Universidade POSITIVO

Engenharia Civil
Prova Bimestral: 1 / 2° Semestre de 2020
Disciplina: Estruturas de Aço e Madeira II

Código da Prova:
AM202-B1-5NA

Procedimento e Orientações:

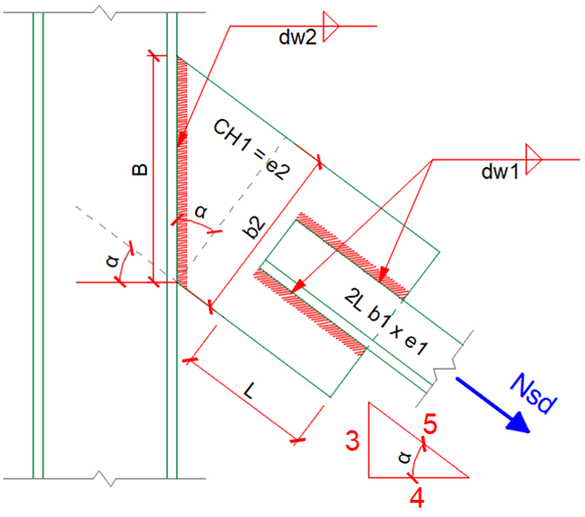
1. Leia atentamente todas as instruções da prova.
2. Os dados **D1, D2, D3, D4 e D5** devem ser obtidos no site **www.jjscremin.com/provas** onde o aluno deve entrar com o código da prova (indicado no cabeçalho desta) e seu respectivo número de matrícula clicando no botão **"Buscar Dados"**.
3. Após obter as respostas para as 16 questões da prova o aluno deverá fotografar as páginas com o desenvolvimento dos cálculos e postar no AVA via item **"Postagem de AM202-B1-5NA"**;
4. Em seguida o aluno deverá postar as respostas finais para as 16 questões (inserindo somente números e utilizando "ponto" como separador de decimais) no site **www.jjscremin.com/provas.** Para tanto, o aluno deverá fazer/refazer a busca de dados com seu número de matrícula e código de prova, certificando-se de que seu nome apareça em vermelho no campo "Nome do Aluno" para em seguida preencher os 16 campos destinados às respostas, e por fim, clicar no botão **"Enviar Respostas"**.
5. **Para todos os cálculos nas questões utilize 5 algarismos significativos.**
6. Na correção dos valores numéricos das questões abertas será utilizada uma margem de erro de 5 por cento (para mais ou para menos).

Problema A (0,625 ponto cada) :

Com base nos dados abaixo responda os quetionamentos.

- Aço D5 sendo:
1 para MR-250
2 para AR-350
3 para AR-415

- Eletrodo E70XX ;
- Nsd = D1 . 2000 kN
- L = ? ? ?
- b1 = D2 . 100 mm;
- b2 = 3 . b1;
- e1 = D3 . 10 mm;
- e2 = D4 . 16 mm;
- dw1 = e1 - 3 mm;
- dw2 = ? ? ?;



Q01 – Qual o valor da relação "Esforço Solicitante" / "Esforço Resistente" da Chapa Gusset em termos das verificações ESB e RSL [considerar Ct = 0,9 e obviamente adotar o menor valor de resistência entre as duas verificações - adimensional]?
Q02 – Qual o mínimo comprimento de filete "L" (sem modulação - valor teórico) necessário para que a Chapa Gusset atenda a verificação de Cisalhamento de Bloco [resposta em mm]?
Q03 – Qual o mínimo comprimento de filete "L" (sem modulação - valor teórico) necessário para que a ligação soldada entre as Cantoneiras e a Chapa Gusset ainda atenda as verificações de ruptura de metal de solda, e de escoamento e ruptura de metal base na face de fusão [resposta em mm] ?
Q04 – Qual a mínima perna de solda "dw2" necessária (sem modulação - valor teórico) para que a ligação soldada entre a Chapa Gusset e a Coluna ainda atenda as verificações de ruptura de metal de solda e de escoamento e ruptura de metal base na face de fusão [resposta em mm]?

