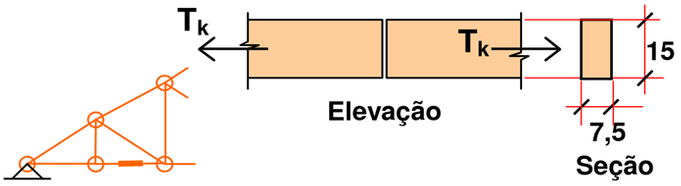
SE2_E17-04

Projetar a emenda entre peças de madeira indicada nas figuras usando pregos como meio ligante.

- Carregamentos de Longa Duração;
- Ambiente Classe 2 de Umidade;
- Peças de 2ª Categoria;
- ELU em combinações normais;
- Madeira Garapa Roraima;



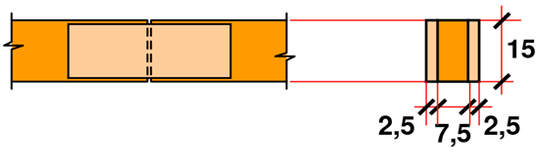
$fc0m := 78,4\ MPa$

Esforços Atuantes:

$T_{Gk} := 12\ kN$ (permanente)

$T_{Qk} := 15\ kN$ (vento de sobrepressão)

DETALHE DA LIGAÇÃO



Propriedades da Madeira:

$fc0k := 0,7 \cdot fc0m = 5,488\ \frac{kN}{cm^2}$

$kmod1 := 0,7$ Carregamentos de longa duração

$kmod2 := 1,0$ Classe 1 de umidade

$kmod3 := 0,8$ Peça de 2a categoria

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

$fc0d := kmod \cdot \frac{fc0k}{1,4} = 2,1952\ \frac{kN}{cm^2}$

Combinações de Ações (ELU):

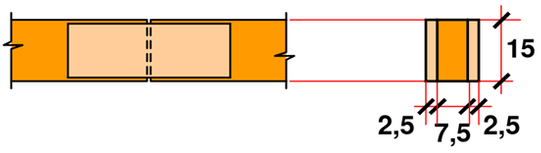
$\gamma g := 1,4$ $\gamma q := 1,4$ $T_{Gk} := 12\ kN$ $T_{Qk} := 15\ kN$

$Tsd := \gamma g \cdot T_{Gk} + \gamma q \cdot T_{Qk} \cdot 0,75 = 32,55\ kN$ * Ação variável principal é uma carga de vento por isso o 0,75;

Escolha do Prego e Determinação das Resistências de Embutimento:

Espessura das talas: $t1 := 2,5\ cm$

Espessura da peça central: $t2 := 7,5\ cm$

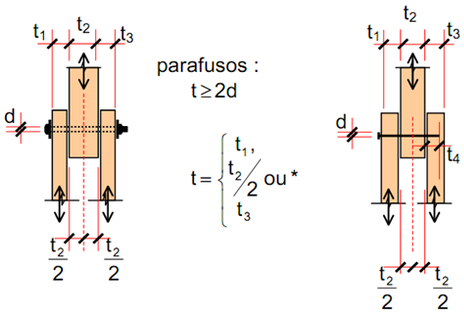


Espessura convencional das talas: $tc_talas := t1 = 2,5\ cm$

Espessura convencional da peça central: $tc_central := \frac{t2}{2} = 3,75\ cm$

* Como tanto as talas quanto as peças a serem ligadas tem a orientação de suas fibras paralela à orientação do esforço solicitante, temos que para ambas o ângulo de solicitação é 0°. Assim sendo, faz sentido proceder somente a verificação da peça com menor espessura convencional.

Escolha do diâmetro dos pregos:



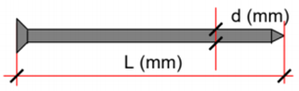
$t := \min([\ tc_talas\ \ tc_central\ ]) = 2,5\ cm$

pelo critério exposto na figura ao lado:

t >= 5d (furação ajustada - a ligação não é uma rótula) logo, na condição limite t = 5d assim sendo, 1/5 * t = d (máximo)

$dmax := \frac{1}{5} \cdot t = 5\ mm$

b) pregos :



prego	d	L	pr/kg
17 X21	3,0	48	291
17 X 24		56	260
17 X 27		62	240
17 X 30		69	208

prego	d	L	pr/kg
18 X 24	3,4	55	224
18 X 27		62	198
18 X 30		69	187
18 X 33		76	171
18 X 36		83	153

prego	d	L	pr/kg
19 X 27	3,9	62	150
19 X 30		69	140
19 X 33		76	136
19 X 36		83	125
19 X 39		90	108

prego	d	L	pr/kg
20 X 30	4,4	69	106
20 X 33		76	98
20 X 39		90	85
20 X 42		97	77
20 X 48		110	67

prego	d	L	pr/kg
21 X 45	4,9	104	59
21 X 48		110	53
21 X 54		124	49

prego	d	L	pr/kg
22 X 42	5,4	97	49
22 X 45		104	47
22 X 48		110	46
22 X 51		117	43
22 X 54		124	38

prego	d	L	pr/kg
23 X 54	5,9	124	32
23 X 60		138	29
23 X 66		152	26

prego	d	L	pr/kg
24 X 60	6,4	138	25
24 X 66		152	22
25 X 72	7,0	166	18

prego	d	L	pr/kg
26 X 72	7,6	166	18
26 X 78		179	16
26 X 84		193	14

Buscando na tabela de meios ligantes os pregos abaixo deste diâmetro encontramos 5 possibilidades, a saber:

3,0 mm; 3,4 mm; 3,9mm; 4,4mm; 4,9mm;

Regra Prática:

Costuma-se adotar o diâmetro dos pregos (bitola) como sendo algo entre 1/10 e 1/7 da espessura da peça mais delgada da ligação.

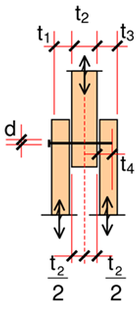
$\frac{t}{10} = 2,5\ mm$ (mínimo diâmetro conforme norma é de 3 mm)

$\frac{t}{7} = 3,5714\ mm$ ---> $d := 3,4\ mm$

Duas possibildiades de cravação:

Possibilidade 1:

prego longo o suficiente para atravessar as 3 peças cumprindo ainda com a mínima cravação t4 na última peça



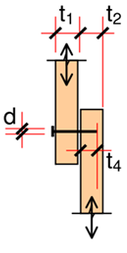
$Lnec1 := t1 + t2 + 12 \cdot d = 140,8\ mm$

$Lnec2 := t1 + t2 + t1 = 125\ mm$

* o máximo comprimento de um prego com d=3,4 mm é de 83 mm, logo a cravação com 2 planos de corte é impossível.

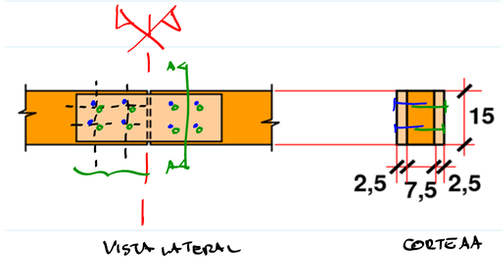
Possibilidade 2:

pregos com apenas um plano de corte em cravação de topo desencontrada.



$Lnec1 := t1 + 12 \cdot d = 65,8\ mm$

$Lnec2 := t1 + t2 = 100\ mm$



Prego Adotado: 18 x 30

$d = 3,4\ mm$ $L := 69\ mm$

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

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

$fe0d := fc0d$

$fed_talas := fe0d = 2,1952 \ \frac{kN}{cm^2}$

Determinação da Resistência por Prego Cravado:

Esforço Resistente por Plano de Corte das Talas "RVd1_talas":

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

$fyd := \frac{600 \ MPa}{1,1} = 54,5455 \ \frac{kN}{cm^2}$

$\beta_talas := \frac{tc_talas}{d} = 7,3529$

$\beta lim_talas := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_talas}} = 6,2309$

Como β_talas > βlim_talas ---> Modo de Falha: FLEXÃO PINO

$$R_{Vd1} = 0,625.\frac{d^2}{\beta_{lim}}.f_{yd}$$

$RVd1_talas := 0,625 \cdot \frac{d^2}{\beta lim_talas} \cdot fyd = 0,6325 \ kN$

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

$RVd1 := RVd1_talas = 0,6325 \ kN$

Esforço Resistente por Prego:

Os pregos instalados na ligação unindo apenas 2 peças cada um gerando portanto apenas 1 plano de corte por prego.

$n_planos := 1$

$RVd_prego := n_planos \cdot RVd1 = 0,6325 \ kN$

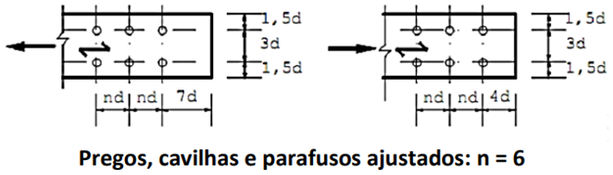
Cálculo da Quantidade de Pregos Necessários e Detalhamento da Ligação:

$N_pregos := \frac{Tsd}{RVd_prego} = 51,4644$

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

$N_pregos := 52$

--> Dada a cravação de topo desencontrada é possível instalar metade dos pregos em cada face, ou seja, 26 para cada face;



Pregos, cavilhas e parafusos ajustados: n = 6
pregos, cavilhas e parafusos não-ajustados: n = 4

* como é uma ligação ajustada (não é uma rótula) n = 6;

$6 \cdot d = 2,04 \ cm$ $\quad e1 := 2,5 \ cm$

$3 \cdot d = 1,02 \ cm$ $\quad e2 := 1,5 \ cm$

$4 \cdot d = 1,36 \ cm$ $\quad e3 := 1,5 \ cm$

$7 \cdot d = 2,38 \ cm$ $\quad e4 := 2,5 \ cm$

Detalhamento da Ligação:

