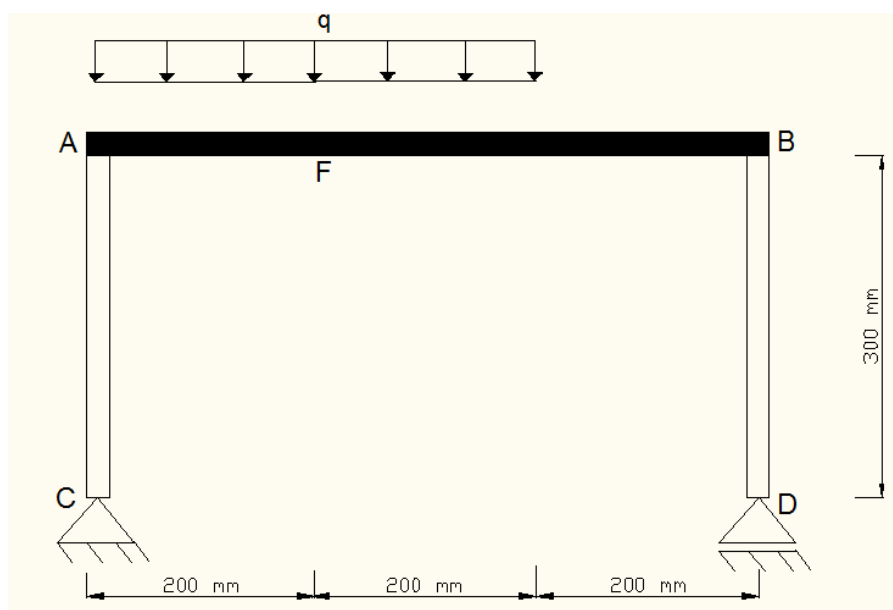
(b) Qual o máximo valor da força P_1 de modo que a barra fique na iminência de encostar ao anteparo rígido.



Respostas: $\delta =$ mm

(b) $P_1 =$ kN

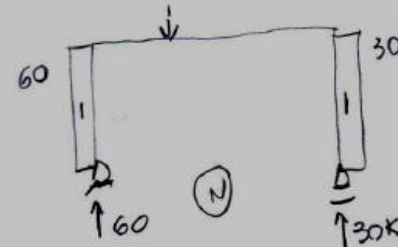
3. Uma viga rígida AB está apoiada nos dois postes curtos mostrados na figura a seguir. AC é feito de aço e tem diâmetro de 20 mm, e BD é feito de alumínio e tem diâmetro de 40 mm. Determine o deslocamento vertical do ponto F da viga rígida, localizado a 200 mm de A, para a carga distribuída atuante. Obtenha também o coeficiente de segurança da estrutura. Dados: $q = 225 \text{ kN/m}$; $E_{\text{aço}} = 200 \text{ GPa}$; $E_{\text{alumínio}} = 70 \text{ GPa}$; $(\sigma_{\text{adm}})_{\text{Aço}} = 250 \text{ MPa}$; $(\sigma_{\text{adm}})_{\text{Alumínio}} = 414 \text{ MPa}$



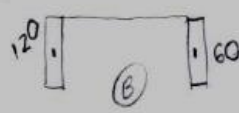
Resposta: Prova A.

$\Delta = 0,450 \text{ mm}$ (B)
 Coeficiente de segurança = $s = \begin{cases} \Delta_A = 1,31 \\ \Delta_B = 0,65 \end{cases}$

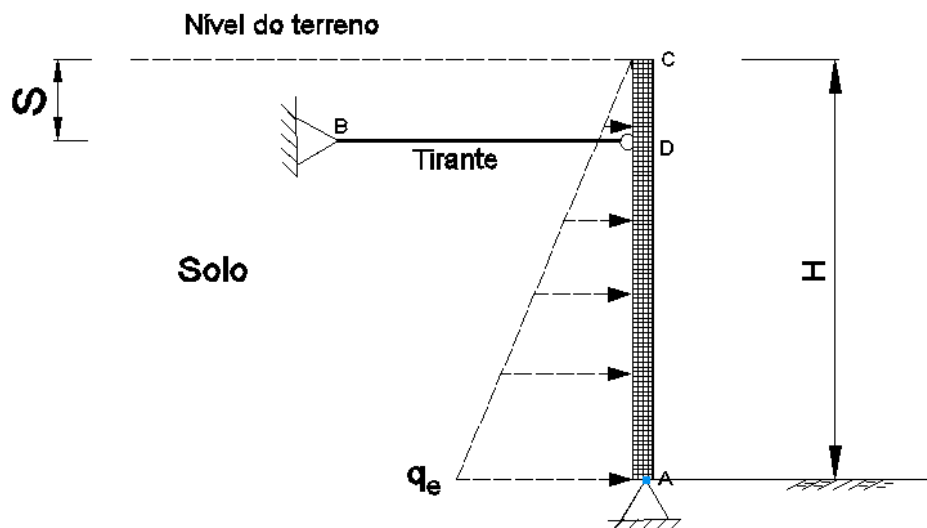
$\sigma_1 = \frac{N_1 \cdot L_1}{E_1 \cdot A_1}$

Prova (A) $q = 225 \text{ kN/m}$


$\delta_{AC} = \frac{60 \cdot 0,3}{\frac{200 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,02^2}{4}} = 2,8647 \cdot 10^{-4} \text{ m} \downarrow$
 $\delta_{BD} = \frac{30 \cdot 0,3}{\frac{70 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,04^2}{4}} = 1,02313 \cdot 10^{-4} \text{ m} \downarrow$
 $\frac{\delta_{AC} - \delta_{BD}}{0,6} = \frac{x}{0,4} \Rightarrow x = 1,2277 \cdot 10^{-4} \text{ m} \downarrow$
 $\delta_F = \delta_{BD} + x = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,225 \text{ mm} \downarrow$ (A)
 $\sigma_{AC} = \frac{60}{\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4}} = 191 \text{ MPa} / \sigma_{BD} = \frac{30}{\frac{\pi \cdot 0,04^2}{4}} = 23,9 \text{ MPa}$
 $\Delta = 250 / 191 = 1,31$ A
 $\delta_F = 0,450 \text{ mm} \downarrow$ (B)
 $\Delta = 250 / 382 = 0,65$

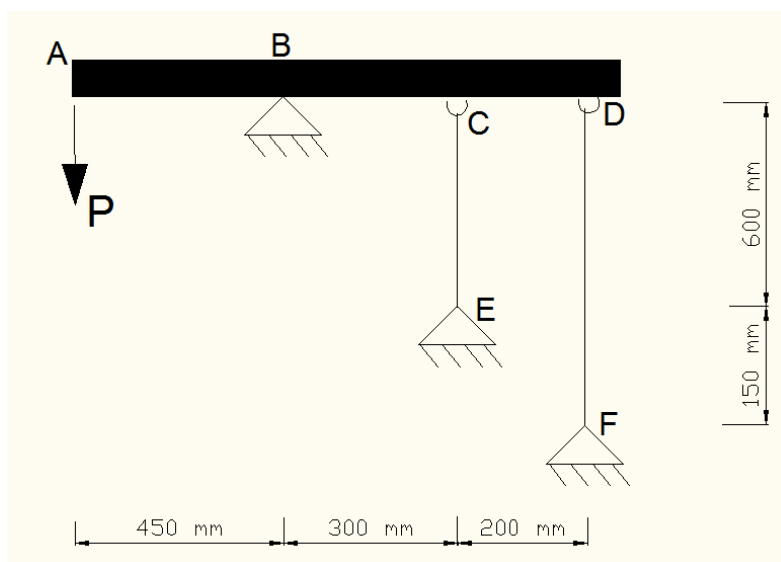

 $\sigma_{AC} = 382 \text{ MPa}$
 $\sigma_{BD} = 47,8 \text{ MPa}$

4. A barra rígida AC representa um muro de contenção de terra. Ela está apoiada em A e conectada ao tirante flexível BD em D. Esse tirante possui comprimento de 4 metros e módulo de elasticidade longitudinal igual a 200 GPa. O solo exerce uma carga no muro conforme indicado no desenho e seu valor máximo é dado pela relação $q_e = \gamma_{solo} \cdot H \cdot b \cdot k_0$, onde γ_{solo} é o peso específico do solo, H a altura do muro, b sua largura e k_0 o coeficiente de empuxo ativo. Determinar o mínimo valor do diâmetro do tirante, em mm, de modo que a inclinação máxima do muro seja de 1° (um grau). Para o problema, considere: $\gamma_{solo} = 22 \text{ kN/m}^3$, $H = 10 \text{ m}$, $b = 1 \text{ m}$, $k_0 = 0,5$ e $S = 1 \text{ m}$.