$$tipoaco := \begin{bmatrix} 250\ MPa & 400\ MPa \\ 350\ MPa & 450\ MPa \\ 415\ MPa & 520\ MPa \end{bmatrix}$$

$D1 = 0,9$ $D2 = 1$ $D3 = 0,9$ $D4 = 0,8$ $D5 = 3$

$b1 := D2 \cdot 100\ mm = 100\ mm$

$aco := submatrix(tipoaco; D5; D5; 1; 2)$ $Nsd := D1 \cdot 2000\ kN$ $b2 := 3 \cdot b1 = 300\ mm$

$fy := aco_1 = 415\ MPa$ $fu := aco_2 = 520\ MPa$ $fw := 485\ MPa$

$e1 := D3 \cdot 10\ mm$ $e2 := D4 \cdot 16\ mm$ $\gamma a1 := 1,1$

$dw1 := e1 - 3\ mm$ $\gamma a2 := 1,35$ $\gamma w2 := 1,35$

Verificação ESB e RSL:

$Ag := b2 \cdot e2 = 38,4\ cm^2$ $\qquad Ct := 0,9$

$Nrdt\_ESB := \frac{Ag \cdot fy}{\gamma a1} = 1448,7\ kN$ $\qquad Nrdt\_RSL := \frac{Ct \cdot Ag \cdot fu}{\gamma a2} = 1331,2\ kN$

$G01 := \frac{Nsd}{\min([\ Nrdt\_ESB\ \ Nrdt\_RSL\ ])} = 1,3522$

Verificação de Cisalhamento de Bloco:

$Agv := 2 \cdot L \cdot e2$ $\qquad Ant := b1 \cdot e2 = 12,8\ cm^2$ $\qquad Cts := 1,0$

$Ntrd\_CIS = \frac{1}{\gamma a2} \cdot (0,6 \cdot Agv \cdot fy + Cts \cdot Ant \cdot fu)$

$Nsd = \frac{1}{\gamma a2} \cdot (0,6 \cdot 2 \cdot L \cdot e2 \cdot fy + Cts \cdot Ant \cdot fu)$ ---> $Nsd \cdot \gamma a2 - Cts \cdot Ant \cdot fu = 0,6 \cdot 2 \cdot L \cdot e2 \cdot fy$

---> $L\_cis\_nec := \frac{Nsd \cdot \gamma a2 - Cts \cdot Ant \cdot fu}{0,6 \cdot 2 \cdot e2 \cdot fy} = 276,7947\ mm$ $\qquad \frac{L\_cis\_nec}{dw1} = 46,132$

Considerando o cálculo do Beta:

$Lwe = \left(1,2 - 0,002 \cdot \frac{Lw}{dw1}\right) \cdot Lw$ ==> $1,2 \cdot Lw - 0,002 \cdot \frac{Lw^2}{dw1} = L\_cis\_nec$

Equação de 2° Grau: $\qquad ca := -\frac{0,002}{dw1}$ $\qquad cb := 1,2$ $\qquad cc := -L\_cis\_nec$

$Lw1 := \frac{-cb + \sqrt{cb^2 - 4 \cdot ca \cdot cc}}{2 \cdot ca} = 247,71\ mm$ $\qquad Lw2 := \frac{-cb - \sqrt{cb^2 - 4 \cdot ca \cdot cc}}{2 \cdot ca} = 3352,2938\ mm$

$Lwe1 := \min([\ Lw1\ \ Lw2\ ])$

$G02 := \frac{\max([\ Lwe1\ \ L\_cis\_nec\ ])}{mm} = 276,79$

Verificações dos Filetes de Solda entre as Cantoneiras e a Chapa Gusset:

Escoamento do Metal Base por Cisalhamento (por filete):

$Frd\_esc\_mb1 := \frac{0,6 \cdot Amb1 \cdot fy}{\gamma a1}$ ---> $Frd\_esc\_mb1 := \frac{0,6 \cdot 4 \cdot L \cdot dw1 \cdot fy}{\gamma a1}$

$L\_esc\_mb1 := \frac{Nsd \cdot \gamma a1}{0,6 \cdot 4 \cdot dw1 \cdot fy} = 331,33\ mm$

