



DOCUMENTO	MEMÓRIA DE CÁLCULO	Local	Florianópolis - SC
ELABORADO POR	ENGº PAULO HENRIQUE		
DOCUMENTO Nº	23-DOC-03-ENG-REV04	DATA	05/08/2023

TÍTULO: MEMÓRIA DE CÁLCULO COBERTURA EM ESTRUTURA MADEIRA

CLIENTE: SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA - SEF

OBRA: COBERTURA EM ESTRUTURA DE MADEIRA

LOCAL: FLORIANÓPOLIS - SC

ENGENHEIRO: PAULO HENRIQUE RODRIGUES SANTOS

CREA : 1018469826D





1. INTRODUÇÃO.....	4
2. METODOLOGIA.....	4
3. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.	5
3.1. CARGAS ATUANTES.	5
3.2. APLICAÇÃO DAS CARGAS:	6
4. DEFORMAÇÃO DA ESTRUTURA.	6
4.1. Deformação e deslocamento:.....	6
5. VERIFICAÇÃO / Estrutural.	7
5.1. Cobertura 1.	7
5.2. Cobertura 2	43
5.3. Cobertura 3.	97
6. COMENTÁRIOS FINAIS.....	122

1. INTRODUÇÃO.

O presente relatório técnico tem como objetivo apresentar a memória de cálculo usada para elaboração do projeto estrutural para cobertura de uma edificação conforme imagem abaixo.



Figura 1- Planta de cobertura da edificação

2. METODOLOGIA.

2.1. A metodologia utilizada para a realização deste relatório de cálculo é embasado a partir de uma concepção estrutural adotada levantado as cargas atuantes na estruturas processada em um software de cálculo estrutura específico para estrutura de madeira, analisado e dimensionado. Sendo apresentado os resultados do programa de engenharia suas resistências mecânicas e deformações. Sendo utilizado como apoio os seguintes programas e normas. Cype3d (módulo de madeira 3d), programa que realiza análise e dimensionamento de estrutura madeira.

ABNT NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas;

ABNT NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificação;

ABNT NBR 6120 – Velocidade básica do vento.

ABNT NBR 8800:2008 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;

NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira

ABNT NBR 14762:2010 Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;

ABNT NBR 16775 - Estruturas de Aço, estruturas mistas, coberturas e fechamentos de aço;

3. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.

A concepção solicitada pela cliente foi de sistemas de cavaletes fixados em laje das estruturas 1 e 3, sendo a estrutura 2 fixada na estrutura existente. Sendo apresentado na sequência.

A madeira utilizada poderá ser uma dicotiledônea ou de outra espécies desde que a Classe de resistência C30 especificada pela tabela 9 da NBR 7190:1997.

Como se trata de vários tipos de águas no telhado será apresentado a análise por telhado sendo numerados de 1 a 3. Conforme podemos ver na imagem abaixo.



Figura 2- Numeração da cobertura

3.1. CARGAS ATUANTES.

Para a consideração das cargas foram considerados as seguintes cargas.

Sobre carga de norma: 25kgf/m².

Telha sanduiche tr 40 #0,43mm=15kgf/m²

Para esta situação o aconselhável é que seja definido a aplicação do vento via norma por arraste, que totaliza em 110kgf/m², sendo considerado pior hipótese de vento 0° conforme memória de cálculo em anexo.

3.2.APLICAÇÃO DAS CARGAS:

As cargas serão aplicadas em panos no decorrer de cada cobertura conforme podemos verificar na imagem abaixo.

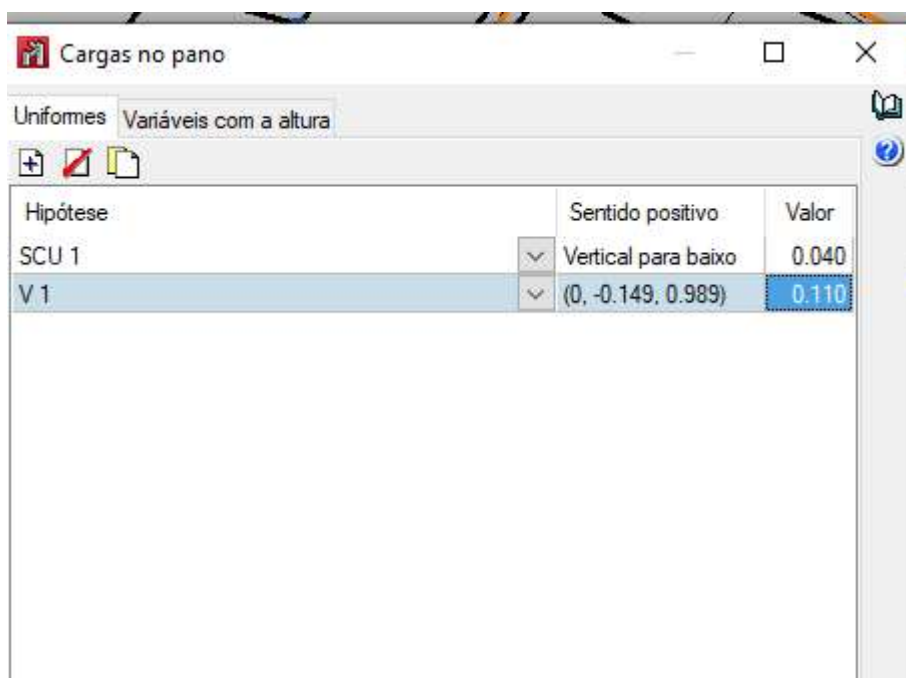


Figura 3- Aplicação das cargas na estrutura em panos.

4. DEFORMAÇÃO DA ESTRUTURA.

Para este item será apresentado a deformação por cobertura sendo apresentado uma deformação geral.

4.1. Deformação e deslocamento:

Para situações de deformação/deslocamento em vigas, iremos utilizar como apoio a tabela C.1 da NBR 7190. Que estabelece para esse tipo de estrutura ser

RUPP ENGENHARIA LTDA – CNPJ 45.385.131/0001-72
Avenida Washington Luiz, 1200, Centro, Dionísio Cerqueira/SC
E-mail: adm@ruppengenharia.com Fone: (49)9 9177-9340

considerado o “deslocamento em vigas de $L/250$ em terças de $L/180$, sendo o “L” o vão do perfil.

TABELA 3.18 Valores limites de deslocamentos verticais segundo a norma NBR 7190

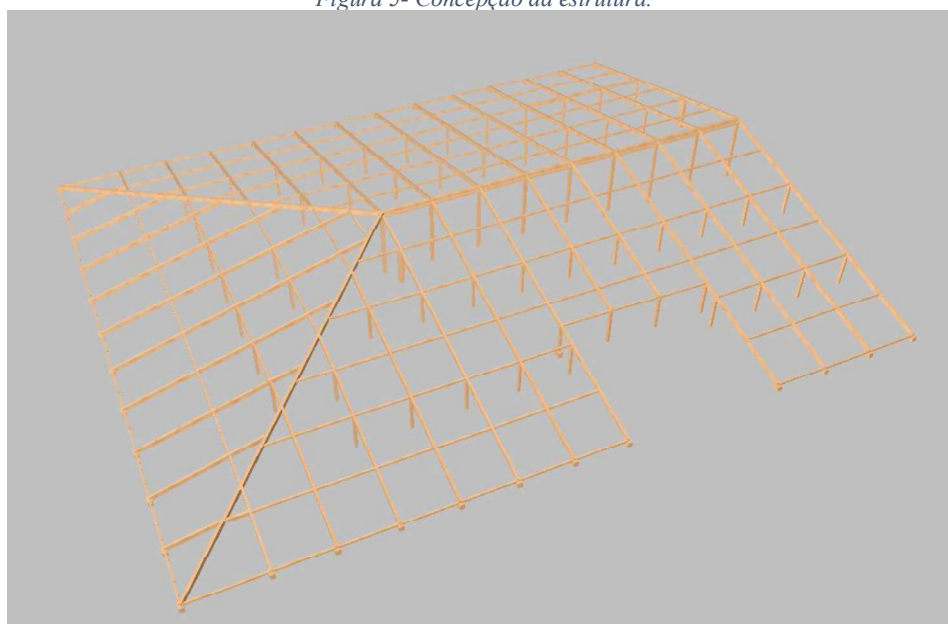
Ações a considerar		Deslocamentos calculados	Deslocamentos limites
Construções correntes	Permanentes + variáveis em combinação de longa duração	Em um vão ℓ entre apoios	$\frac{1}{200} \ell$
		Em balanço de vão ℓ_b	$\frac{1}{100} \ell_b$
Construções com materiais frágeis não-estruturais	Permanentes + variáveis em combinações de média ou curta duração	Em um vão ℓ entre apoios	$\frac{1}{350} \ell$
		Em balanço de vão ℓ_b	$\frac{1}{175} \ell_b$
	Variáveis em combinações de média ou curta duração	Em um vão ℓ entre apoios	$\frac{1}{300} \ell \leq 15 \text{ mm}$
		Em balanço de vão ℓ_b	$\frac{1}{150} \ell_b \leq 15 \text{ mm}$

Figura 4 - Deformação conforme NBR 7190

5. VERIFICAÇÃO / Estrutural.

5.1. Cobertura 1.

Figura 5- Concepção da estrutura.



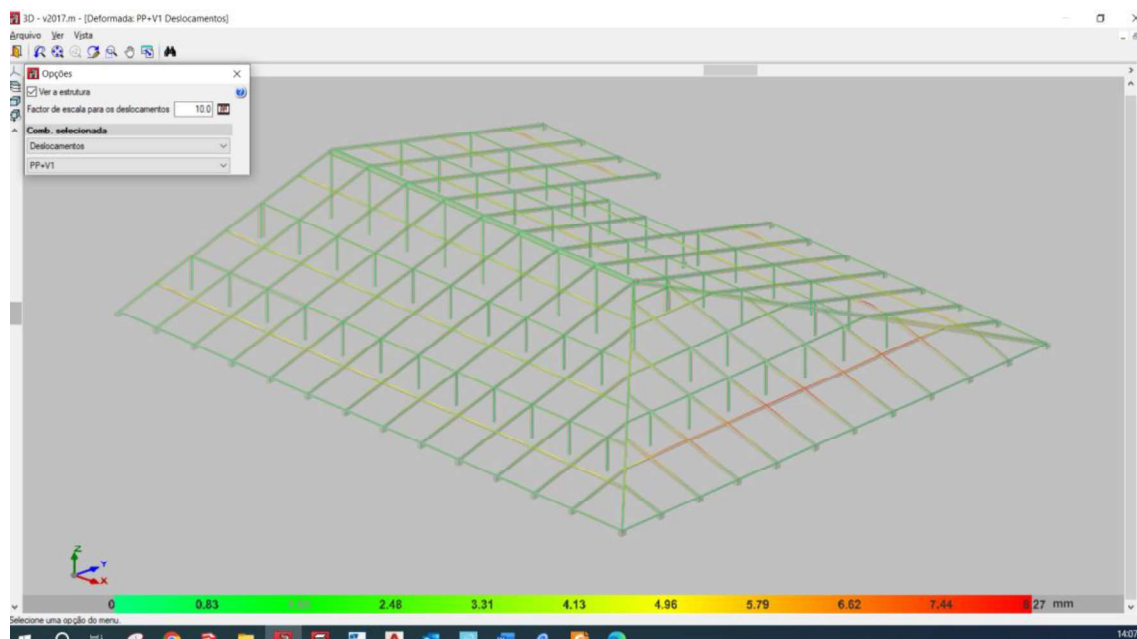


Figura 6 - Deslocamento obtido na cobertura para ação do vento

A vigota apresentou um deslocamento de 8,27mm sendo seu vão de 3,65m = Logo teremos $3,65/200 = 18,25\text{mm}$ aceitável, estando Ok.

Deslocamento da terço: Vão entre terços de 1,5m deslocamento máximo permitido ($1.50/200=7,5\text{mm}$ sendo OK)

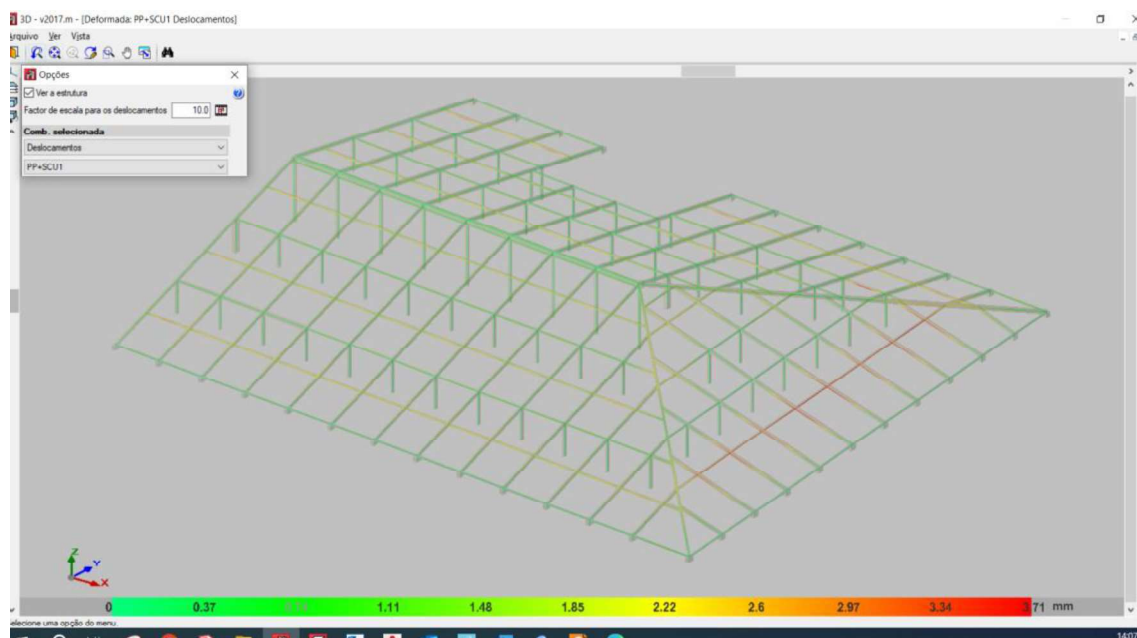


Figura 7- Deslocamento sobre carga



As duas condições atenderam a mínima apresentada na figura 6 estando abaixo das limites.

Resistência da estrutura.

Será apresentado a resistência da estrutura mostrando a situação mais crítica.

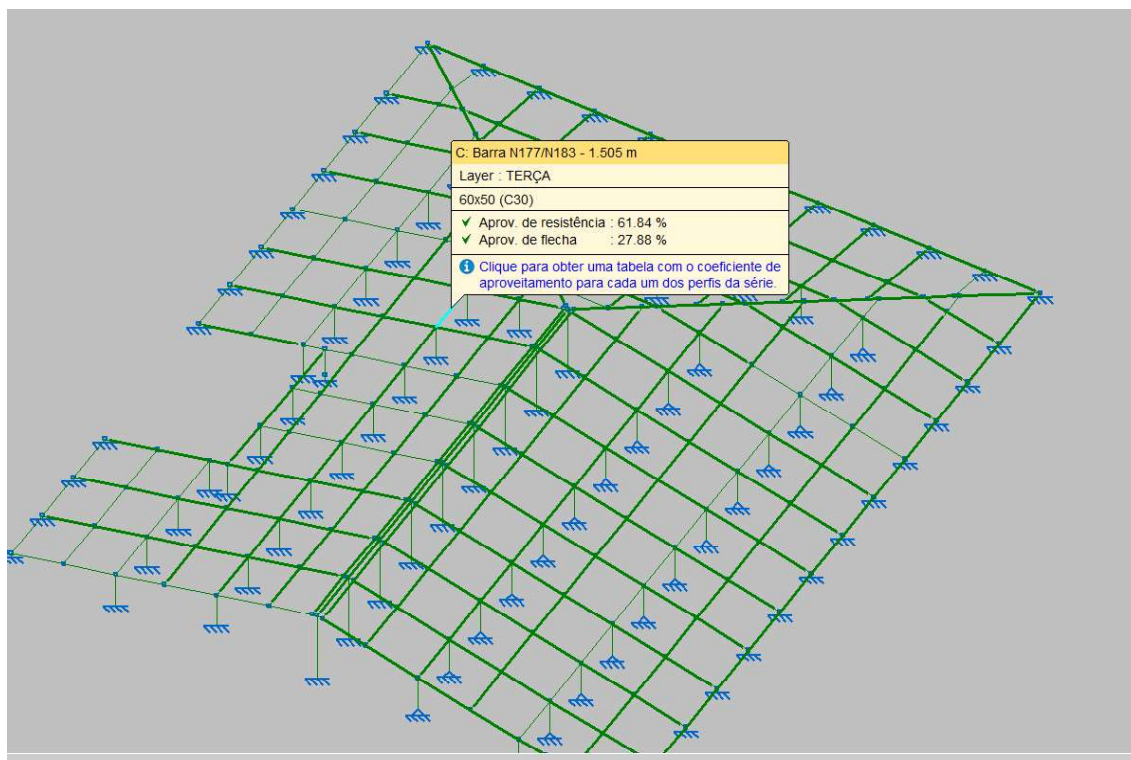


Figura 8 - Terça mais solicitada

Memória de cálculo gerada pelo programa de engenharia do elemento mais solicitado da estrutura (terça).



Perfil: 60x50							
Material: Madeira (C30)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N183	N196	1.503	30.00	90.00	62.50	123.60
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado						
	⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.503	1.503	0.000	0.000		
C ₁	-		1.000				
Notação:							
β: Coeficiente de flambagem							
L _K : Comprimento de flambagem (m)							
C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico							

NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira												Estado
Barra	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N183/N196	$\eta = 2.2$	$\eta = 5.5$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 51.2$	$x: 1.503\text{ m}$ $\eta = 15.3$	$x: 1.503\text{ m}$ $\eta = 10.0$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 39.7$	N.P. ⁽¹⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 60.0$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 62.2$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 41.0$	N.P. ⁽²⁾	
Notação: <i>$N_{t,0,d}$: Resistência à tração uniforme paralela à fibra</i> <i>$N_{c,0,d}$: Resistência à compressão uniforme paralela à fibra</i> <i>$M_{y,d}$: Resistência à flexão no eixo y</i> <i>$M_{z,d}$: Resistência à flexão no eixo z</i> <i>$V_{y,d}$: Resistência ao esforço cortante no eixo y</i> <i>$V_{z,d}$: Resistência ao esforço cortante no eixo z</i> <i>$M_{x,d}$: Resistência à torção</i> <i>$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão oblíqua</i> <i>$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão e tração axial combinadas</i> <i>$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão e compressão axial combinadas</i> <i>$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistência ao esforço cortante e torsor combinados</i> <i>x: Distância à origem da barra</i> <i>η: Coeficiente de aproveitamento (%)</i> <i>N.P.: Não procede</i>												
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.): ⁽¹⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor. ⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que a barra não está submetida a momento torsor nem a esforço cortante.												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.022 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

σ_{t,0,d}: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : 3.36 \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra $N_{t,0,d} : 0.101 \text{ t}$
 A : Área da seção transversal $A : 30.00 \text{ cm}^2$
 $f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por: $f_{t,0,d} : 152.58 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2) $k_{mod} : 0.90$
 k_h : Fator de altura, dado por: $k_h : 1.20$
Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração $h : 60.00 \text{ mm}$
 $f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra $f_{t,0,k} : 183.49 \text{ kgf/cm}^2$
 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material $\gamma_M : 1.30$

Resistência à compressão uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$\eta : 0.015$ ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$\eta : 0.040$ ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$\eta : 0.055$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : 1.68 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra $N_{c,0,d} : 0.050 \text{ t}$



A: Área da seção transversal $A : 30.00 \text{ cm}^2$
 $f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : 108.21 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.60$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$\gamma_M : 1.30$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2)

k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$k_{c,y} : 0.39$

$k_{c,z} : 0.28$

Onde:

$k_y : 1.72$

$k_z : 2.23$

Onde:

β_c : Fator associado à retilineidade das peças

$\beta_c : 0.20$

λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y} : 1.48$

$\lambda_{rel,z} : 1.78$

Onde:

$E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$E_{0,05} : 81549.44 \text{ kgf/cm}^2$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$

λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$\lambda_y : 86.79$

$\lambda_z : 104.15$

Onde:

L_k : Comprimento de flambagem da barra

$L_{k,y} : 1503.29 \text{ mm}$

$L_{k,z} : 1503.29 \text{ mm}$

i : Raio de giração

$i_y : 17.32 \text{ mm}$

$i_z : 14.43 \text{ mm}$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:



$$\eta : \underline{0.512} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N183, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{130.24} \quad \text{kgf/cm}^2$$
$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{61.24} \quad \text{kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{0.039} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{0.018} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{30.00} \quad \text{cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d}^+ : \underline{254.30} \quad \text{kgf/cm}^2$$

$$f_{m,y,d}^- : \underline{169.53} \quad \text{kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \underline{0.90}$$

$$k_{mod}^- : \underline{0.60}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe⁻ : *Permanente*

Classe de serviço

Classe : *2*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \quad \text{kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.20}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{60.00} \quad \text{mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \underline{0.153} \quad \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N196, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \frac{40.34}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,z,d}^- : \frac{2.51}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d}^+ : \frac{0.010}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{z,d}^- : \frac{0.001}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,z} : \frac{25.00}{\text{cm}^3}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,z,d}^+ : \frac{263.74}{\text{kgf/cm}^2}$$

$$f_{m,z,d}^- : \frac{175.83}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.90}{\text{---}}$$

$$k_{mod}^- : \frac{0.60}{\text{---}}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe⁻ : *Permanente*

Classe de serviço

Classe : *2*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \frac{305.81}{\text{kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \frac{1.25}{\text{---}}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \frac{50.00}{\text{mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\text{---}}$$

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.100} \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N196, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{2.81} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.038} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência ao esforço cortante no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.397} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N183, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{11.21} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.150} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**Resistência à torção** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.600} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.484} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N183, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{130.24} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{33.07} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.039} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.008} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{30.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{25.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{254.30} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{263.74} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.20}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.25}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistência à flexão e tração axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas



$$\eta : \underline{0.622} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.506} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N183, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d} : \underline{3.36} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.101} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{130.24} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{33.07} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.039} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.008} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{30.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{25.00} \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{152.58} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.20}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{60.00} \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{183.49} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{254.30} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{263.74} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.20}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.25}$$



Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

h : 60.00 mm

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

h : 50.00 mm

γ_m : Coeficiente parcial para as propriedades do material

γ_m : 1.30

k_m: Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

k_m : 0.70

Resistência à flexão e compressão axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N183, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

η : 0.370 ✓

η : 0.265 ✓

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

η : 0.410 ✓

η : 0.321 ✓

Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas



Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : 1.68 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$N_{c,0,d} : 0.050 \text{ t}$

A : Área da seção transversal

$A : 30.00 \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : 61.24 \text{ kgf/cm}^2$

$\sigma_{m,z,d} : 2.17 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$M_{y,d} : -0.018 \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : 0.001 \text{ t}\cdot\text{m}$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$W_{el,y} : 30.00 \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : 25.00 \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:

$f_{c,0,d} : 108.21 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.60$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$\gamma_M : 1.30$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$f_{m,y,d} : 169.53 \text{ kgf/cm}^2$

$f_{m,z,d} : 175.83 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.60$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$

k_h : Fator de altura, dado por:

$k_{h,y} : 1.20$

$k_{h,z} : 1.25$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$h : 60.00 \text{ mm}$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

h : 50.00 mm

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

γ_M : 1.30

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

k_m : 0.70

k_c : Fator de instabilidade

$k_{c,y}$: 0.39

$k_{c,z}$: 0.28

Resistência ao esforço cortante e torsor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que a barra não está submetida a momento torsor nem a esforço cortante.

Vigota mais solicitada

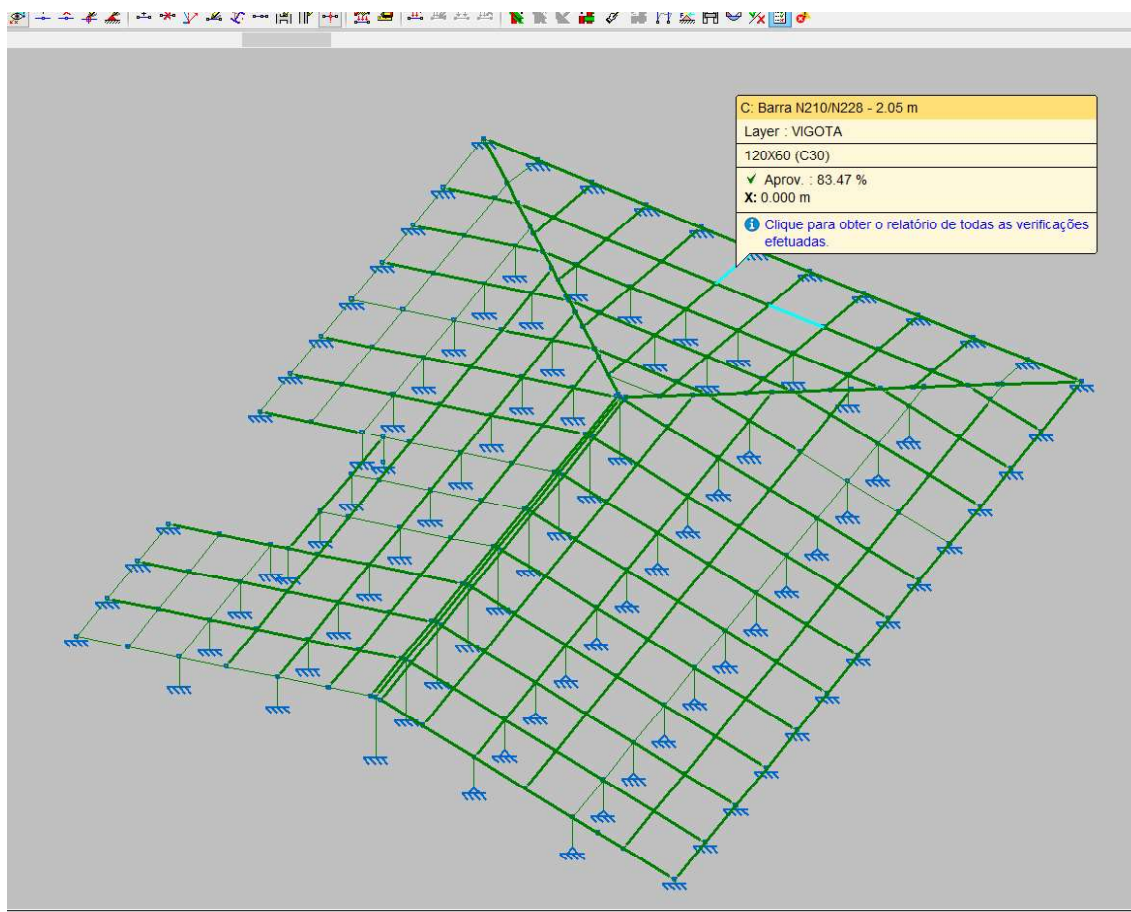
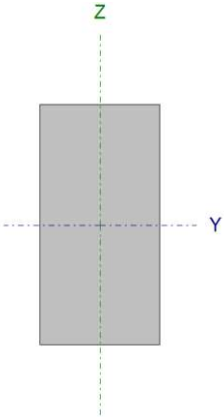


Figura 9 - Terça mais solicitada 97%

Memória de cálculo.