Resposta: Área $> 25,94 \text{ mm}^2$; Diâmetro = 5,75 mm

5. As barras cilíndricas CE e DF têm, respectivamente, diâmetros de 10 mm e 15 mm e são de alumínio. Elas estão ligadas à barra rígida ABCD. Determine o máximo valor admissível de P para que as tensões desenvolvidas nessas barras não sejam superiores à tensão admissível do alumínio e nem que o deslocamento vertical do ponto A exceda 1,25 mm. Com esse valor obtido máximo de P, calcule o coeficiente de segurança da estrutura. Dados: $E_{al} = 70 \text{ GPa}$; $\bar{\sigma}_{al} = 200 \text{ MPa}$



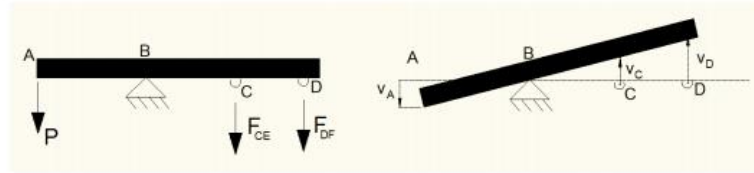
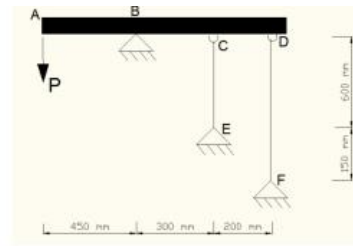
Resposta:

Por semelhança de triângulo:

$$\frac{v_A}{0,15} = \frac{v_C}{0,3} = \frac{v_D - v_C}{0,2} \rightarrow 1,6667 \cdot v_C = v_D \quad (1)$$

A equação de equilíbrio do problema fica:

$$\sum M_B = 0 : 0,45 \cdot P = 0,3 F_{CE} + 0,5 \cdot F_{DF} \quad (2)$$



Por semelhança de triângulo:

$$\frac{v_A}{0,15} = \frac{v_C}{0,3} = \frac{v_D - v_C}{0,2} \rightarrow 1,6667 \cdot v_C = v_D \quad (1)$$

Onde v_A , v_C e v_E são as variações dos comprimentos dos cabos AB, CD e EF, respectivamente.

A equação de equilíbrio do problema fica:

$$\sum M_B = 0 : 0,45 \cdot P = 0,3 F_{CE} + 0,5 \cdot F_{DF} \quad (2)$$

As variações v_C e v_D são relacionadas com os esforços normais por:

$$1,6667 \cdot \frac{F_{CE} \cdot 0,6}{E \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 0,01^2} = \frac{F_{DF} \cdot 0,75}{E \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 0,015^2} \rightarrow F_{CE} = 0,3333 \cdot F_{DF} \quad (3)$$

Resolvendo simultaneamente (2) e (3), obtêm-se os esforços nos cabos:

$$F_{CE} = 0,25 \cdot P$$

$$F_{DF} = 0,75 \cdot P$$

Verificando deslocamento em A máximo:

$$v_A = \frac{0,45}{0,3} v_C = \frac{0,15 \cdot 0,25 \cdot P \cdot 0,6}{70 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 0,01^2} \leq 1,25 \cdot 10^{-3} \rightarrow P \leq 30,54 \text{ kN} \quad (\text{PROVA A})$$

$$v_A = \frac{0,45}{0,3} v_C = \frac{0,15 \cdot 0,25 \cdot P \cdot 0,6}{70 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 0,01^2} \leq 0,5 \cdot 10^{-3} \rightarrow P \leq 12,2 \text{ kN} \quad (\text{PROVA B})$$

Obtendo coeficiente de segurança da estrutura:

$$s = \min(s_i)$$

$$\sigma_{CE} = \frac{30,5 \cdot 0,25}{0,25 \cdot \pi \cdot 0,01^2} = 97,08 \text{ MPa} \rightarrow s_1 = 200 / 97,08 = 2,06$$

$$\sigma_{DF} = \frac{30,5 \cdot 0,75}{0,25 \cdot \pi \cdot 0,015^2} = 129,4 \text{ MPa} \rightarrow s_1 = 200 / 129,4 = 1,54$$

$$s = 1,54$$

(PROVA A)

$$\sigma_{CE} = \frac{12,2 \cdot 0,25}{0,25 \cdot \pi \cdot 0,01^2} = 38,8 \text{ MPa} \rightarrow s_1 = 200 / 38,8 = 5,15$$

$$\sigma_{DF} = \frac{12,2 \cdot 0,75}{0,25 \cdot \pi \cdot 0,015^2} = 51,8 \text{ MPa} \rightarrow s_2 = 200 / 51,8 = 3,86$$

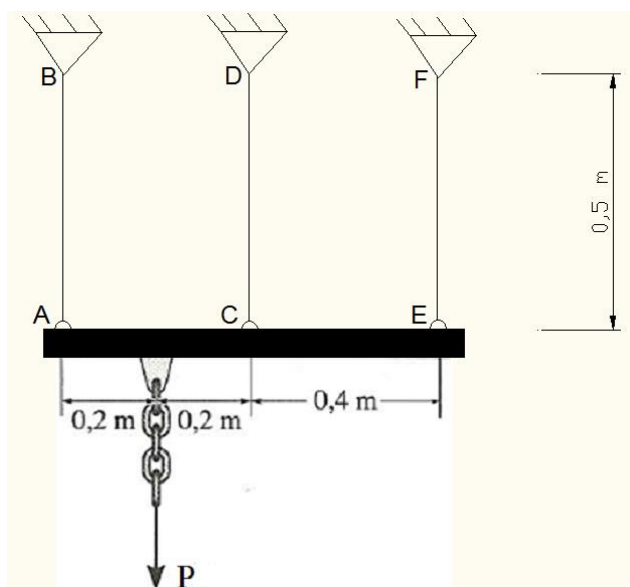
$$s = 3,86$$

(PROVA B)

6. Os três cabos de aço de mesmo material mostrados na figura são acoplados a um elemento *rígido* por pinos. Obtenha a força máxima P admissível de modo que nenhum dos três cabos tenha tensão superior à tensão admissível de $\bar{\sigma} = 350 \text{ MPa}$. Em seguida, com esse valor de P calculado, obtenha o deslocamento vertical do ponto E (v_E). Dados: Cabos AB e EF têm área da seção transversal de 25 mm^2 , e CD tem área da seção transversal de 15 mm^2 .

$E = 20 \text{ GPa}$. Não obstante, apresente clara e ordenadamente todos os cálculos efetuados para a resolução.

Dica: Com a aplicação da carga P, a barra rígida ACE desloca verticalmente para baixo e gira no sentido anti-horário. Obter uma equação de compatibilidade que relacione os deslocamentos verticais dos pontos A, C e E e, logo, as variações dos comprimentos dos cabos.



Por semelhança de triângulo:

$$\frac{v_A - v_E}{0,8} = \frac{v_C - v_E}{0,4} \rightarrow v_A + v_E = 2 \cdot v_C \quad (1)$$

Onde v_A , v_C e v_E são as variações dos comprimentos dos cabos AB, CD e EF, respectivamente.