Ruptura do Metal Base por Cisalhamento (por filete):

$Frd\_rup\_mb1 := \frac{0,6 \cdot Amb1 \cdot fu}{\gamma a2}$ ---> $Frd\_rup\_mb1 := \frac{0,6 \cdot 4 \cdot L \cdot dw1 \cdot fu}{\gamma a2}$

$L\_rup\_mb1 := \frac{Nsd \cdot \gamma a2}{0,6 \cdot 4 \cdot dw1 \cdot fu} = 324,5192\ mm$

Ruptura do Metal de Solda por Cisalhamento (por filete):

$Frd\_w1 := \frac{0,6 \cdot Aw1 \cdot fw}{\gamma w2}$ ---> $Frd\_w1 := \frac{0,6 \cdot 4 \cdot L \cdot 0,7 \cdot dw1 \cdot fw}{\gamma w2}$

$L\_w1 := \frac{Nsd \cdot \gamma w2}{0,6 \cdot 4 \cdot 0,7 \cdot dw1 \cdot fw} = 497,05\ mm$

$L\_final := \max([\ L\_esc\_mb1\ \ L\_rup\_mb1\ \ L\_w1\ ]) = 497,05\ mm$ $\qquad \frac{L\_final}{dw1} = 82,842$

Considerando o cálculo do Beta:

$Lwe = \left(1,2 - 0,002 \cdot \frac{Lw}{dw1}\right) \cdot Lw$ ==> $1,2 \cdot Lw - 0,002 \cdot \frac{Lw^2}{dw1} = L\_final$

Equação de 2° Grau: $ca := -\frac{0,002}{dw1}$ $\qquad cb := 1,2$ $\qquad cc := -L\_final$

$Lw1 := \frac{-cb + \sqrt{cb^2 - 4 \cdot ca \cdot cc}}{2 \cdot ca} = 477,5642\ mm$ $\qquad Lw2 := \frac{-cb - \sqrt{cb^2 - 4 \cdot ca \cdot cc}}{2 \cdot ca} = 3122,4358\ mm$

$Lwe2 := \min([\ Lw1\ \ Lw2\ ])$

$G03 := \frac{\max([\ Lwe2\ \ L\_final\ ])}{mm} = 497,05$

Verificações dos Filetes de Solda entre Chapa Gusset e a Coluna:

$cos\alpha := \frac{4}{5}$ $\qquad B := \frac{b2}{cos\alpha} = 37,5\ cm$

Escoamento do Metal Base por Cisalhamento (por filete):

$Frd\_esc\_mb2 := \frac{0,6 \cdot Amb2 \cdot fy}{\gamma a1}$ ---> $Frd\_esc\_mb1 := \frac{0,6 \cdot 2 \cdot B \cdot dw2 \cdot fy}{\gamma a1}$

$dw2\_esc\_mb2 := \frac{Nsd \cdot \gamma a1}{0,6 \cdot 2 \cdot B \cdot fy} = 10,6024\ mm$

Ruptura do Metal Base por Cisalhamento (por filete):

$Frd\_rup\_mb2 := \frac{0,6 \cdot Amb2 \cdot fu}{\gamma a2}$ ---> $Frd\_rup\_mb2 := \frac{0,6 \cdot 2 \cdot B \cdot dw2 \cdot fu}{\gamma a2}$

$dw2\_rup\_mb2 := \frac{Nsd \cdot \gamma a2}{0,6 \cdot 2 \cdot B \cdot fu} = 10,3846\ mm$

Ruptura do Metal de Solda por Cisalhamento (por filete):

$Frd\_w2 := \frac{0,6 \cdot Aw2 \cdot fw}{\gamma w2}$ ---> $Frd\_w2 := \frac{0,6 \cdot 2 \cdot B \cdot 0,7 \cdot dw2 \cdot fw}{\gamma w2}$

$dw2\_w\_mb2 := \frac{Nsd \cdot \gamma w2}{0,6 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot B \cdot fw} = 15,9057\ mm$