RUPP ENGENHARIA LTDA – CNPJ 45.385.131/0001-72
Avenida Washington Luiz, 1200, Centro, Dionísio Cerqueira/SC
E-mail: adm@ruppengineharia.com Fone: (49)9 9177-9340

**Perfil: 120X60****Material: Madeira (C30)**

	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N210	N228	2.050	72.00	864.00	216.00	593.57
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado						
	⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.76	0.00	0.00		
	L _K	2.050	3.600	0.000	0.000		
C ₁	-			1.000			
Notação:							
β: Coeficiente de flambagem							
L _K : Comprimento de flambagem (m)							
C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico							

NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira												Estado
Barra	N _{t,0,d}	N _{c,0,d}	M _{y,d}	M _{z,d}	V _{y,d}	V _{z,d}	M _{x,d}	M _{y,d} M _{z,d}	N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d}	
N210/N228	x: 2.05 m η = 0.4	x: 0 m η = 12.1	x: 0 m η = 74.2	x: 2.05 m η = 0.7	x: 2.05 m η = 0.2	x: 0 m η = 42.5	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 74.6	x: 1.845 m η = 28.3	x: 0 m η = 83.5	N.P. ⁽²⁾	
Notação: N _{t,0,d} : Resistência à tração uniforme paralela à fibra N _{c,0,d} : Resistência à compressão uniforme paralela à fibra M _{y,d} : Resistência à flexão no eixo y M _{z,d} : Resistência à flexão no eixo z V _{y,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo y V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo z M _{x,d} : Resistência à torção M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão oblíqua N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e tração axial combinadas N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e compressão axial combinadas M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante e torsião combinados x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.P.: Não procede												
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.): ⁽¹⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor. ⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que a barra não está submetida a momento torsor nem a esforço cortante.												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.004 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N228, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

 $\sigma_{t,0,d}$: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : 0.34 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

RUPP ENGENHARIA LTDA – CNPJ 45.385.131/0001-72
 Avenida Washington Luiz, 1200, Centro, Dionísio Cerqueira/SC
 E-mail: adm@ruppengenharia.com Fone: (49)9 9177-9340



$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra $N_{t,0,d} : 0.025 \text{ t}$
 A : Área da seção transversal $A : 72.00 \text{ cm}^2$
 $f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por: $f_{t,0,d} : 88.55 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.60$

k_h : Fator de altura, dado por:

$k_h : 1.05$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$h : 120.00 \text{ mm}$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$f_{t,0,k} : 183.49 \text{ kgf/cm}^2$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$\gamma_M : 1.30$

Resistência à compressão uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$\eta : 0.027$ ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$\eta : 0.095$ ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$\eta : 0.121$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações PP+1.05·SCU1+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : 4.34 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$N_{c,0,d} : 0.313 \text{ t}$



A: Área da seção transversal **A :** 72.00 cm²
f_{c,0,d}: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: **f_{c,0,d} :** 162.31 kgf/cm²

Onde:

k_{mod}: Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2) **k_{mod} :** 0.90
f_{c,0,k}: Resistência característica à compressão paralela à fibra **f_{c,0,k} :** 234.45 kgf/cm²
γ_M: Coeficiente parcial para as propriedades do material **γ_M :** 1.30

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2)

k_c: Fator de instabilidade, dado por: **k_{c,y} :** 0.28
k_{c,z} : 0.22

Onde:

k_y : 2.22
k_z : 2.71

Onde:

β_c: Fator associado à retilineidade das peças **β_c :** 0.20
λ_{rel,y}: Esbeltez relativa, dada por: **λ_{rel,y} :** 1.77
λ_{rel,z} : 2.02

Onde:

E_{0,05}: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra **E_{0,05} :** 81549.44 kgf/cm²
f_{c,0,k}: Resistência característica à compressão paralela à fibra **f_{c,0,k} :** 234.45 kgf/cm²
λ: Esbeltez mecânica, dada por: **λ_y :** 103.92
λ_z : 118.37

Onde:

L_k: Comprimento de flambagem da barra **L_{k,y} :** 3600.00 mm
L_{k,z} : 2050.15 mm
i: Raio de giração **i_y :** 34.64 mm
i_z : 17.32 mm

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

η : 0.742 ✓



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \frac{164.20}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,y,d}^- : \frac{76.60}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \frac{0.236}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{y,d}^- : \frac{0.110}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \frac{144.00}{\text{cm}^3}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d}^+ : \frac{221.38}{\text{kgf/cm}^2}$$

$$f_{m,y,d}^- : \frac{147.58}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.90}{\text{---}}$$

$$k_{mod}^- : \frac{0.60}{\text{---}}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe⁻ : *Permanente*

Classe de serviço

Classe : *2*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \frac{305.81}{\text{kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \frac{1.05}{\text{---}}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \frac{120.00}{\text{mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\text{---}}$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \frac{0.007}{\text{---}}$$





O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N228, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \frac{1.78}{0.72} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d} : \frac{0.001}{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,z} : \frac{72.00}{72.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,z,d}^+ : \frac{254.30}{169.53} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.90}{0.60}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe de serviço

Classe⁻ : *Permanente*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

Classe : *2*

k_h : Fator de altura, dado por:

$$f_{m,k} : \frac{305.81}{1.20} \text{ kgf/cm}^2$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

$$k_h : \frac{1.20}{1.20}$$

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \frac{60.00}{60.00} \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{1.30}$$

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N228, para a combinação de ações PP+1.5·V1.



Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : 0.05 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{v,d} : 0.001 \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : 72.00 \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : 0.67$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência ao esforço cortante no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.425 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : 12.00 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{z,d} : 0.386 \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : 72.00 \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : 0.67$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

RUPP ENGENHARIA LTDA – CNPJ 45.385.131/0001-72

Avenida Washington Luiz, 1200, Centro, Dionísio Cerqueira/SC

E-mail: adm@ruppenharia.com Fone: (49)9 9177-9340

**Resistência à flexão oblíqua** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.746} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.525} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

 $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{164.20} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{1.38} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.236} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{144.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{72.00} \text{ cm}^3$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{221.38} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{254.30} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 $f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.05}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.20}$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

 k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistência à flexão e tração axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas

$$\eta : \underline{0.283} \quad \checkmark$$



$$\eta : \underline{0.201} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 1.845 m do nó N210, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d} : \underline{0.27} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.020} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{72.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{41.03} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.58} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.059} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{144.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{72.00} \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{88.55} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.05}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{183.49} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{147.58} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{169.53} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$



k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.05$$

$$k_{h,z} : 1.20$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 120.00 \text{ mm}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

Resistência à flexão e compressão axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N210, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

$$\eta : 0.746 \checkmark$$

$$\eta : 0.525 \checkmark$$

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

$$\eta : 0.835 \checkmark$$

$$\eta : 0.638 \checkmark$$



Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : 4.07 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$N_{c,0,d} : 0.293 \text{ t}$

A : Área da seção transversal

$A : 72.00 \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : 164.20 \text{ kgf/cm}^2$

$\sigma_{m,z,d} : 1.38 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$M_{y,d} : 0.236 \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : 0.001 \text{ t}\cdot\text{m}$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$W_{el,y} : 144.00 \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : 72.00 \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : 162.31 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.90$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$\gamma_M : 1.30$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$f_{m,y,d} : 221.38 \text{ kgf/cm}^2$

$f_{m,z,d} : 254.30 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.90$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$

k_h : Fator de altura, dado por:

$k_{h,y} : 1.05$

$k_{h,z} : 1.20$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$h : 120.00 \text{ mm}$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

h : 60.00 mm

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

γ_M : 1.30

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

k_m : 0.70

k_c : Fator de instabilidade

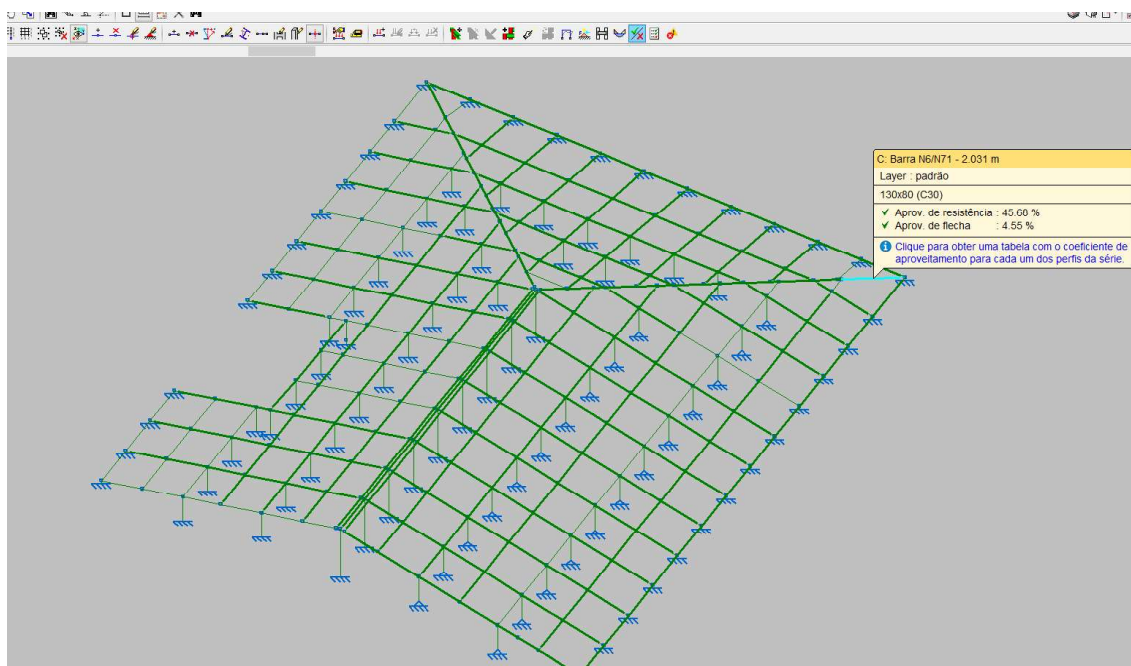
$k_{c,y}$: 0.28

$k_{c,z}$: 0.22

Resistência ao esforço cortante e torsor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que a barra não está submetida a momento torsor nem a esforço cortante.