As equações de equilíbrio do problema ficam:

$$\sum F_y = 0 : N_A + N_C + N_E = P \quad (2)$$

$$\sum M_E = 0 : 0,8 \cdot N_A + 0,4 \cdot N_C = 0,6 \cdot P \quad (3)$$

As variações v_A , v_C e v_E são relacionadas com os esforços normais por:

$$v_A = \frac{N_A \cdot L_{AB}}{E \cdot A_{AB}}; v_C = \frac{N_C \cdot L_{CD}}{E \cdot A_{CD}}; v_E = \frac{N_E \cdot L_{EF}}{E \cdot A_{EF}} \quad (4)$$

Substituindo as relações (4) em (1):

$$N_A + N_E = (10/3) N_C \quad (5)$$

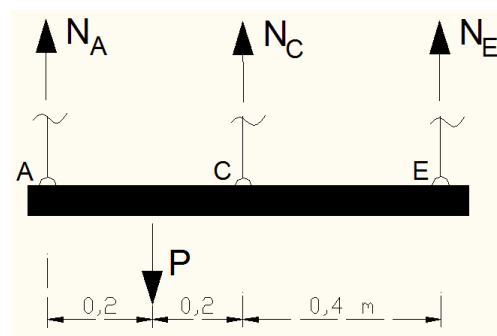
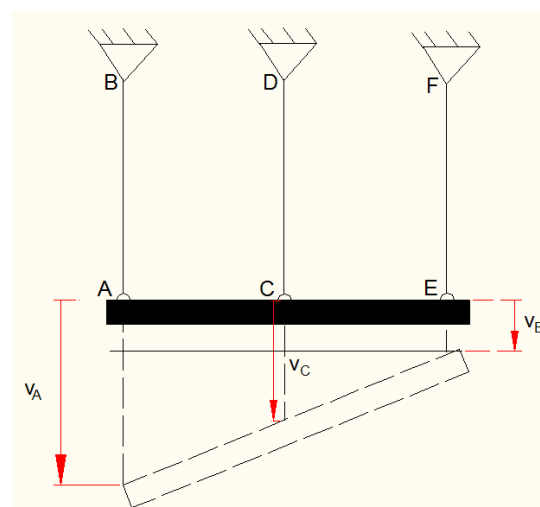
Resolvendo simultaneamente (2), (3) e (5), obtêm-se os esforços nos cabos:

$$N_A = \frac{33}{52} P = 0,6346 \cdot P$$

$$N_C = \frac{3}{13} P = 0,2308 \cdot P$$

$$N_E = \frac{7}{52} P = 0,1346 \cdot P$$

Análise de tensões nos cabos:



Maior tensão entre cabo AB e EF é o do cabo AB:

$$\sigma_A = \frac{N_A}{A_{AB}} = \frac{\frac{33}{52}P}{25 \cdot 10^{-6}} \leq 350 \cdot 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)} \rightarrow P \leq 13,79 \text{ kN}$$

$$\text{Cabo CD: } \sigma_C = \frac{N_C}{A_{CD}} = \frac{\frac{3}{13}P}{15 \cdot 10^{-6}} \leq 350 \cdot 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)} \rightarrow P \leq 22,75 \text{ kN}$$

$$P_{adm} = 13,79 \text{ kN}$$

(Prova A)

$$P_{adm} = 17,73 \text{ kN}$$

(Prova B, $\bar{\sigma} = 450 \text{ MPa}$)

Deslocamento vertical do ponto E

$$v_E = \frac{N_E \cdot L_{EF}}{E \cdot A_{EF}} = \frac{(0,1346 \cdot 13,79) \cdot 0,5}{(20 \cdot 10^6) \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,86 \text{ mm} \quad (\text{Prova A})$$

$$v_E = \frac{N_E \cdot L_{EF}}{E \cdot A_{EF}} = \frac{(0,1346 \cdot 17,73) \cdot 0,5}{(20 \cdot 10^6) \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = 2,39 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,39 \text{ mm} \quad (\text{Prova B})$$

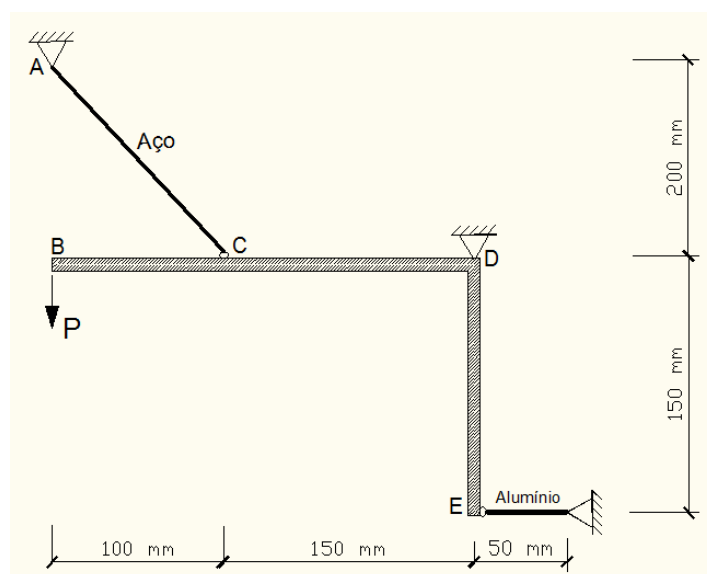
7. Considere a **barra BDE rígida** apoiada em D e que em C está preso um arame de aço e em E uma barra de alumínio, conforme desenho abaixo. Determine a força máxima P admissível, considerando as seguintes restrições:

a) $(\sigma_{adm})_{aço} = 350 \text{ MPa}$ (tração/compressão)

b) $(\sigma_{adm})_{Alumínio} = 400 \text{ MPa}$ (tração/compressão)

c) rotação máxima admissível em torno de D seja de $2 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$.

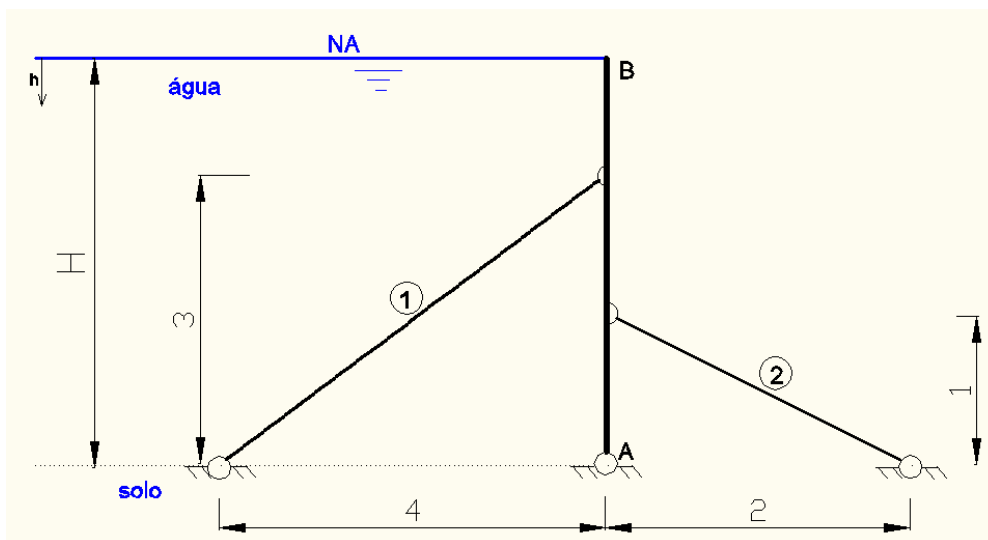
$A_{aço} = 22,5 \text{ mm}^2$; $A_{Alumínio} = 40,0 \text{ mm}^2$ (áreas das seções transversais); $E_{aço} = 200 \text{ GPa}$; $E_{Alumínio} = 70 \text{ GPa}$.