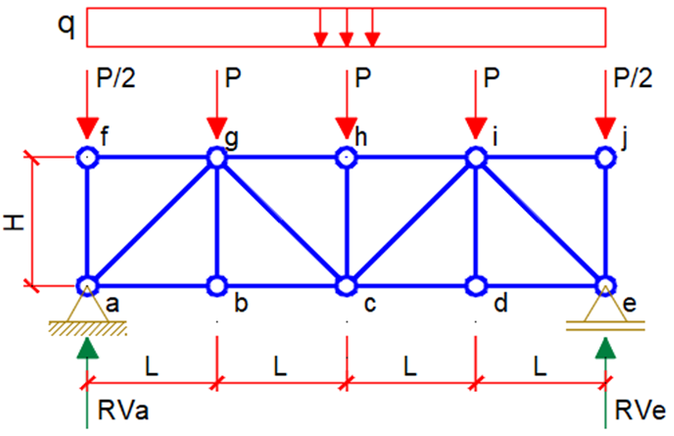
$G04 := \frac{\max([\ dw2\_esc\_mb2\ \ dw2\_rup\_mb2\ \ dw2\_w\_mb2\ ])}{mm} = 15,9057$

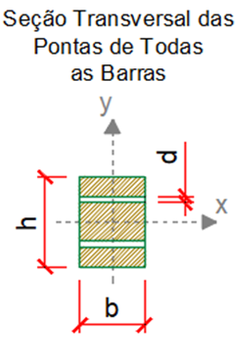
Problema B (0,625 ponto cada) :

Efetuar as combinações de ações pertinentes e verificar se as barras "ab" e "ag" atendem as verificações de tração simples paralelas às fibras e compressão simples paralela às fibras respectivamente.

- Madeira D5 sendo:
1 para Dicotiledônea C40;
2 para Dicotiledônea C60;
3 para Conífera C30;

- Carregamentos de Longa Duração;
- Ambiente Classe 3 de umidade;
- Peças de 2ª categoria;
- As vinculações indicadas são válidas para ambos os eixos principais de inércia;
- Combinações Normais em ELU;
- Edificação Tipo Garagem;





Dados Geométricos:
b = D1 . 14 cm h = D1 . 16 cm d = 10 mm (furação)
L = D2 . 250 cm H = D3 . 250 cm

Cargas incidentes (em valores característicos) :
q1 = D4 . 3,50 kN/m (permanente)
q2 = D4 . 7,00 kN/m (acidental de ocupação – ψ0 = 0,8)
q3 = 4.00 kN/m (vento em sentido gravitacional – ψ0 = 0,5)

OBS: Caso seja necessário calcular a excentricidade efetiva (para peça esbelta), na expressão abaixo deve-se adotar conservadoramente Nqk como sendo a soma de todas as cargas acidentais sendo utilizado os coeficientes ψ1 e ψ2 relativos a edificação tipo garagem.

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\}$$

Q05 – Qual o máximo esforço axial solicitante de compressão que incide na barra "ag" [em kN e em módulo] ?
Q06 – Qual o máximo esforço axial solicitante de tração que incide na barra "ab" [em kN e em módulo] ?
Q07 – Qual a área útil da barra "ab" [cm^2] ?
Q08 – Qual o valor do esforço resistente de tração paralela às fibras da barra "ab" [em kN]?
Q09 – Qual o valor da tensão resistente de tração paralela às fibras da madeira indicada [MPa]?
Q10 – Qual o valor da tensão resistente de compressão paralela às fibras da madeira indicada [MPa]?
Q11 – Qual o valor do índice de esbeltez da barra "ag" para o eixo principal de inércia mais desfavorável [adimensional]?
Q12 – Qual o valor da carga crítica de flambagem para o eixo principal de inércia mais desfavorável [kN]?
Q13 – Qual o valor do módulo eslástico da seção transversal da barra "ag" para o eixo "y" [cm^3]?
Q14 – Em termos do eixo principal de inércia mais defavorável, a barra "ag" pode ser classificada como uma peça:
1 - curta 2 - medianamente esbelta 3 - esbelta 4 - esbeltez acima de 140 (tensão resistente nula)
Q15 – Qual o valor do momento fletor resultante das excentricidades consideradas na verificação de estabilidade da barra "ag" em termos do eixo mais desfavorável [kNcm]?
Q16 – Qual o valor da relação "Tensão Solicitante" / "Tensão Resistente" na verificação de estabilidade da barra "ag" em termos do eixo mais desfavorável [adimensional] ?