Caibro mais solicitado



Memória de cálculo

**Perfil: 130x80****Material: Madeira (C30)**

Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
N6	N71	2.031	104.00	1464.67	554.67	1359.49
Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme						
	Flambagem		Flambagem lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Aba sup.	Aba inf.		
β	1.00	2.90	0.00	0.00		
L _K	2.031	5.900	0.000	0.000		
C ₁	-		1.000			
Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico						

Barra	NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira											Estado
	N _{t,0,d}	N _{c,0,d}	M _{y,d}	M _{z,d}	V _{y,d}	V _{z,d}	M _{x,d}	M _{y,d} M _{z,d}	N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d}	
N6/N71	x: 2.031 m η = 2.3	x: 0 m η = 26.2	x: 0 m η = 17.5	x: 2.031 m η = 3.9	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 9.0	η = 0.3	x: 0 m η = 19.5	x: 2.031 m η = 7.1	x: 0 m η = 45.7	x: 0 m η = 9.3	PASSA η = 45.7
Notação: N _{t,0,d} : Resistência à tração uniforme paralela à fibra N _{c,0,d} : Resistência à compressão uniforme paralela à fibra M _{y,d} : Resistência à flexão no eixo y M _{z,d} : Resistência à flexão no eixo z V _{y,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo y V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo z M _{x,d} : Resistência à torção M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão oblíqua N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e tração axial combinadas N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e compressão axial combinadas M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante e torsor combinados x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%)												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N71, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

σ_{t,0,d}: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{2.02} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

N_{t,0,d}: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.211} \text{ t}$$



A: Área da seção transversal **A :** 104.00 cm²
f_{t,0,d}: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por: **f_{t,0,d} :** 87.14 kgf/cm²

Onde:

k_{mod}: Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

k_{mod} : 0.60

k_h: Fator de altura, dado por:

k_h : 1.03

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

h : 130.00 mm

f_{t,0,k}: Resistência característica à tração paralela à fibra

f_{t,0,k} : 183.49 kgf/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para as propriedades do material

γ_M : 1.30

Resistência à compressão uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

η : 0.034 ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

η : 0.262 ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

η : 0.089 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

σ_{c,0,d}: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: **σ_{c,0,d} :** 5.48 kgf/cm²

Onde:

N_{c,0,d}: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

N_{c,0,d} : 0.570 t

A: Área da seção transversal

A : 104.00 cm²



$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{162.31} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2)

k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$$k_{c,y} : \underline{0.13}$$

$$k_{c,z} : \underline{0.38}$$

Onde:

$$k_y : \underline{4.34}$$

$$k_z : \underline{1.75}$$

Onde:

β_c : Fator associado à retilidade das peças

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{2.68}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.50}$$

Onde:

$E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$$E_{0,05} : \underline{81549.44} \text{ kgf/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{157.22}$$

$$\lambda_z : \underline{87.95}$$

Onde:

L_k : Comprimento de flambagem da barra

$$L_{k,y} : \underline{5900.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{2031.09} \text{ mm}$$

i : Raio de giração

$$i_y : \underline{37.53} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{23.09} \text{ mm}$$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \underline{0.175}$$





O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \frac{38.16}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,y,d}^- : \frac{20.68}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \frac{0.086}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{y,d}^- : \frac{0.047}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \frac{225.33}{\text{cm}^3}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d}^+ : \frac{217.86}{\text{kgf/cm}^2}$$

$$f_{m,y,d}^- : \frac{145.24}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.90}{\text{kgf/cm}^2}$$

$$k_{mod}^- : \frac{0.60}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe⁻ : *Permanente*

Classe de serviço

Classe : *2*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \frac{305.81}{\text{kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \frac{1.03}{\text{kgf/cm}^2}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \frac{130.00}{\text{mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\text{kgf/cm}^2}$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \frac{0.039}{\text{kgf/cm}^2}$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N71, para a combinação de ações PP+1.5·V1.



Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \frac{9.42}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,z,d}^- : \frac{5.03}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d}^+ : \frac{0.013}{\text{t}\cdot\text{m}}$$
$$M_{z,d}^- : \frac{0.007}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,z} : \frac{138.67}{\text{cm}^3}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,z,d}^+ : \frac{240.08}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$f_{m,z,d}^- : \frac{160.05}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.90}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$k_{mod}^- : \frac{0.60}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe de serviço

Classe⁻ : *Permanente*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \frac{305.81}{\text{kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \frac{1.13}{\text{kgf/cm}^2}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \frac{80.00}{\text{mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\text{kgf/cm}^2}$$

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \frac{0.36}{\text{kgf/cm}^2}$$

RUPP ENGENHARIA LTDA – CNPJ 45.385.131/0001-72
Avenida Washington Luiz, 1200, Centro, Dionísio Cerqueira/SC
E-mail: adm@ruppengenharia.com Fone: (49)9 9177-9340



Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo	$V_{v,d} : 0.017 \text{ t}$
A : Área da seção transversal	$A : 104.00 \text{ cm}^2$
k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras	$k_{cr} : 0.67$
$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:	$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} : 0.90$
$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante	$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M : 1.30$

Resistência ao esforço cortante no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.090 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:	$\tau_{z,d} : 2.53 \text{ kgf/cm}^2$
---	--------------------------------------

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo	$V_{z,d} : 0.118 \text{ t}$
A : Área da seção transversal	$A : 104.00 \text{ cm}^2$
k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras	$k_{cr} : 0.67$
$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:	$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} : 0.90$
$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante	$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M : 1.30$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

Deve satisfazer:



$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor} : \underline{201.76} \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.24}$$

Onde:

b_{max} : Largura maior da seção transversal

$$b_{max} : \underline{130.00} \text{ mm}$$

b_{min} : Largura menor da seção transversal

$$b_{min} : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.195} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.151} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

$\sigma_{m,y,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{38.16} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{6.90} \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : 0.086 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$M_{z,d} : 0.010 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : 225.33 \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : 138.67 \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : 217.86 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : 240.08 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.03$$

$$k_{h,z} : 1.13$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

Resistência à flexão e tração axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas

$$\eta : 0.069 \checkmark$$

$$\eta : 0.071 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N71, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : 2.02 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : 0.211 \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : 104.00 \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : 3.46 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : 5.03 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : 0.008 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : -0.007 \text{ t}\cdot\text{m}$$



$$\begin{aligned} W_{el} &: \text{Módulo resistente elástico da seção transversal} & W_{el,y} &: \underline{225.33 \text{ cm}^3} \\ f_{t,0,d} &: \text{Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} & W_{el,z} &: \underline{138.67 \text{ cm}^3} \\ & & f_{t,0,d} &: \underline{87.14 \text{ kgf/cm}^2} \end{aligned}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.03}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{130.00 \text{ mm}}$$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{183.49 \text{ kgf/cm}^2}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{145.24 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{160.05 \text{ kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81 \text{ kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.03}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.13}$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{130.00 \text{ mm}}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{80.00 \text{ mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistência à flexão e compressão axial combinadas** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.196} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.153} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.457} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.240} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{5.48} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.570} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{104.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{38.16} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{6.90} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.086} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.010} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{225.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{138.67} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : \underline{162.31} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$



$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra	$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M : 1.30$
$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:	$f_{m,y,d} : 217.86 \text{ kgf/cm}^2$
	$f_{m,z,d} : 240.08 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} : 0.90$
$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão	$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$
k_h : Fator de altura, dado por:	$k_{h,y} : 1.03$
	$k_{h,z} : 1.13$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração	$h : 130.00 \text{ mm}$
---	-------------------------

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração	$h : 80.00 \text{ mm}$
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M : 1.30$
k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal	$k_m : 0.70$
k_c : Fator de instabilidade	$k_{c,y} : 0.13$
	$k_{c,z} : 0.38$

Resistência ao esforço cortante e tissor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.015 \checkmark$$

$$\eta : 0.093 \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N6, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.36} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{2.53} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.017} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.118} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{104.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,y,d} : \underline{0.07} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{tor,z,d} : \underline{0.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor,y} : \underline{327.86} \text{ cm}^3$$

$$W_{tor,z} : \underline{201.76} \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.24}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