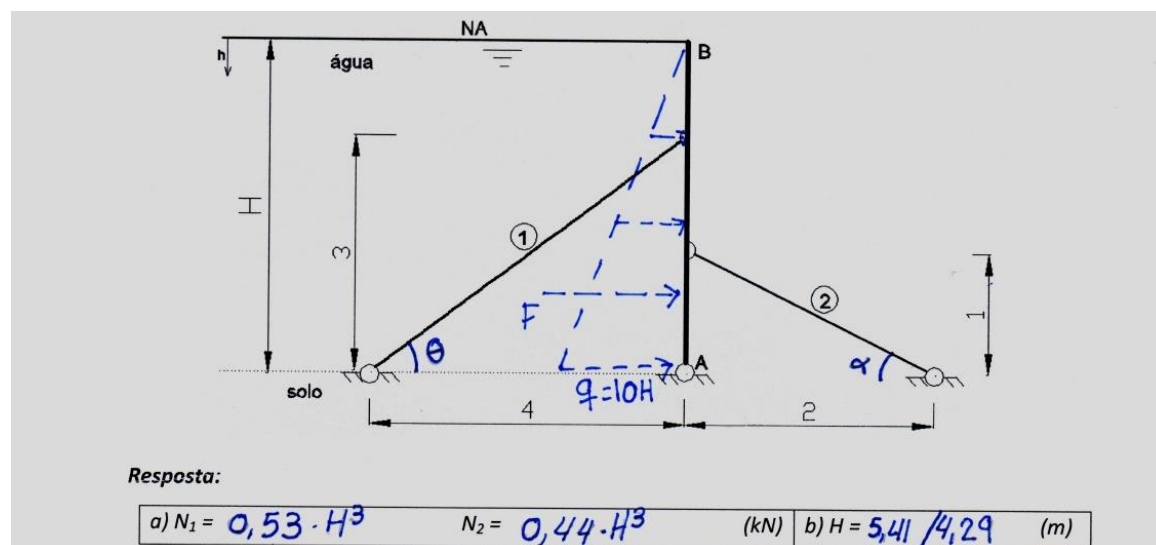
Resposta: $P = 12,36 \text{ kN}$

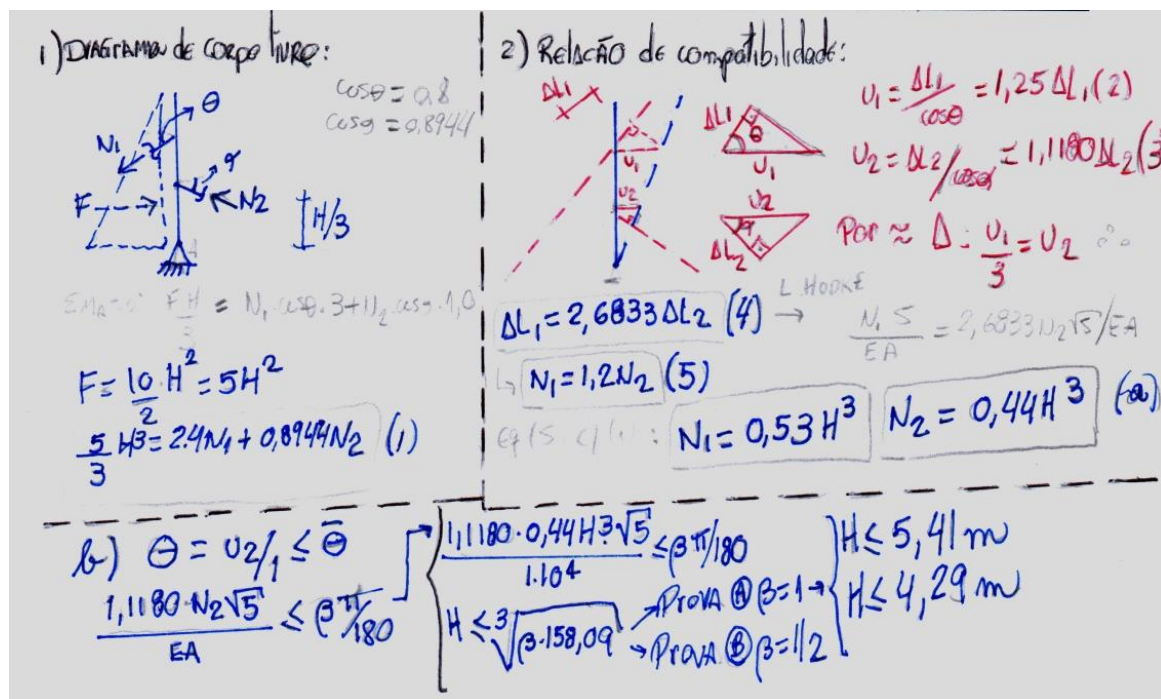
8. A barra rígida AB é a comporta de uma barragem de largura (L) unitária e altura H que está apoiada em seu fundo em A e recebe a carga hidrostática no lado indicado. As barras flexíveis 1 e 2 estão ligadas a comporta e são do mesmo material. Considere $EA = 1.10^4$ kN, as dimensões em metro e o peso específico da água ($\gamma_{\text{água}}$) igual a 10 kN/m^3 . Obtenha:

- a) Os esforços normais nas barras (1) e (2) em termos de H;
 b) Obtenha o maior valor de H para que o giro da comporta seja no máximo de 1° (um grau).
 Escreva as respostas no quadro indicado com sinal adequado. Dica: $q(h) = \gamma_{\text{água}} \cdot h \cdot L$ (kN/m)

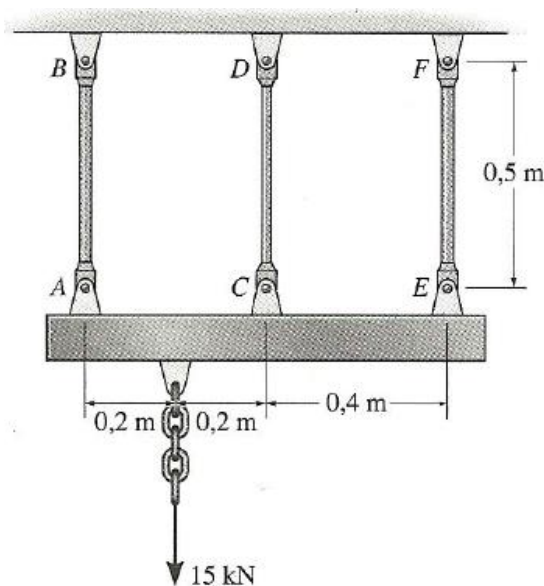


Resposta:



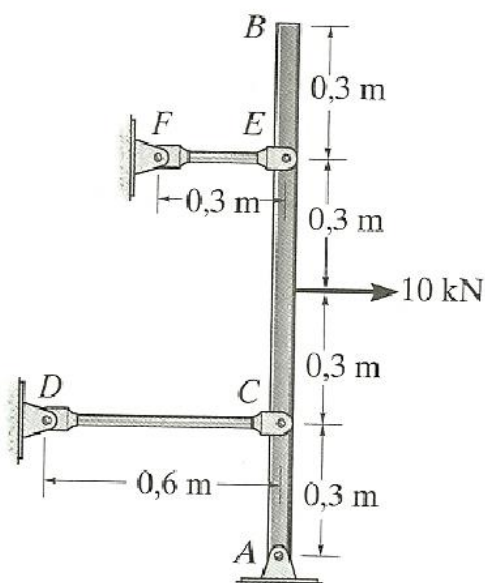


9. (Hibbeler RC) Os três cabos de aço de mesmo material mostrados na figura são acoplados a um elemento rígido por pinos. Supondo que a carga aplicada ao elemento seja de 15 kN, determinar a força desenvolvida em cada cabo. Cada um dos cabos AB e EF tem área da seção transversal de 25 mm², e o cabo CD tem área da seção transversal de 15mm².

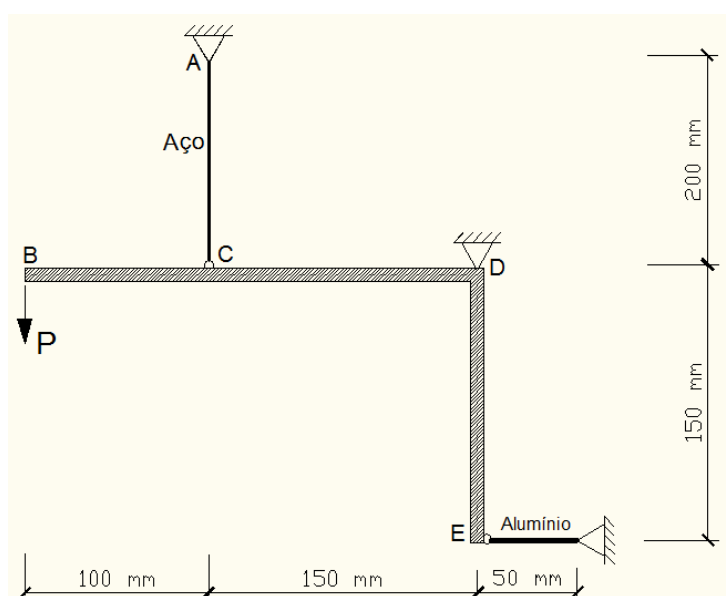


Resposta: $F_{AB} = 9,52 \text{ kN}$; $F_{CD} = 3,46 \text{ kN}$; $F_{EF} = 2,02 \text{ kN}$

10. A barra rígida inicialmente vertical esta apoiada em A e as barras horizontais de alumínio de diâmetro de 5mm e módulo de elasticidade de 70 GPa estão apoiadas em D e F. Determine as reações para a força aplicada conforme indicado e o deslocamento horizontal de B.