$$tipomadeira := \begin{bmatrix} 40\ MPa & 19500\ MPa & 1 \\ 60\ MPa & 24500\ MPa & 1 \\ 30\ MPa & 14500\ MPa & 0,8 \end{bmatrix}$$

$kmod1 := 0,7$ $kmod2 := 0,8$ $L := D2 \cdot 250\ cm = 2,5\ m$ $H := D3 \cdot 250\ cm = 2,25\ m$

$b := D1 \cdot 14\ cm = 12,6\ cm$ $h := D1 \cdot 16\ cm = 14,4\ cm$ $d := 10\ mm$

$mad := submatrix(tipomadeira; D5; D5; 1; 3)$

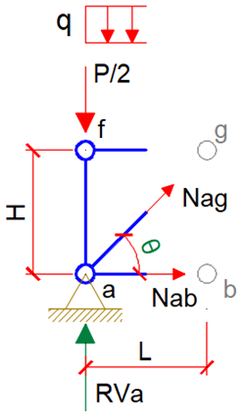
$fc0k := mad_1 = 30\ MPa$ $Ec0m := mad_2 = 14500\ MPa$ $kmod3 := 0,8$

$q1 := D4 \cdot 3,5 \ \frac{kN}{m} = 2,8 \ \frac{kN}{m}$ $\quad q3 := 4,0 \ \frac{kN}{m}$ $\quad \psi 0q2 := 0,8$ $\quad \psi 0q3 := 0,5$

$q2 := D4 \cdot 7,0 \ \frac{kN}{m} = 5,6 \ \frac{kN}{m}$ $\quad \gamma q1 := 1,4$ $\quad \gamma q2 := 1,4$

$\gamma q3 := 1,4$

Combinações de Ações ELU:



$P := q \cdot L$ $\quad RVa = 2 \cdot P$ $\quad \text{--->} \quad RVa = 2 \cdot q \cdot L$

$\Sigma Mg = 0$ (+) antihorário

$Nab(q) \cdot H + \frac{P}{2} \cdot L - RVa \cdot L = 0$

$Nab(q) = \frac{1}{H} \cdot \left(RVa \cdot L - \frac{P}{2} \cdot L \right)$ $\quad \text{--->} \quad Nab(q) = \frac{1}{H} \cdot \left(2 \cdot P \cdot L - \frac{P}{2} \cdot L \right)$

$Nab(q) = \frac{3}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{H}$ $\quad \text{--->} \quad Nab(q) := \frac{3}{2} \cdot \frac{q \cdot L^2}{H}$

$\Sigma Fv = 0$ (+) para cima

$Lag := \sqrt{L^2 + H^2} = 3,3634 \ m$ $\quad sen\theta := \frac{H}{Lag} = 0,66896$ $\quad cos\theta := \frac{L}{Lag} = 0,7433$

$RVa + Nag(q) \cdot sen\theta - \frac{P}{2} = 0$ $\quad \text{--->} \quad Nag(q) = \frac{1}{sen\theta} \cdot \left(\frac{P}{2} - RVa \right)$ $\quad \text{--->} \quad Nag(q) := \frac{1}{sen\theta} \cdot \left(\frac{q \cdot L}{2} - 2 \cdot q \cdot L \right)$

Barra Tracionada "ab":

$Nab\_q1 := Nab(q1) = 11,6667 \ kN$

$Nab\_q2 := Nab(q2) = 23,3333 \ kN$

$Nab\_q3 := Nab(q3) = 16,6667 \ kN$

$Comb\_ab\_q2 := \gamma q1 \cdot Nab\_q1 + \gamma q2 \cdot Nab\_q2 + \gamma q3 \cdot Nab\_q3 \cdot \psi 0q3 = 60,6667 \ kN$

