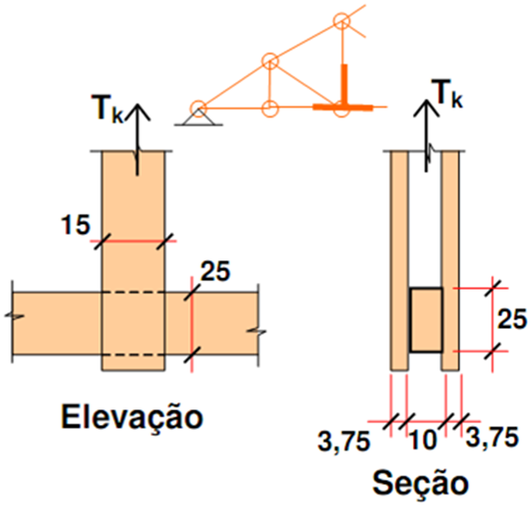
SE2_E17-01

Projetar a ligação entre as peças de madeira indicadas nas figuras, usando parafusos como meio ligante.

- Madeira dicotiledônea classe C-40;
- Dimensões em centímetros;
- Madeira de 2a. categoria;
- Classe 1 de umidade;
- Carregamento de longa duração;
- Esforços atuantes:
 TGk = 6 kN (permanente);
 TQk = 6 kN (sobrecarga);
- ELU Combinação Normal;



Propriedades da Madeira:

$fc0k := 40\ MPa$

$kmod3 := 0,8$ Peças de 2ª categoria

$kmod2 := 1,0$ Ambiente Classe 1

$kmod1 := 0,7$ Carregamentos de Longa Duração

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,56$

$fc0d := kmod \cdot \frac{fc0k}{1,4} = 1,6\ \frac{kN}{cm^2}$

Escolha do Diâmetro do Parafuso e Determinação das Resistências de Embutimento:

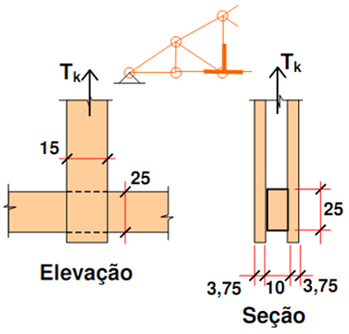
Espessura as peças laterais: $t1 := 3,75\ cm$

Espessura da peça central: $t2 := 10\ cm$

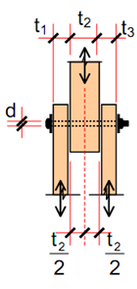
Espessura convencional das peças laterais: $tc_laterais := t1 = 3,75\ cm$

Espessura convencional da peça central: $tc_central := \frac{t2}{2} = 5\ cm$

* A espessura convencional da peça central deve levar em conta o fato dela "participar" de 2 planos de corte, logo o cálculo é feito com a espessura real sendo dividida por 2;

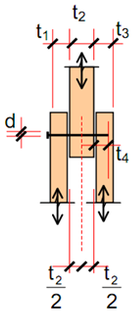


Escolha do diâmetro dos parafusos:



parafusos :
$t \geq 2d$

$t = \begin{cases} t_1, \\ t_2/2 \text{ ou } * \\ t_3 \end{cases}$



pregos :
$t \geq 5d$ ou $4d$ **
** se $d_{ef} = d_0$

$t = \begin{cases} t_1, \\ t_2/2 \text{ ou } * \\ t_3 \end{cases}$

$t_4 \begin{cases} \geq 12.d \\ = t_3 \end{cases}$

$t := \min([\ tc_laterais\ \ tc_central\ ]) = 3,75\ cm$

pelo critério exposto na figura ao lado:

t >= 2d logo, na condição limite t = 2d assim sendo, 1/2 * t = d (máximo)

$dmax := \frac{1}{2} \cdot t = 1,875\ cm$

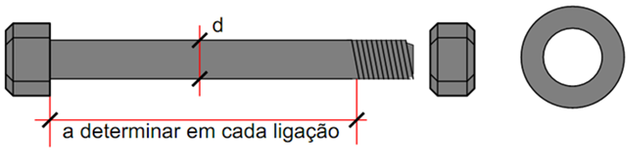
** busca-se usar o máximo diâmetro possível na tentativa de instalar menor número de parafusos de modo a simplificar a execução da ligação.

$dmax := \frac{1}{2} \cdot t = 1,875\ cm$

Considerando o critério acima, o máximo diâmetro de parafuso a ser utilizado é:

$d := 1,60\ cm$

a) parafusos lisos, com cabeça e porca :



Diâmetros “d” (polegadas)	3/8”	1/2”	5/8”	3/4"	7/8”	1/1”
Diâmetros “d” (cm)	0,95*	1,27	1,60	1,90	2,20	2,54

Tabela 22 – Diâmetros de parafusos lisos

* utiliza-se este parafuso, embora d_{min} = 10 mm, pela **NBR-7190**.