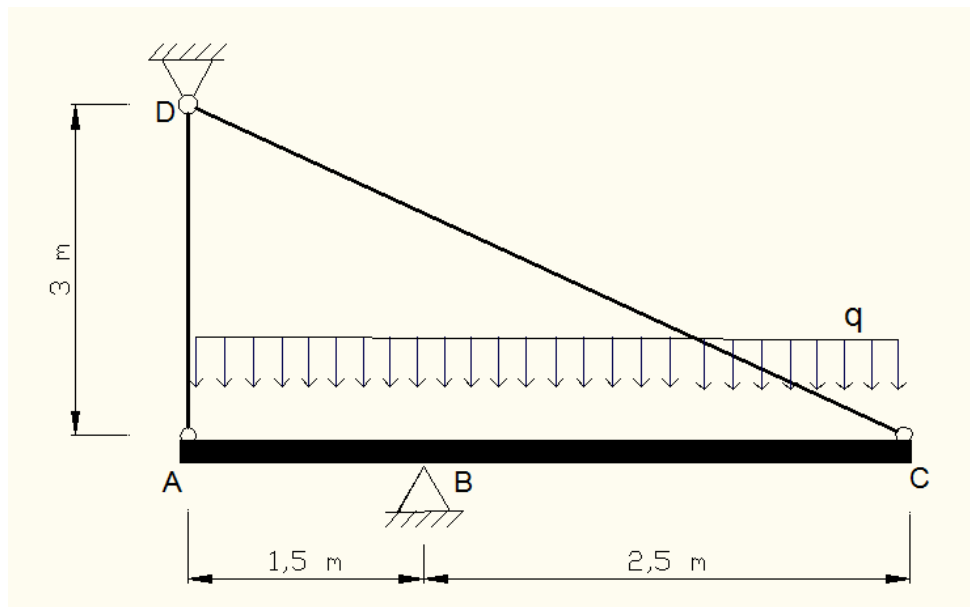


11. O elo rígido é suportado por um pino fixo em D, um arame de aço AC (com 200mm de comprimento sem deformação e área da seção transversal de $22,5\text{mm}^2$), e por um pequeno bloco de alumínio (com 50mm de comprimento sem carga e área da seção transversal de 40mm^2). Supondo que o elo seja submetido à carga mostrada, determinar sua rotação em torno do pino D. Dar a resposta em radianos.
 Dados: $E_{\text{aço}} = 200 \text{ GPa}$, $E_{\text{al}} = 70 \text{ GPa}$, $P = 707 \text{ N}$.

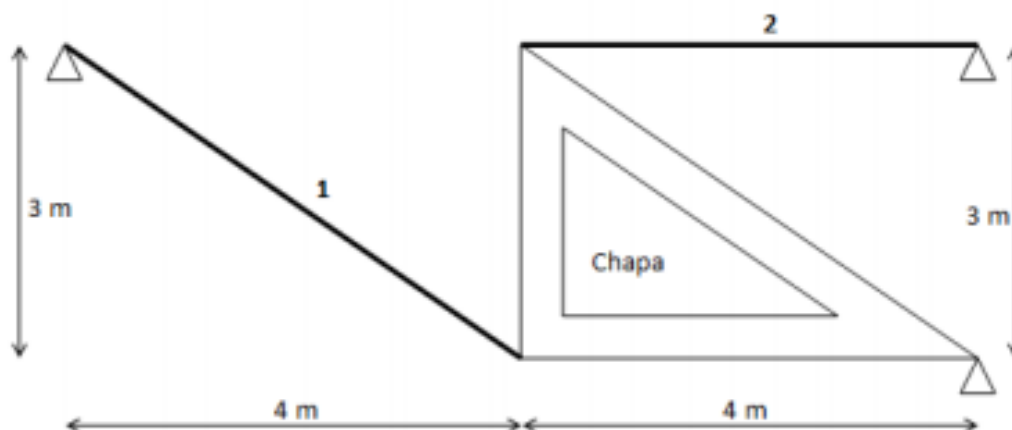


Resposta: $\theta_D =$

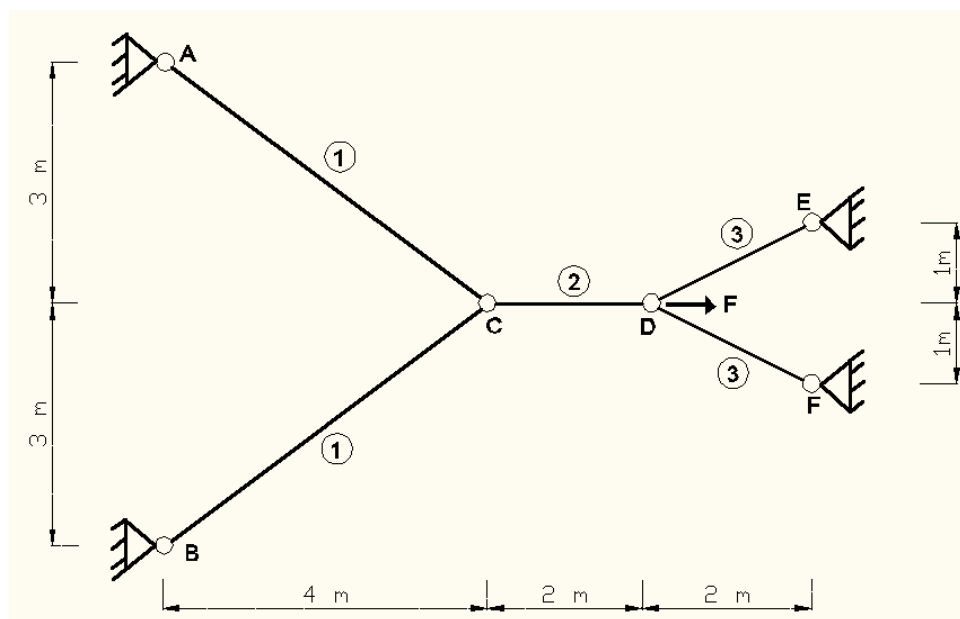
12. A barra AC é rígida e está apoiada em B e ligada pelas barras flexíveis AD e CD que são do mesmo material e com a mesma seção transversal. Determine a máxima carga distribuída (q_{max}) de modo que a barra rígida AC tenha, no máximo, uma rotação de $0,5^\circ$. Dado das barras flexíveis: $EA = 1.10^4 \text{ kN}$.



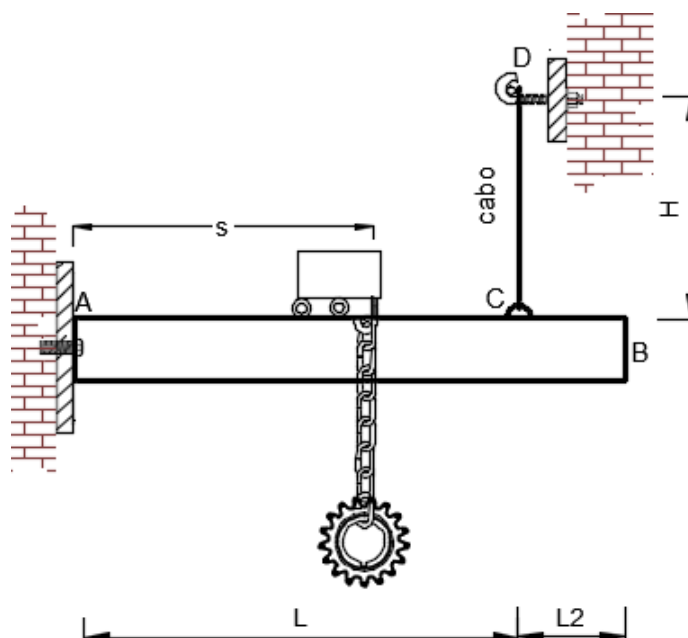
13. (H. Britto) A chapa triangular da figura é rígida. As barras 1 e 2 são constituídas do mesmo material, para o qual são conhecidos: $E = 10^3\text{ MPa}$ (módulo de Young) e $\bar{\sigma} = 40\text{ MPa}$ (tensão normal admissível). Tais barras têm a mesma seção transversal, de área A . Pede-se o valor de A . Dados: $F = 100\text{ kN}$; $EA = 1.10^4\text{ kN}$.



