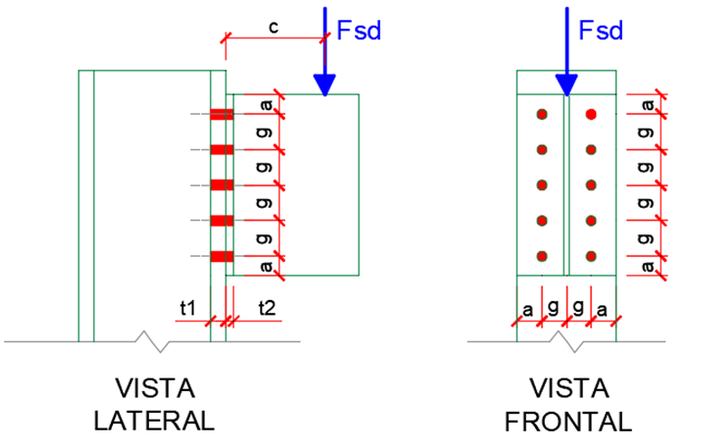
# B2T5N0617A

Calcular qual a máxima solicitação Fsd possível de ser aplicada na ligação tipo contato indicada ao lado, de modo que sejam atendidas as verificações de :

a) corte dos parafusos;
b) tração nos parafusos;
c) tração e corte simutâneos nos parafusos;

Dados:
- Furos padrão;
- Parafusos A325 com d = 7 / 8 ";
- Aço AR350;

OBS: nos procedimentos de cálculo determinar a altura da LN por meio da expressão proposta na bibliografia Pfeil; Pfeil 2008




$a := 35\ mm$ $g := 50\ mm$ $c := 220\ mm$

$t1 := 12,5\ mm$ $t2 := 10\ mm$

$d := \frac{7}{8} \cdot 25,4\ mm = 22,225\ mm$

$E := 200\ GPa$ $fy := 35\ \frac{kN}{cm^2}$ $fu := 45\ \frac{kN}{cm^2}$

$\gamma a1 := 1,1$ $\gamma a2 := 1,35$

Q01 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de corte de parfusos ainda seja atendida ? [kN]
Q02 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração nos parafusos ainda seja atendida ? [kN]
Q03 - Qual o máximo valor de Fsd (em valor de cálculo) possível de ser aplicado de modo que a verificação de tração e corte simultâneos dos parafusos ainda seja atendida ? [kN]

---

## Verificação de Corte em Parafuso:

*Considerando uso de parafusos de rosca inteira.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,4\ A_b\ f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

$Ab := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3,8795\ cm^2$

$fub := 825\ MPa$

| Especificação | $f_{yb}$ MPa | $f_{ub}$ MPa | Diâmetro $d_b$ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | mm | pol |
| ASTM A307 | - | 415 | - | $1/2 \le d_b \le 4$ |
| ISO 898-1 Classe 4.6 | 235 | 400 | $12 \le d_b \le 36$ | - |
| ASTM A325 [a] | 635<br>560 | 825<br>725 | $16 \le d_b \le 24$<br>$24 < d_b \le 36$ | $1/2 \le d_b \le 1$<br>$1 < d_b \le 1½$ |
| ISO 4016 Classe 8.8 | 640 | 800 | $12 \le d_b \le 36$ | - |
| ASTM A490 | 895 | 1035 | $16 \le d_b \le 36$ | $1/2 \le d_b \le 1½$ |
| ISO 4016 Classe 10.9 | 900 | 1000 | $12 \le d_b \le 36$ | - |

[a] Disponíveis também com resistência à corrosão atmosférica comparável à dos aços AR 350 COR ou à dos aços ASTM A588.

Força resistente de corte por plano de corte nos parafusos:

$Fv_Rd_por_plano := \frac{0,4 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 94,832\ kN$

Planos de corte por parafuso: $n_planos := 1$

Número de parafusos: $n_paraf := 10$

$Fv_Rd_total := n_planos \cdot n_paraf \cdot Fv_Rd_por_plano = 948,32\ kN$

$Q01 := Fv_Rd_total = 948,32\ kN$

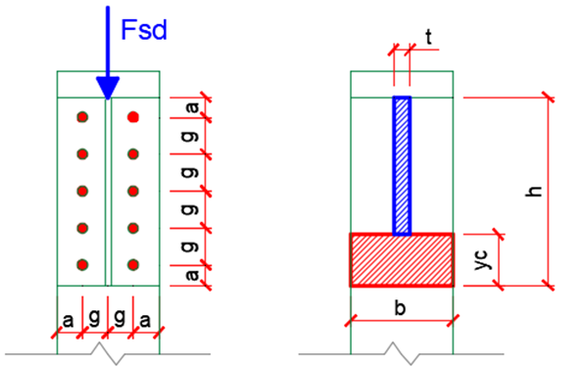
---

## Verificação de Tração em Parafuso:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,75\, A_b\, f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