$Comb\_ab\_q3 := \gamma q1 \cdot Nab\_q1 + 0,75 \cdot \gamma q3 \cdot Nab\_q3 + \gamma q2 \cdot Nab\_q2 \cdot \psi 0q2 = 59,9667 \ kN$

$Ntsd := \max([\ Comb\_ab\_q2 \ \ Comb\_ab\_q3\ ]) = 60,6667 \ kN$

$G06 := \frac{Ntsd}{kN} = 60,6667$

Barra Comprimida "ag":

$Nag\_q1 := |Nag(q1)| = 15,6959 \ kN$

$Nag\_q2 := |Nag(q2)| = 31,3918 \ kN$

$Nag\_q3 := |Nag(q3)| = 22,4227 \ kN$

$Comb\_cd\_q2 := \gamma q1 \cdot Nag\_q1 + \gamma q2 \cdot Nag\_q2 + \gamma q3 \cdot Nag\_q3 \cdot \psi 0q3 = 81,6187 \ kN$

$Comb\_cd\_q3 := \gamma q1 \cdot Nag\_q1 + 0,75 \cdot \gamma q3 \cdot Nag\_q3 + \gamma q2 \cdot Nag\_q2 \cdot \psi 0q2 = 80,6769 \ kN$

$Ncsd := \max([\ Comb\_cd\_q2 \ \ Comb\_cd\_q3\ ]) = 81,6187 \ kN$

$G05 := \frac{Ncsd}{kN} = 81,6187$

Propriedades da Madeira:

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,448$

$fc0d := kmod \cdot \frac{fc0k}{1,4} = 9,6 \ MPa$ $\quad Ec0ef := kmod \cdot Ec0m = 6496 \ MPa$ $\quad G10 := \frac{fc0d}{MPa} = 9,6$

$ft0k := \frac{fc0k}{0,77} = 38,961 \ MPa$

$ft0d := kmod \cdot \frac{ft0k}{1,8} = 9,697 \ MPa$ $\quad G09 := \frac{ft0d}{MPa} = 9,697$

Propriedades Geométricas das Barras:

$Ag := b \cdot h = 181,44\ cm^2$ $\quad Afuros := 2 \cdot d \cdot b = 25,2\ cm^2$

$$Autil := \begin{array}{l} \text{if } \dfrac{Afuros}{Ag} \le 0,1 = 156,24\ cm^2 \\ \quad Ag \\ \text{else} \\ \quad Ag - Afuros \end{array}$$

$$G07 := \frac{Autil}{cm^2} = 156,24$$

Notoriamente o eixo "y" será o eixo de mais índice de esbeltez:

$Loy := Lag = 336,3\ cm$ $\quad Iy := \dfrac{h \cdot b^3}{12} = 2400,5\ cm^4$ $\quad Wy := \dfrac{h \cdot b^2}{6} = 381,02\ cm^3$ $\quad ry := \dfrac{b}{\sqrt{12}} = 3,63731\ cm$

$$\lambda y := \frac{Loy}{ry} = 92,4697$$

$$tipo\_peca := \begin{array}{l} \text{if } \lambda y \le 40 \\ \quad 1 \\ \text{else} \\ \quad \text{if } \lambda y \le 80 \\ \quad\quad 2 \\ \quad \text{else} \\ \quad\quad \text{if } \lambda y \le 140 \\ \quad\quad\quad 3 \\ \quad\quad \text{else} \\ \quad\quad\quad 4 \end{array}$$

$G11 := \lambda y = 92,4697$

$$G13 := \frac{Wy}{cm^3} = 381,024$$

$G14 := tipo\_peca = 3$

Verificação de Peça Tracionada:

$Ntrd := Autil \cdot ft0d = 151,5\ kN$ $\quad G08 := \dfrac{Ntrd}{kN} = 151,5$

Verificação de Peça Comprimida:

$$FEy := \frac{\pi^2 \cdot Ec0ef \cdot Iy}{Loy^2} = 136,0442\ kN$$

$$G12 := \frac{FEy}{kN} = 136,0442$$

Peças Esbeltas ($80 < \lambda \le 140$):

$$e_a = \frac{L_0}{300} \ge \frac{h}{30} \qquad e_i = \frac{M_{1d}}{N_{Sd}} \ge \frac{h}{30} \qquad e_{ig} = \frac{M_{1gd}}{N_{gd}}$$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\}$$