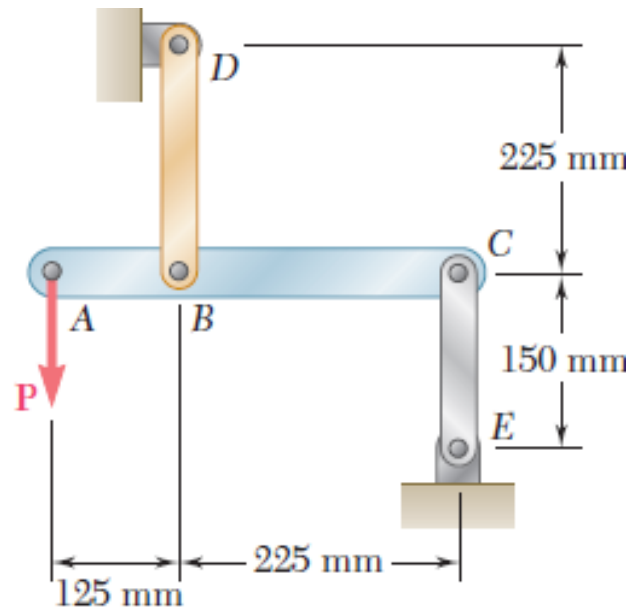
14. (H. Britto) Para a treliça a seguir, obter os esforços normais das barras (1), (2) e (3).
 Dica: A treliça é hiperestática, tem que aplicar processo de Williot nos pontos C e D. As barras (1) e (2) estão sendo tracionadas e a barra (3) está comprimida.
 Indicar as respostas no quadro indicado.



15. A **barra rígida AB** está apoiada em A e pelo cabo flexível CD. Sobre a barra AB tem um veículo que transporta uma corrente e uma roda dentada com peso total de 100 kN. Determine a distância máxima (s) com relação ao apoio A que o veículo pode estar localizado sobre a barra de modo que o maior deslocamento vertical do ponto B seja de 5 cm no máximo e que a tensão no cabo não supere a admissível de 200 MPa. Adote: $L = 20$ m, $L_2 = 4$ m, $H = 5$ m, diâmetro do cabo = 20 mm, $E_{\text{cabo}} = 20$ GPa.



16. A barra BD é feita de bronze ($E = 105$ GPa) com seção transversal de 240 mm^2 . A barra CE é feita de alumínio ($E = 72$ GPa) e sua seção transversal é de 300 mm^2 . Sabendo que a **barra ABC é rígida**, determine a máxima força P que pode ser aplicada se o deslocamento vertical em A não pode exceder 0,35 mm.



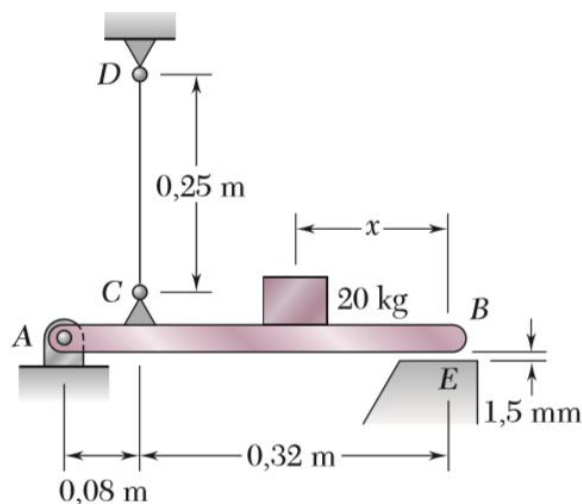
Resposta:

$$P = 14.7381 \times 10^3 \text{ N}$$

$$P = 14.74 \text{ kN}$$

17. (Beer J.)

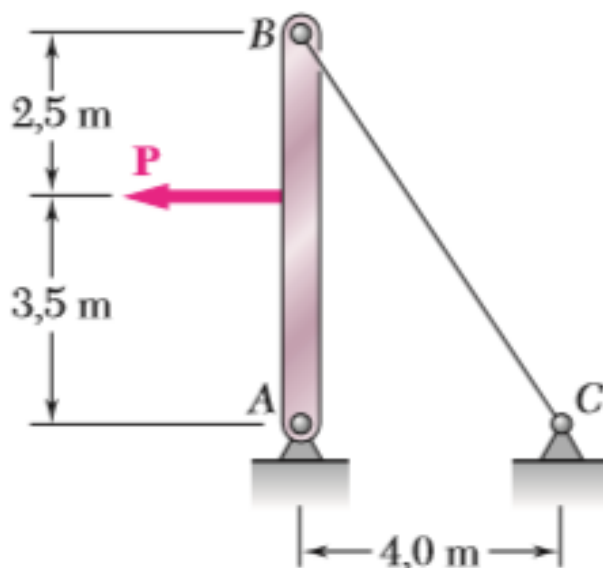
O comprimento do fio de aço CD de 2 mm de diâmetro foi ajustado de modo que, sem nenhuma força aplicada, existe um espaço de 1,5 mm entre a extremidade B da barra rígida ACB e um ponto de contato E . Sabendo que $E = 200 \text{ GPa}$, determine onde deve ser colocado o bloco de 20 kg na barra rígida para provocar o contato entre B e E .



Resposta: $x = 92,6 \text{ mm}$ ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

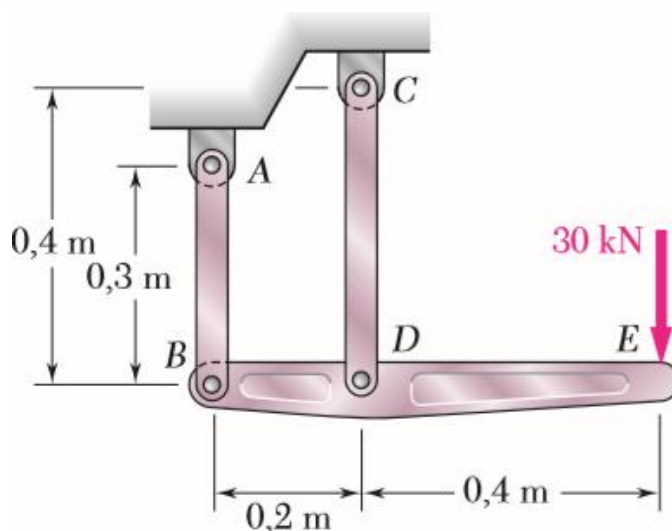
18. (Beer J.)

O cabo BC de 4 mm de diâmetro é feito de um aço com $E = 200$ GPa. Sabendo que a máxima tensão no cabo não pode exceder 190 MPa e que a deformação do cabo não deve exceder 6 mm, determine a máxima força P que pode ser aplicada conforme mostra a figura.

Resposta: $P = 1989$ N

19. (Beer J.)

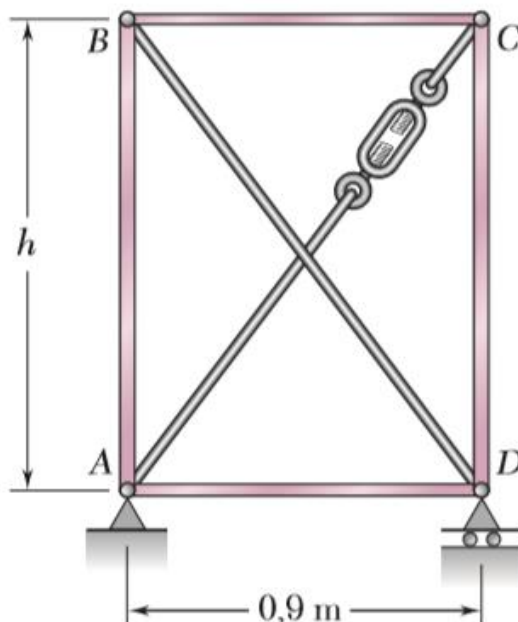
A barra rígida BDE é suspensa por duas barras AB e CD . A barra AB é de alumínio ($E = 70$ GPa) e tem uma seção transversal com área de 500 mm²; a barra CD é de aço ($E = 200$ GPa) e tem uma seção transversal com área de 600 mm². Para a força de 30 kN mostrada na figura, determine os deslocamentos dos pontos (a) B , (b) D e (c) E .



Resposta: (a) 0,514 mm; (b) 0,300 mm; (c) 1,928 mm

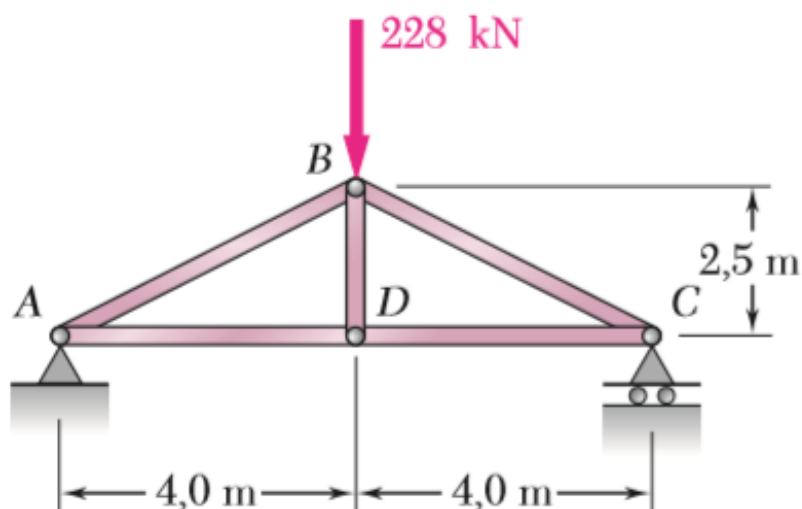
20. (Beer J.)

Os elementos AB e CD são barras de aço de 28,6 mm de diâmetro, e os elementos BC e AD são barras de aço de 22,2 mm de diâmetro. Quando o tensor é esticado, o elemento diagonal AC é posto sob tração. Sabendo que $E = 200 \text{ GPa}$ e $h = 1\,219 \text{ mm}$, determine a maior tração admissível em AC de modo que as deformações nos elementos AB e CD não excedam 1 mm.

Resposta: $P = 131 \text{ kN}$

21. (Beer J.)

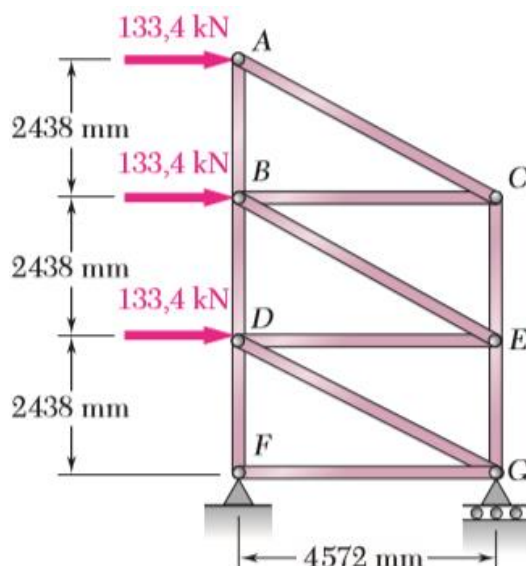
Para a treliça de aço ($E = 200 \text{ GPa}$) e o carregamento mostrado, determine as deformações dos componentes AB e AD , sabendo que suas áreas de seção transversal são, respectivamente, $2\,400 \text{ mm}^2$ e $1\,800 \text{ mm}^2$.



Resposta: (a) -2,11mm; (b) 2,03 mm;

22. (Beer J.)

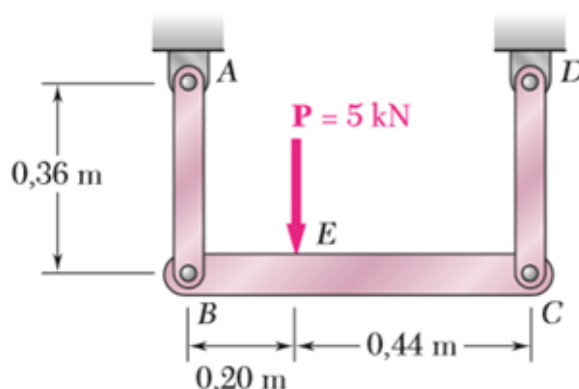
Para a treliça de aço ($E = 200 \text{ GPa}$) e os carregamentos mostrados, determine as deformações dos componentes BD e DE , sabendo que suas áreas de seção transversal são, respectivamente, 1290 mm^2 e 1935 mm^2 .



Resposta:

23. (Beer J.)

Cada uma das barras AB e CD é feita de alumínio ($E = 75 \text{ GPa}$) e tem uma seção transversal com área de 125 mm^2 . Sabendo que elas suportam a barra rígida BC , determine o deslocamento do ponto E .



Resposta: 0,1095 mm

24. (Beer J.)

Uma barra de alumínio de 1,5 m de comprimento não deve se alongar mais que 1 mm e a tensão normal não deve exceder 40 MPa quando a barra está submetida a uma força axial de 3 kN. Sabendo que $E = 70 \text{ GPa}$, determine o diâmetro necessário para a barra.

25. (Beer J.)

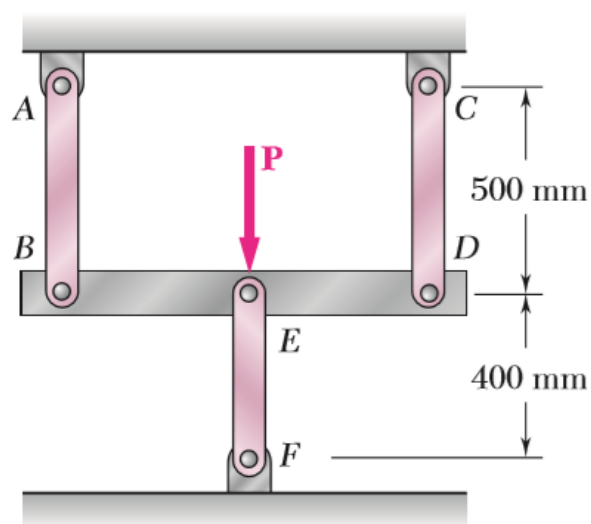
Uma barra de controle feita de alumínio alonga-se 2,032 mm quando uma força de tração de 2224 N lhe é aplicada. Sabendo que $\sigma_{adm} = 151,7 \text{ MPa}$ e $E = 69,6 \text{ GPa}$, determine o menor diâmetro e o menor comprimento que poderão ser adotados para essa barra.

26. (Beer J.)

Uma barra de alumínio quadrada não deve se alongar mais de 1,4 mm quando submetida a uma força de tração. Sabendo que $E = 70 \text{ GPa}$ e que a resistência à tração admissível é 120 MPa, determine (a) o comprimento máximo admissível para a barra e (b) as dimensões necessárias para a seção transversal se a força de tração for de 28 kN.

27. (Beer J.)

Três barras de aço ($E = 200 \text{ GPa}$) suportam uma carga P de 36 kN. Cada uma das barras AB e CD tem uma área de seção transversal de 200 mm^2 e a barra EF tem uma área de seção transversal de 625 mm^2 . Desprezando a deformação da barra BED , determine (a) a variação do comprimento da barra EF e (b) a tensão em cada barra.

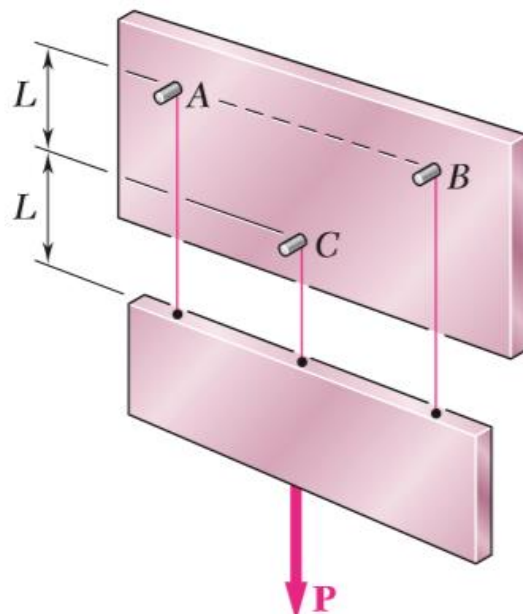


Resposta: (a) 0,0762 mm; (b) $\sigma_{AB} = 30,5 \text{ MPa}$ e $\sigma_{EF} = 38,1 \text{ MPa}$

28. (Beer J.)