$Ft_Rd_por_paraf := \frac{0,75 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 177,81\ kN$

Aplicação das expressões para cálculo do esforço de tração conforme Pfeil; Pfeil 2008:




VISTA FRONTAL

$h := 2 \cdot a + 4 \cdot g = 27\ cm$

$b := 2 \cdot a + 2 \cdot g = 17\ cm$ $\quad n := 2$

$$t = \frac{A_i}{a} n$$

$t := \frac{Ab \cdot n}{g} = 1,5518\ cm$

$$b\,\frac{y_c^{\,2}}{2} = t\,\frac{(h - y_c)^2}{2}$$

$\frac{b \cdot yc^{\,2}}{2} - \frac{t\left(h^{\,2} - 2 \cdot h \cdot yc + yc^{\,2}\right)}{2} = 0$

$\frac{b}{2} \cdot yc^{\,2} - \frac{t \cdot h^{\,2}}{2} + t \cdot h \cdot yc - \frac{t \cdot yc^{\,2}}{2} = 0$

$\left(\frac{b}{2} - \frac{t}{2}\right) \cdot yc^{\,2} + t \cdot h \cdot yc - \frac{t \cdot h^{\,2}}{2} = 0$

$A := \left(\frac{b}{2} - \frac{t}{2}\right) = 0,0772\ m$ $\quad B := t \cdot h = 0,0042\ m^{\,2}$ $\quad C := -\frac{t \cdot h^{\,2}}{2} = -0,0006\ m^{\,3}$

$\Delta := B^{\,2} - 4 \cdot A \cdot C = 0,0002\ m^{\,4}$

$yc1 := \frac{-B + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot A} = 6,2647\ cm$ $\quad yc1 := \frac{-B - \sqrt{\Delta}}{2 \cdot A} = -11,6891\ cm$

$yc_calc := \text{solve}\left(\frac{b \cdot (yc\ cm)^{\,2}}{2} - \frac{t \cdot (h - yc\ cm)^{\,2}}{2};\ yc\right)$

$yc_calc = \begin{bmatrix} -11,689 \\ 6,2647 \end{bmatrix}$ $\quad yc := \max(yc_calc)\ cm = 6,2647\ cm$

$$I = \frac{b\, y_c^{\,3}}{3} + \frac{t\,(h - y_c)^3}{3}$$

$I := \frac{b \cdot yc^{\,3}}{3} + \frac{t \cdot (h - yc)^{\,3}}{3} = 6004,8\ cm^{\,4}$

$$F_i = \frac{M}{I} y_i A_i$$

$d1 := a + 4 \cdot g = 23,5\ cm$ $\quad y1 := d1 - yc = 17,235\ cm$

$M := Fsd \cdot c$ $\quad F1 := \frac{M}{I} \cdot y1 \cdot Ab$

$Ft_Sd_por_paraf := \frac{Fsd \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab$

Igualando Ft_Sd_por_paraf com Ft_Rd_por_paraf e isolando Fsd:

$Ft_Rd_por_paraf := \frac{0,75 \cdot Ab \cdot fub}{\gamma a2} = 177,81\ kN$ ===> $\frac{Fsd \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab = Ft_Rd_por_paraf$

$Fsd_trac := \frac{Ft_Rd_por_paraf \cdot I}{c \cdot y1 \cdot Ab} = 725,83\ kN$ $Q02 := Fsd_trac = 725,832\ kN$

---

## Verificação de Tração e Corte Simultâneos:

$$\left(\frac{F_{t,Sd}}{F_{t,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

*Verificação sendo feita somente para o parafuso mais solicitado (linha "1" de furação)

$Fv_Rd_por_paraf := Fv_Rd_por_plano \cdot n_planos = 94,8317\ kN$
$Ft_Rd_por_paraf = 177,81\ kN$

$$Verif_sim := \left(\frac{\frac{Fsd_sim \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{Fsd_sim}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{\frac{Fsd_sim \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{Fsd_sim}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2 = 1$$

$$Fsd_sim^2 \cdot \left(\left(\frac{\frac{1 \cdot c}{I} \cdot y1 \cdot Ab}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2\right) = 1$$

$$Fsd_sim := \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\frac{c \cdot y1 \cdot Ab}{I}}{Ft_Rd_por_paraf}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{n_paraf}}{Fv_Rd_por_paraf}\right)^2}} = 576,38\ kN$$

$Q03 := Fsd_sim = 576,38\ kN$

---

$Q01 = 948,32\ kN$

$Q02 = 725,83\ kN$

$Q03 = 576,38\ kN$

---