Resistência ao embutimento das peças laterais (ângulo das fibras em relação a solicitação é 0°):

$$f_{e0d} = f_{c0d}$$

$fed_laterais := fc0d = 1,6\ \frac{kN}{cm^2}$

Resistência ao embutimento da peça central (ângulo das fibras em relação a solicitação é 90°):

$$f_{e90d} = 0,25 \cdot f_{c0d} \cdot \alpha_E$$

Tabela para determinação do αE:

d(cm)	≤0,62	0,95	1,25	1,6	1,9	2,2	2,5	3,1	3,8	4,4	5,0	≥7,5
α_E	2,5	1,95	1,68	1,52	1,41	1,33	1,27	1,19	1,14	1,1	1,07	1,0

** OBS: na tabela acima a dimensão de 1/2 polegada (1,27 cm) é arredondada para 1,25 cm tal como outras dimensões em polegadas também são arredondadas para as dimensões em cm (1 polegada "2,54 cm" ---> 2,5 cm)

Logo: $\alpha_E := 1,52$

$fed_central := 0,25 \cdot fc0d \cdot \alpha_E = 0,60800\ \frac{kN}{cm^2}$

Combinações de Ações (ELU):

- Esforços atuantes:

TGk = 6 kN (permanente);

TQk = 6 kN (sobrecarga);

- ELU Combinação Normal;

$TGk := 6\ kN \qquad \gamma g := 1,4$

$TQk := 6\ kN \qquad \gamma q := 1,4$

$Tsd := \gamma g \cdot TGk + \gamma q \cdot TQk = 16,8\ kN$

Determinação da Resistência por Parafuso Instalado:

Esforço Resistente por Plano de Corte das Peças Laterais "RVd1_laterais":

$$\beta = \frac{t}{d} \qquad \beta_{lim} = 1,25 \sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} \qquad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,1}$$

$fyd := \frac{240\ MPa}{1,1} = 21,818\ \frac{kN}{cm^2}$

$\beta_laterais := \frac{tc_laterais}{d} = 2,3438 \qquad \beta lim_laterais := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_laterais}} = 4,6159$

Como β_laterais < βlim_laterais ---> Modo de Falha: EMBUTIMENTO DA MADEIRA

$$R_{Vd1} = 0,40 . \frac{t^2}{\beta} \cdot f_{ed}$$

$RVd1_laterais := 0,40 \cdot \frac{tc_laterais^2}{\beta_laterais} \cdot fed_laterais = 3,84\ kN$

Esforço Resistente por Plano de Corte da Peça Central "RVd1_central:

$$\beta = \frac{t}{d} \qquad \beta_{lim} = 1,25\sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} \qquad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,1}$$

$fyd := \frac{240\ MPa}{1,1} = 21,8182\ \frac{kN}{cm^2}$

$\beta_central := \frac{tc_central}{d} = 3,125$ $\qquad \beta lim_central := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_central}} = 7,488$

Como β_central < βlim_central ---> Modo de Falha: EMBUTIMENTO DA MADEIRA

$$R_{Vd1} = 0,40.\frac{t^2}{\beta}.f_{ed}$$

$RVd1_central := 0,40 \cdot \frac{tc_central^{\,2}}{\beta_central} \cdot fed_central = 1,9456\ kN$

Esforço Resistente por Plano de Corte da Ligação (Valor Final):

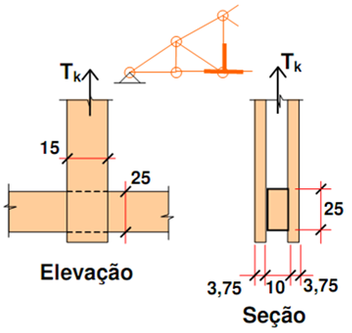
$RVd1 := \min([\ RVd1_laterais\ \ RVd1_central\ ]) = 1,9456\ kN$

Esforço Resistente por Parafuso:

Os parafusos instalados na ligação necessariamente atravessam as 3 peças gerando portanto 2 planos de corte por parafuso

$n_planos := 2$

$RVd_paraf := n_planos \cdot RVd1 = 3,8912\ kN$



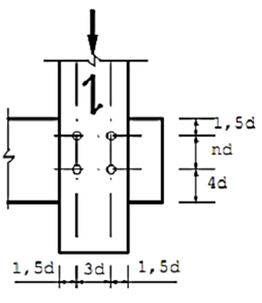
Cálculo da Quantidade de Parafusos Necessários e Detalhamento da Ligação:

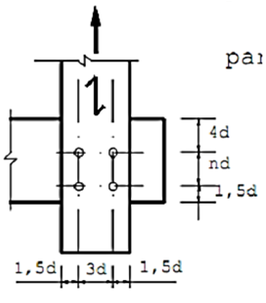
$N_paraf := \frac{Tsd}{RVd_paraf} = 4,3174$

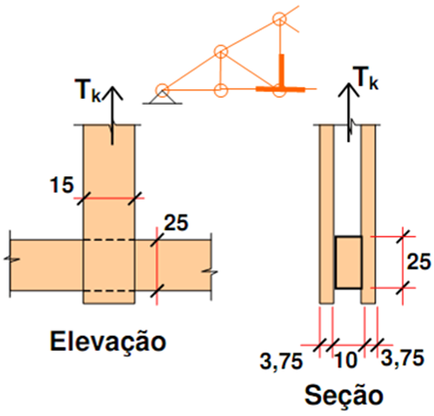
Como não é possível instalar "frações de parafusos" na ligação adota-se o próximo número inteiro superior ao calculado.

$N_paraf := 5$ Geometria da instalação de parafuso: DICA ---> pensar nos pontos de um "dado".

Detalhamento da Ligação: $n := 4$







Entre furos paralelos à força:	$dfparf := 4 \cdot d = 6,4\ cm$	$dfparf := 6,5\ cm$
Entre furo e BC:	$dBC := 4 \cdot d = 6,4\ cm$	$dBC := 6,5\ cm$
Entre furo e BD:	$dBD := 1,5 \cdot d = 2,4\ cm$	$dBD := 2,5\ cm$
Entre furos perpendic. à força:	$dfperf := 3 \cdot d = 4,8\ cm$	$dfperf := 5,0\ cm$
Entre furo e BE:	$dBE := 1,5 \cdot d = 2,4\ cm$	$dBE := 2,5\ cm$