5.2. Cobertura 2

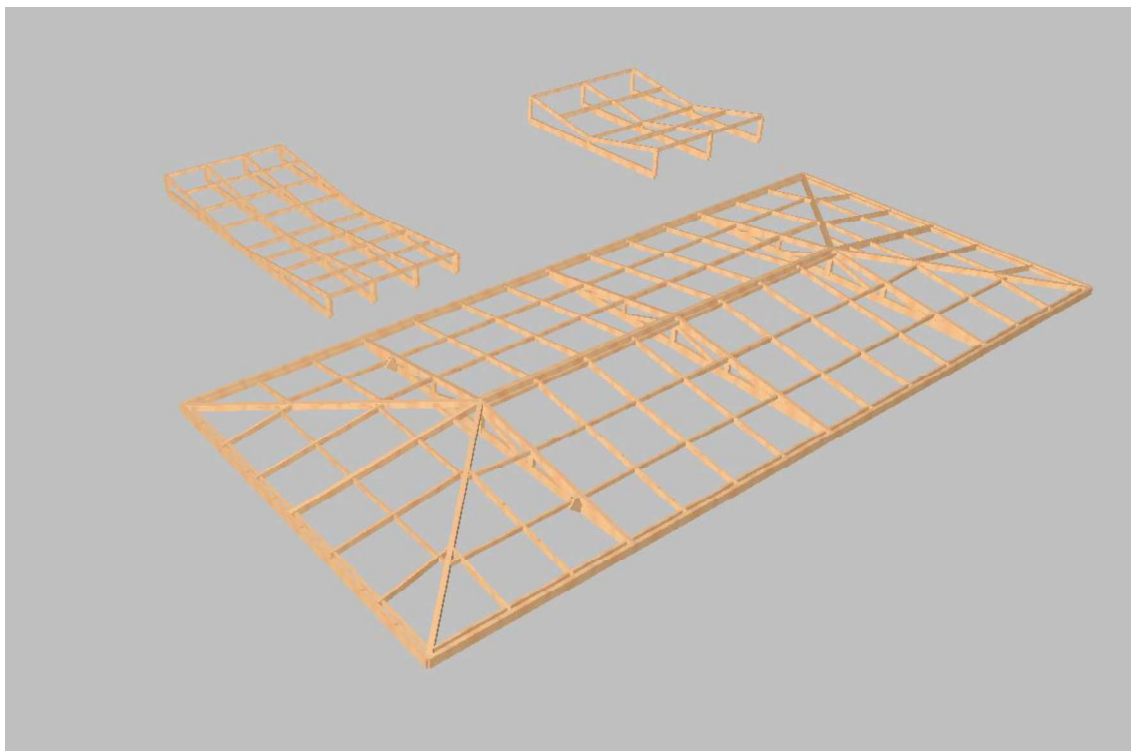


Figura 10- Estrutura cobertura 2

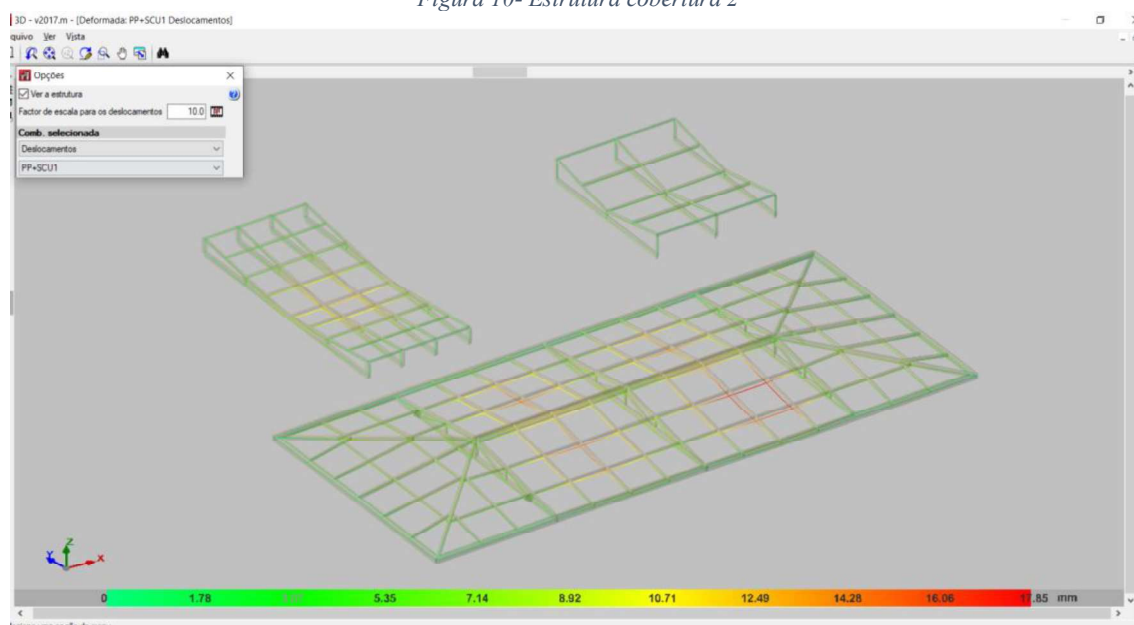


Figura 11- Deformação estrutura sobre carga

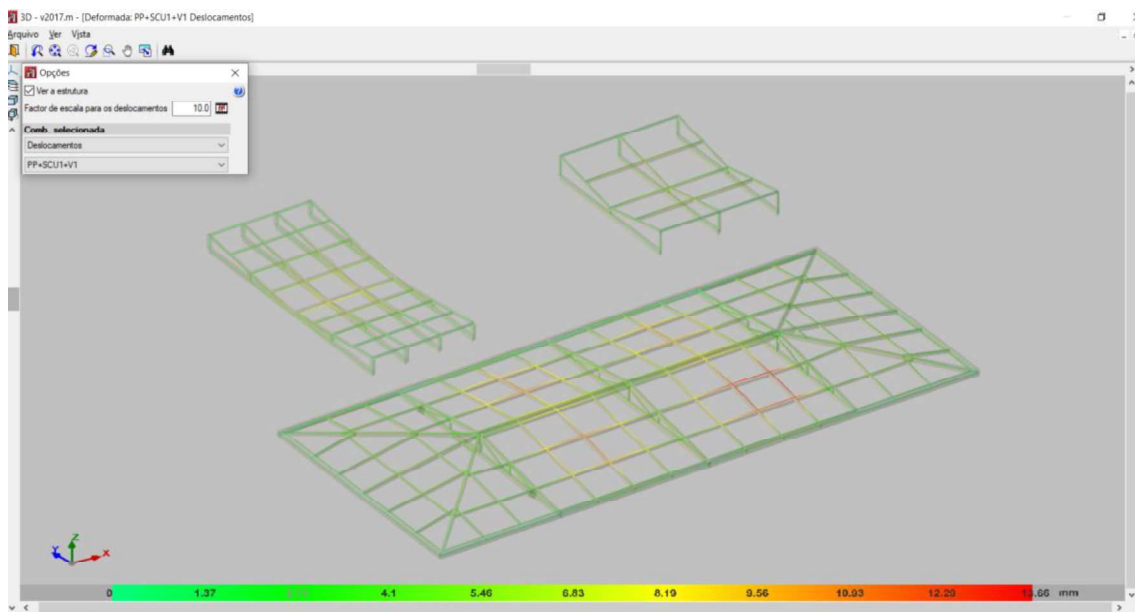


Figura 12-Deslocamento vento e sobrecarga

Para estas deformações podemos focar na cobertura de 4 águas que apresentaram deformações maiores que as coberturas menores

Deformação com aplicação da sobrecarga.

Terça entre tesouras vão de 5,4m logo temos que para essa situação teremos uma deformação admissível de $5400/200 = 27\text{mm}$ estando ok.

Para a vigota temos um vão de 4,4m logo temos que para esta situação teremos uma deformação admissível de $4400/200 = 22\text{mm}$ estando ok.

Abaixo irei apresentar para simplificar a representação o elemento mais solicitado da cobertura sendo dividido em terça, vigota, caibro.

Resistência terça mais solicitada.

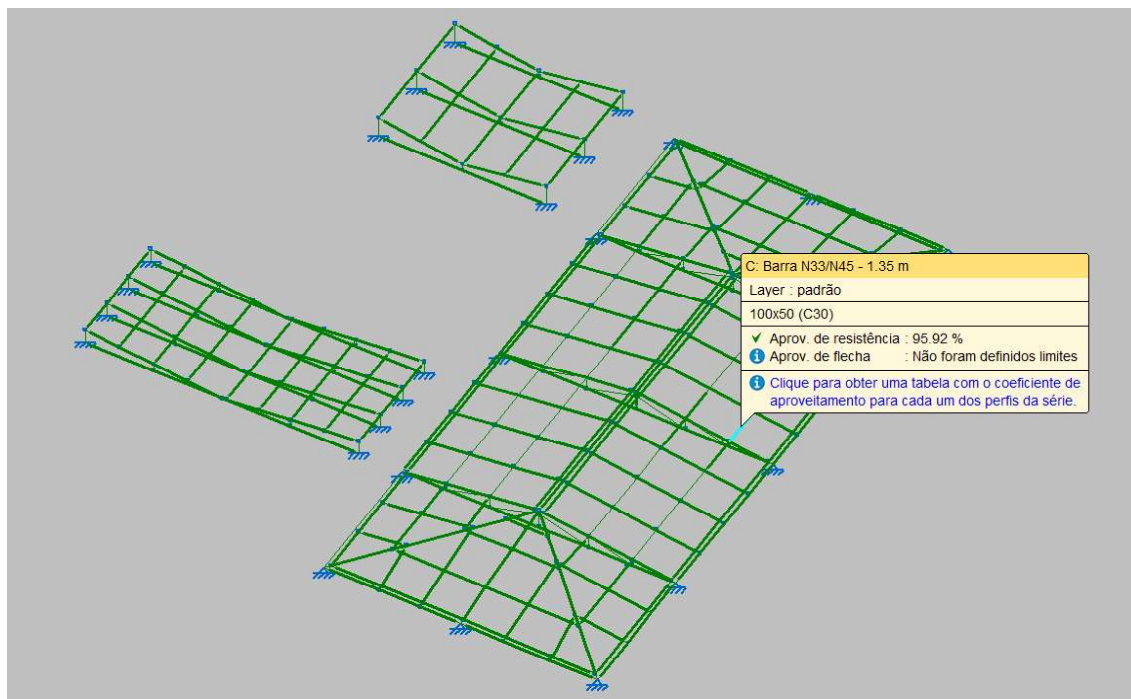
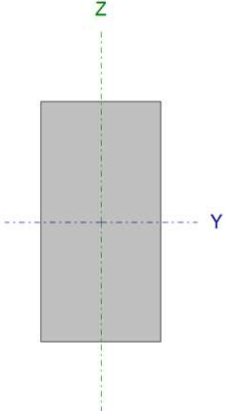


Figura 13 - Terça mais solicitada

Treliça de cobertura mais solicitada

Abaixo memória de cálculo.