Coeficientes de Fluência φ

Classes de Carregamento	Classes de Umidade			
	1	2	3	4
Permanente	0,8	0,8	2,0	2,0
Longa Duração	0,8	0,8	2,0	2,0
Média Duração	0,3	0,3	1,0	1,0
Curta Duração	0,1	0,1	0,5	0,5

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c \qquad F_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{co,ef} \cdot I}{L_0^2} \qquad M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{F_E}{F_E - N_{Sd}}\right)$$

$$\sigma_{Nsd} = \frac{N_{Sd}}{A} \qquad \sigma_{Msd} = \frac{M_{Sd}}{I} \cdot y = \frac{M_{Sd}}{W} \qquad \frac{\sigma_{Nsd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Msd}}{f_{cod}} \le 1$$

$M1gd := 0\ kN\ m$ $\quad Ngd := \gamma q1 \cdot Nab\_q1 = 16,3333\ kN$

$$eigy := \frac{M1gd}{Ngd} = 0$$

$hy := b = 12,6\ cm$

$\dfrac{hy}{30} = 0,42\ cm$ $\quad M1d := 0\ kN\ cm$

$\dfrac{Loy}{300} = 1,1211\ cm$ $\quad \dfrac{M1d}{Ncsd} = 0$

$$eay := \begin{array}{l} \text{if } \dfrac{Loy}{300} \ge \dfrac{hy}{30} = 1,1211\ cm \\ \quad \dfrac{Loy}{300} \\ \text{else} \\ \quad \dfrac{hy}{30} \end{array}$$

$$eiy := \begin{array}{l} \text{if } \dfrac{M1d}{Ncsd} \ge \dfrac{hy}{30} = 0,42\ cm \\ \quad \dfrac{M1d}{Ncsd} \\ \text{else} \\ \quad \dfrac{hy}{30} \end{array}$$

Classe 3 de umidade e carregamentos de longa duração:

$\phi := 2,0$

Edificação tipo garagem: $\psi 1 := 0,7$ $\psi 2 := 0,6$

$$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2) N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2) N_{qk}]} \right] - 1 \right\} \qquad Ncsd = 81,6187 \text{ kN}$$

$$ecy := (eigy + eay) \cdot \left(e^{\frac{\phi \cdot (Nag\_q1 + (\psi 1 + \psi 2) \cdot (Nag\_q2 + Nag\_q3))}{FEy - (Nag\_q1 + (\psi 1 + \psi 2) \cdot (Nag\_q2 + Nag\_q3))}} - 1 \right) = 32,4629 \text{ cm}$$

$e1y\_ef := \text{if } \lambda y \le 40 \quad = 34,004 \text{ cm}$
$\quad 0$
$\quad \text{else}$
$\quad\quad \text{if } \lambda y \le 80$
$\quad\quad\quad eay + eiy$
$\quad\quad \text{else}$
$\quad\quad\quad eay + eiy + ecy$

$Ncsd \cdot e1y\_ef = 2775,3614 \text{ kN cm}$ $\qquad \frac{FEy}{FEy - Ncsd} = 2,4996$

$$Msdy\_final := Ncsd \cdot e1y\_ef \cdot \left(\frac{FEy}{FEy - Ncsd} \right) = 6937,3999 \text{ kN cm}$$

$$G15 := \frac{Msdy\_final}{\text{kN cm}} = 6937,4$$

$$\sigma_{Nsd} := \frac{Ncsd}{Ag} = 0,4498 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{Msdy} := \frac{Msdy\_final}{Wy} = 18,2073 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$SporR := \frac{\sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdy}}{fc0d} = 19,4345 \qquad \sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdy} = 186,5709 \text{ MPa}$$

$fc0d = 9,6 \text{ MPa}$ $\qquad G16 := SporR = 19,4345$

$\text{if } Ncsd > FEy$
$\quad G16 := 10^7$
$\quad G15 := 10^7$
else
$\quad 0$