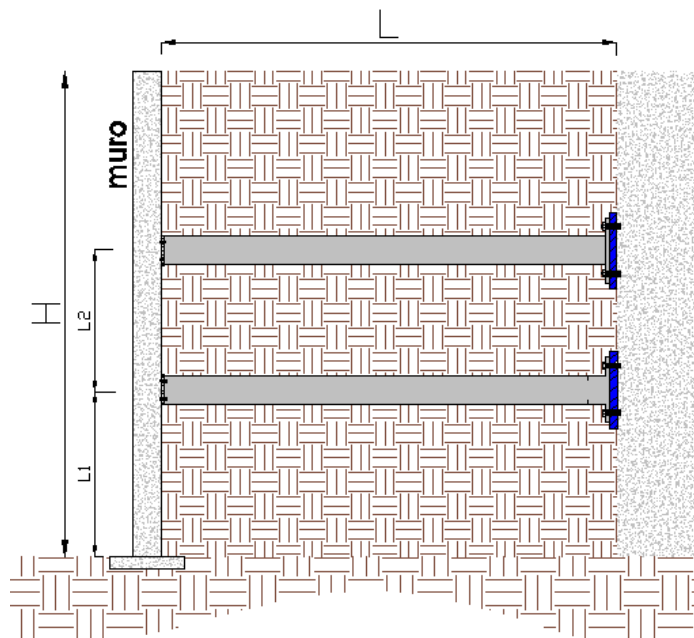
Três fios são utilizados para suspender a placa mostrada. Os fios A e B com diâmetro 3,175 mm são de alumínio e C é um fio de aço com diâmetro de 2,117 mm. Sabendo que a tensão admissível para o alumínio ($E = 71,7 \text{ GPa}$) é 96,5 MPa e para o aço ($E = 200 \text{ GPa}$) é 124,1 MPa, determine a máxima carga P que pode ser aplicada.

Considere a mesma distância entre os fios.



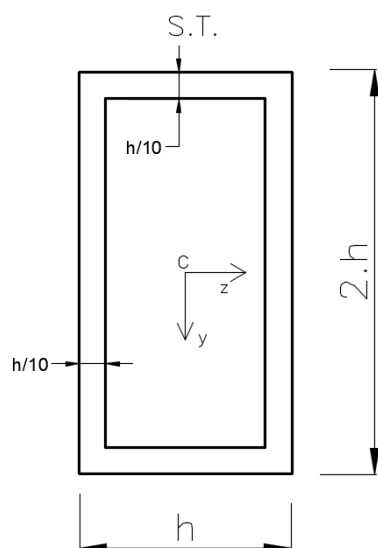
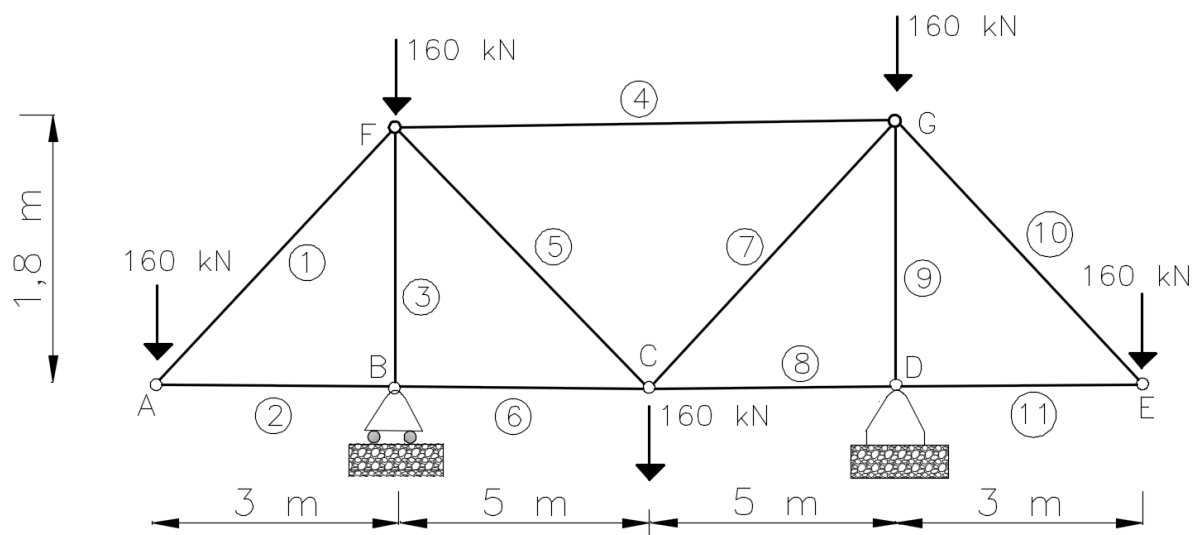
Resposta: $F_A = P/(3,4802)$; $F_B = P/(1,8064)$; $P = 0,789 \text{ kN}$

29. O muro de contenção de altura H e largura b está apoiado no solo e preso pelos tirantes horizontais de comprimento L , conforme indicação da figura. Ele está sujeito a ação do empuxo do solo que tem peso específico de γ_{solo} . Sabe-se que a carga que o solo aplica no muro é linear, dada por: $q_e = \gamma_{solo} \cdot H \cdot b \cdot k_0$, com k_0 sendo o coeficiente de empuxo ativo. Considere muro rígido e que os tirantes tenham módulo de elasticidade de valor E , e área da seção transversal igual a A . Escreva os esforços normais dos tirantes e a inclinação do muro em termos dos parâmetros indicados.



30. A ponte foi construída em estruturas de treliça, conforme figura. Considere a seção transversal vazada indicada e as tensões admissíveis do material empregado são de 300 MPa e 200 MPa, respectivamente, para tração e compressão. Obtenha:

- O menor valor admissível de h para as barras da treliça. Adote um único h para todas as barras e obtenha o volume total de material (V_a);
- Minimizando o consumo de material, usando h diferentes para cada barra, que atenda a condição admissível em cada barra. Obtenha o menor volume de material (V_b);
- Indique a razão entre os consumos de volume dos itens (a) e (b), ou seja: V_a/V_b .

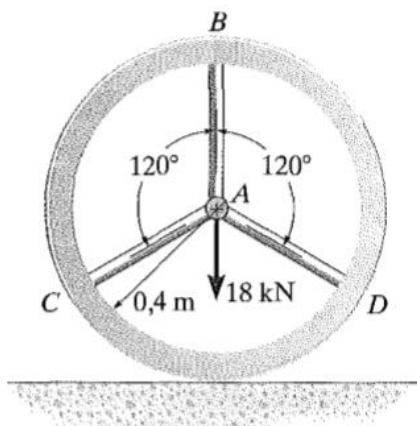


Seção transversal das barras

Resposta:

31. (Hibbeler RC)

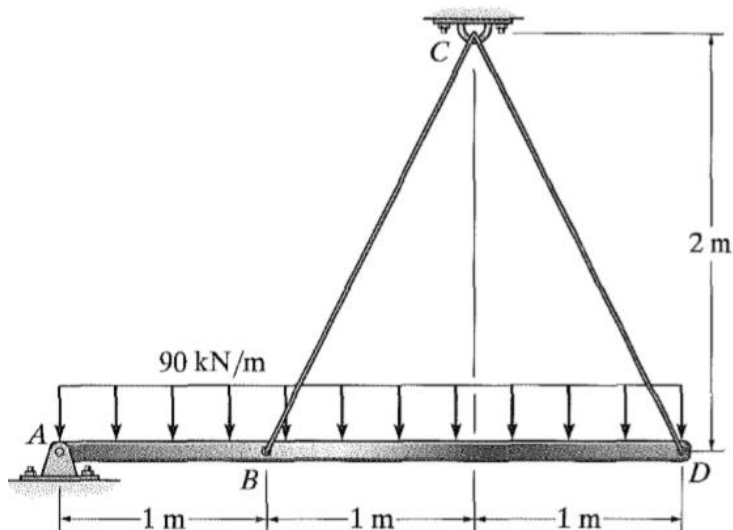
A roda está sujeita à força de 18 kN transmitida pelo eixo. Determine a força em cada um dos três raios. Considere que o aro é rígido, que os raios são feitos do mesmo material e que cada um tem a mesma área de seção transversal.



Resposta: $F_{AB} = 12 \text{ kN (T)}$; $F_{AC} = F_{AD} = 6 \text{ kN (C)}$

32. (Hibbeler RC)

A posição original da barra rígida é horizontal e ela é sustentada por dois cabos com área de seção transversal de 36 mm^2 cada e $E = 200 \text{ GPa}$. Determine a leve rotação da barra quando uma carga uniforme é aplicada.



Resposta: $\Delta\theta = 0,180^\circ$