Perfil: 100x50							
Material: Madeira (C30)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm⁴)
	N33	N45	1.350	50.00	416.67	104.17	286.25
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado						
	⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.350	1.350	0.000	0.000		
C ₁	-		1.000				
Notação:							
β: Coeficiente de flambagem							
L _K : Comprimento de flambagem (m)							
C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico							



Barra	NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira											Estado
	N _{t,0,d}	N _{c,0,d}	M _{y,d}	M _{z,d}	V _{y,d}	V _{z,d}	M _{x,d}	M _{y,d} M _{z,d}	N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d}	
N33/N45	η = 12.7	η = 28.7	x: 0 m η = 81.8	x: 1.35 m η = 11.1	x: 1.35 m η = 4.4	x: 0 m η = 35.9	η = 3.1	x: 0 m η = 83.2	x: 0 m η = 95.9	x: 0 m η = 79.2	x: 0 m η = 39.0	PASSA η = 95.9
Notação:												
N _{t,0,d} : Resistência à tração uniforme paralela à fibra												
N _{c,0,d} : Resistência à compressão uniforme paralela à fibra												
M _{y,d} : Resistência à flexão no eixo y												
M _{z,d} : Resistência à flexão no eixo z												
V _{y,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo y												
V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo z												
M _{x,d} : Resistência à torção												
M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão oblíqua												
N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e tração axial combinadas												
N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e compressão axial combinadas												
M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante e torsor combinados												
x: Distância à origem da barra												
η: Coeficiente de aproveitamento (%)												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.127} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\sigma_{t,0,d}: \text{Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{17.51} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.875} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{50.00} \text{ cm}^2$$

$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{137.76} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.08}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{183.49} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**Resistência à compressão uniforme paralela à fibra** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$$\eta : \underline{0.098} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$$\eta : \underline{0.118} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$$\eta : \underline{0.287} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

 $\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{10.57} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

 $N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.529} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{50.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{108.21} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

 $f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2) k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$$k_{c,y} : \underline{0.83}$$

$$k_{c,z} : \underline{0.34}$$

Onde:

$$k_y : \underline{0.87}$$

$$k_z : \underline{1.90}$$



Onde:

 β_c : Fator associado à retilidade das peças

$$\beta_c : 0.20$$

 λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : 0.80$$

$$\lambda_{rel,z} : 1.60$$

Onde:

 $E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$$E_{0,05} : 81549.44 \text{ kgf/cm}^2$$

 $f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$$

 λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$$\lambda_y : 46.77$$

$$\lambda_z : 93.53$$

Onde:

 L_k : Comprimento de flambagem da barra

$$L_{k,y} : 1350.00 \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : 1350.00 \text{ mm}$$

 i : Raio de giração

$$i_y : 28.87 \text{ mm}$$

$$i_z : 14.43 \text{ mm}$$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : 0.818 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N33, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão: $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d^+} : 187.86 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d^-} : 97.31 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d^+} : 0.157 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : 0.081 \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : 83.33 \text{ cm}^3$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d^+} : 229.60 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,y,d^-} : 153.07 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:



k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : 0.90$$
$$k_{mod}^- : 0.60$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe⁻ : *Permanente*

Classe de serviço

Classe : 2

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : 1.08$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 100.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : 0.111 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N45, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : 12.19 \text{ kgf/cm}^2$$
$$\sigma_{m,z,d}^- : 29.35 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d: Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d}^+ : 0.005 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d}^- : 0.012 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el}: Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,z} : 41.67 \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,z,d}^+ : 175.83 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d}^- : 263.74 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$$k_{mod}^+ : 0.60$$



k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

k_{mod} : 0.90

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : Permanente

Classe⁻ : Curta duração

Classe de serviço

Classe : 2

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$f_{m,k}$: 305.81 kgf/cm²

k_h : Fator de altura, dado por:

k_h : 1.25

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

h : 50.00 mm

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

γ_M : 1.30

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

η : 0.044 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N45, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_{d} : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: 1.25 kgf/cm²

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.028 t

A : Área da seção transversal

A : 50.00 cm²

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$f_{v,d}$: 28.23 kgf/cm²

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

k_{mod} : 0.90

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$f_{v,k}$: 40.77 kgf/cm²

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

γ_M : 1.30

**Resistência ao esforço cortante no eixo z** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.359} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N33, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

 τ_{d} : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{10.14} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.226} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{50.00} \text{ cm}^2$$

 k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 $f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.031} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

 $\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{1.12} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 $M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor} : \underline{64.00} \text{ cm}^3$$

 k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.30}$$

Onde:



$b_{\max}$: Largura maior da seção transversal	$b_{\max}$: <u>100.00</u> mm
$b_{\min}$: Largura menor da seção transversal	$b_{\min}$: <u>50.00</u> mm
$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:	$f_{v,d}$: <u>28.23</u> kgf/cm ²

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	k_{mod} : <u>0.90</u>
$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante	$f_{v,k}$: <u>40.77</u> kgf/cm ²
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.832} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.593} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N33, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:	$\sigma_{m,y,d}$: <u>187.86</u> kgf/cm ²
	$\sigma_{m,z,d}$: <u>5.24</u> kgf/cm ²

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo	$M_{y,d}$: <u>0.157</u> t·m
	$M_{z,d}$: <u>0.002</u> t·m
W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal	$W_{el,y}$: <u>83.33</u> cm ³
	$W_{el,z}$: <u>41.67</u> cm ³
$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:	$f_{m,y,d}$: <u>229.60</u> kgf/cm ²
	$f_{m,z,d}$: <u>263.74</u> kgf/cm ²

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	k_{mod} : <u>0.90</u>
$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão	$f_{m,k}$: <u>305.81</u> kgf/cm ²
k_h : Fator de altura, dado por:	$k_{h,y}$: <u>1.08</u>
	$k_{h,z}$: <u>1.25</u>
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	γ_M : <u>1.30</u>
k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal	k_m : <u>0.70</u>

**Resistência à flexão e tração axial combinadas** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas

$$\eta : \underline{0.959} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.720} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N33, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\sigma_{t,0,d}: \text{Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{17.51} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 $N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.875} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{50.00} \text{ cm}^2$$

 $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{187.86} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{5.24} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.157} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$M_{z,d} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{83.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{41.67} \text{ cm}^3$$

 $f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{137.76} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.08}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

 h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

 $f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{183.49} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{229.60} \text{ kgf/cm}^2$$



$$f_{m,z,d} : \underline{263.74 \text{ kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81 \text{ kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.08}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.25}$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{100.00 \text{ mm}}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{50.00 \text{ mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistência à flexão e compressão axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N33, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.683} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.509} \checkmark$$

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.792} \checkmark$$



$$\eta : \underline{0.787} \checkmark$$

Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{10.57} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.529} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{50.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{97.31} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{9.54} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-0.081} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{83.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{41.67} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : \underline{108.21} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{153.07} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{175.83} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.08}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.25}$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:



h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 100.00 \text{ mm}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 50.00 \text{ mm}$$

γ_m : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_m : 1.30$$

k_m: Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

k_c: Fator de instabilidade

$$k_{c,y} : 0.83$$

$$k_{c,z} : 0.34$$

Resistência ao esforço cortante e torsor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.026 \checkmark$$

$$\eta : 0.390 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N33, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : 0.29 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : 10.14 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d: Esforço cortante de cálculo

$$V_{y,d} : 0.006 \text{ t}$$

$$V_{z,d} : 0.226 \text{ t}$$

A: Área da seção transversal

$$A : 50.00 \text{ cm}^2$$

k_{cr}: Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : 0.67$$

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,y,d} : 0.56 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{tor,z,d} : 1.12 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_{x,d}: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : 0.001 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor}: Módulo resistente à torção

$$W_{tor,y} : 128.00 \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção
 $f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\begin{aligned} W_{tor,z} &: 64.00 \text{ cm}^3 \\ k_{shape} &: 1.30 \\ f_{v,d} &: 28.23 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\begin{aligned} k_{mod} &: 0.90 \\ f_{v,k} &: 40.77 \text{ kgf/cm}^2 \\ \gamma_M &: 1.30 \end{aligned}$$

Perfil mais solicitado das vigotas

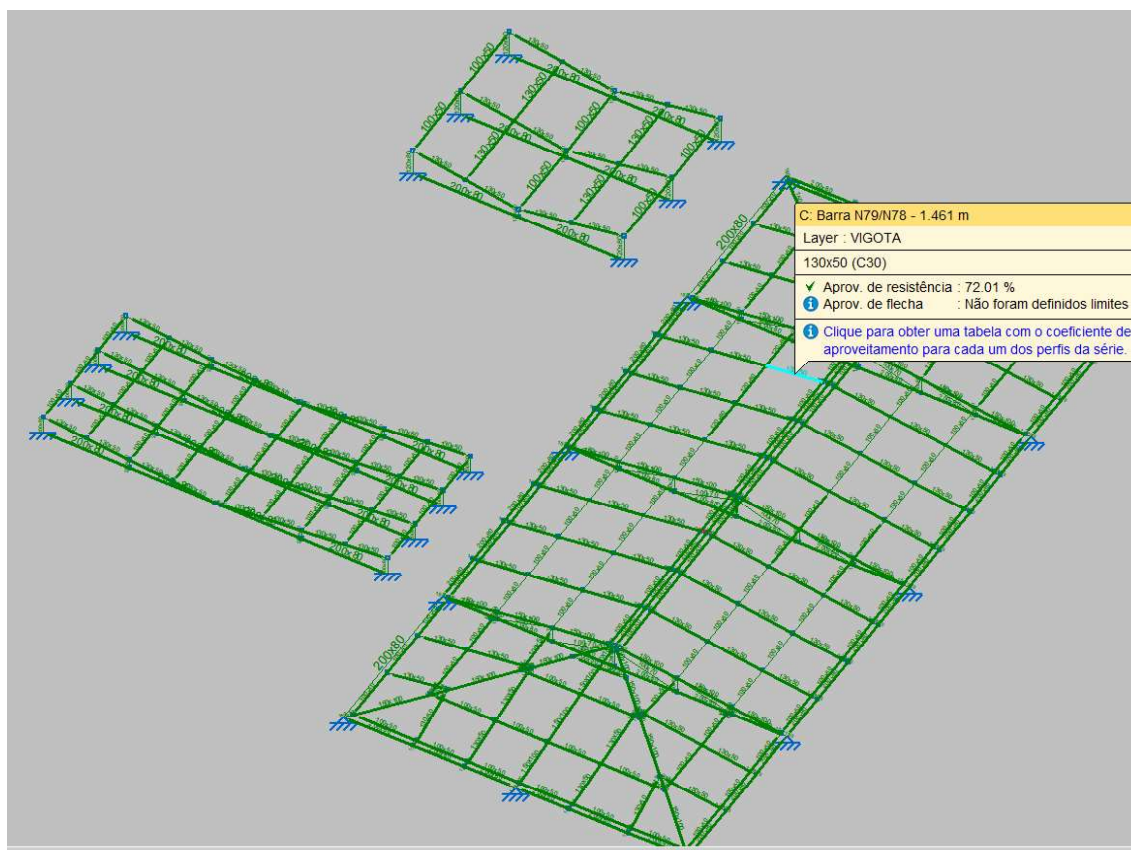


Figura 14 - Perfil mais solicitado

Abaixo memória de cálculo.



Perfil: 130x50 Material: Madeira (C30)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm⁴)
	N79	N78	1.461	65.00	915.42	135.42	405.28
	Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.		Aba inf.	
	β	1.00	3.22	0.00		0.00	
	L _K	1.461	4.700	0.000		0.000	
	C ₁	-			1.000		
	Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico						

Barra	NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira											Estado
	N _{t,0,d}	N _{c,0,d}	M _{y,d}	M _{z,d}	V _{y,d}	V _{z,d}	M _{x,d}	M _{y,d} M _{z,d}	N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d}	
N79/N78	x: 1.461 m η = 2.0	x: 0 m η = 4.0	x: 1.461 m η = 66.3	x: 0 m η = 5.7	η = 1.3	x: 0 m η = 24.1	η = 3.2	x: 1.461 m η = 70.0	x: 1.461 m η = 72.0	x: 1.461 m η = 58.6	x: 0 m η = 27.4	PASSA η = 72.0
Notação: N _{t,0,d} : Resistência à tração uniforme paralela à fibra N _{c,0,d} : Resistência à compressão uniforme paralela à fibra M _{y,d} : Resistência à flexão no eixo y M _{z,d} : Resistência à flexão no eixo z V _{y,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo y V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo z M _{x,d} : Resistência à torção M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão oblíqua N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e tração axial combinadas N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e compressão axial combinadas M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante e torsor combinados x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%)												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\sigma_{t,0,d} : \text{Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{2.68} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

N_{t,0,d}: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$\mathbf{N_{t,0,d}} : \underline{0.174} \text{ t}$$

A: Área da seção transversal

$$\mathbf{A} : \underline{65.00} \text{ cm}^2$$



$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por: $f_{t,0,d} : 130.72 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.90$

k_h : Fator de altura, dado por:

$k_h : 1.03$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$h : 130.00 \text{ mm}$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$f_{t,0,k} : 183.49 \text{ kgf/cm}^2$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$\gamma_M : 1.30$

Resistência à compressão uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$\eta : 0.008$ ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$\eta : 0.040$ ✓

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$\eta : 0.027$ ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N79, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : 0.87 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$N_{c,0,d} : 0.056 \text{ t}$

A : Área da seção transversal

$A : 65.00 \text{ cm}^2$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:

$f_{c,0,d} : 108.21 \text{ kgf/cm}^2$



Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.60$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2)

k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$$k_{c,y} : 0.20$$

$$k_{c,z} : 0.29$$

Onde:

$$k_y : 2.97$$

$$k_z : 2.14$$

Onde:

β_c : Fator associado à retilineidade das peças

$$\beta_c : 0.20$$

λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : 2.14$$

$$\lambda_{rel,z} : 1.73$$

Onde:

$E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$$E_{0,05} : 81549.44 \text{ kgf/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$$

λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$$\lambda_y : 125.24$$

$$\lambda_z : 101.23$$

Onde:

L_k : Comprimento de flambagem da barra

$$L_{k,y} : 4700.00 \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : 1461.07 \text{ mm}$$

i : Raio de giração

$$i_y : 37.53 \text{ mm}$$

$$i_z : 14.43 \text{ mm}$$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : 0.663$$





O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \frac{144.40}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,y,d}^- : \frac{74.69}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \frac{0.203}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{y,d}^- : \frac{0.105}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \frac{140.83}{\text{cm}^3}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d}^+ : \frac{217.86}{\text{kgf/cm}^2}$$

$$f_{m,y,d}^- : \frac{145.24}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.90}{\text{kgf/cm}^2}$$

$$k_{mod}^- : \frac{0.60}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe⁻ : *Permanente*

Classe de serviço

Classe : *2*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \frac{305.81}{\text{kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \frac{1.03}{\text{kgf/cm}^2}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \frac{130.00}{\text{mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\text{kgf/cm}^2}$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \frac{0.057}{\text{kgf/cm}^2}$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N79, para a combinação de ações PP+1.5.V1.



Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \frac{8.84}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,z,d}^- : \frac{15.03}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d}^+ : \frac{0.005}{\text{t}\cdot\text{m}}$$
$$M_{z,d}^- : \frac{0.008}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,z} : \frac{54.17}{\text{cm}^3}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,z,d}^+ : \frac{175.83}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$f_{m,z,d}^- : \frac{263.74}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.60}{\text{---}}$$
$$k_{mod}^- : \frac{0.90}{\text{---}}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : Permanente

Classe de serviço

Classe⁻ : Curta duração

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \frac{305.81}{\text{kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \frac{1.25}{\text{---}}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \frac{50.00}{\text{mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\text{---}}$$

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.013} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \frac{0.37}{\text{kgf/cm}^2}$$

RUPP ENGENHARIA LTDA – CNPJ 45.385.131/0001-72
Avenida Washington Luiz, 1200, Centro, Dionísio Cerqueira/SC
E-mail: adm@ruppengenharia.com Fone: (49)9 9177-9340



Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo	$V_{v,d} : 0.011 \text{ t}$
A : Área da seção transversal	$A : 65.00 \text{ cm}^2$
k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras	$k_{cr} : 0.67$
$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:	$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} : 0.90$
$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante	$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M : 1.30$

Resistência ao esforço cortante no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.241 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N79, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:	$\tau_{z,d} : 6.81 \text{ kgf/cm}^2$
---	--------------------------------------

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo	$V_{z,d} : 0.198 \text{ t}$
A : Área da seção transversal	$A : 65.00 \text{ cm}^2$
k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras	$k_{cr} : 0.67$
$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:	$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} : 0.90$
$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante	$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M : 1.30$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

Deve satisfazer:



$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{1.27} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor} : \underline{88.01} \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.39}$$

Onde:

b_{max} : Largura maior da seção transversal

$$b_{max} : \underline{130.00} \text{ mm}$$

b_{min} : Largura menor da seção transversal

$$b_{min} : \underline{50.00} \text{ mm}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.700} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.517} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{m,y,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{144.40} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{13.89} \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : 0.203 \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$M_{z,d} : 0.008 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : 140.83 \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : 54.17 \text{ cm}^3$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : 217.86 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : 263.74 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

 $f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.03$$

$$k_{h,z} : 1.25$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

 k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

Resistência à flexão e tração axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas

$$\eta : 0.720 \checkmark$$

$$\eta : 0.537 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

 $\sigma_{t,0,d}$: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : 2.68 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 $N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : 0.174 \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : 65.00 \text{ cm}^2$$

 $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : 144.40 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : 13.89 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : 0.203 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : 0.008 \text{ t}\cdot\text{m}$$



W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{140.83 \text{ cm}^3}$$

$$W_{el,z} : \underline{54.17 \text{ cm}^3}$$

$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{130.72 \text{ kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.03}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{130.00 \text{ mm}}$$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{183.49 \text{ kgf/cm}^2}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{217.86 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{263.74 \text{ kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81 \text{ kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.03}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.25}$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{130.00 \text{ mm}}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{50.00 \text{ mm}}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

**Resistência à flexão e compressão axial combinadas** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.547} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.407} \checkmark$$

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.586} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.433} \checkmark$$

Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.85} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.056} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{65.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{74.69} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{8.17} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-0.105} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{140.83} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{54.17} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : \underline{108.21} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:



k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} :$ <u>0.60</u>
$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra	$f_{c,0,k} :$ <u>234.45</u> kgf/cm ²
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M :$ <u>1.30</u>
$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:	$f_{m,y,d} :$ <u>145.24</u> kgf/cm ²
	$f_{m,z,d} :$ <u>175.83</u> kgf/cm ²

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} :$ <u>0.60</u>
$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão	$f_{m,k} :$ <u>305.81</u> kgf/cm ²
k_h : Fator de altura, dado por:	$k_{h,y} :$ <u>1.03</u>
	$k_{h,z} :$ <u>1.25</u>

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração	$h :$ <u>130.00</u> mm
---	------------------------

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração	$h :$ <u>50.00</u> mm
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M :$ <u>1.30</u>
k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal	$k_m :$ <u>0.70</u>
k_c : Fator de instabilidade	$k_{c,y} :$ <u>0.20</u>
	$k_{c,z} :$ <u>0.29</u>

Resistência ao esforço cortante e torsor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.274} \quad \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N79, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.37} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{6.81} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.011} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.198} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{65.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,y,d} : \underline{0.49} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{tor,z,d} : \underline{1.27} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.001} \text{ t.m}$$

W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor,y} : \underline{228.83} \text{ cm}^3$$

$$W_{tor,z} : \underline{88.01} \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.39}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Elemento da tesoura mais solicitado

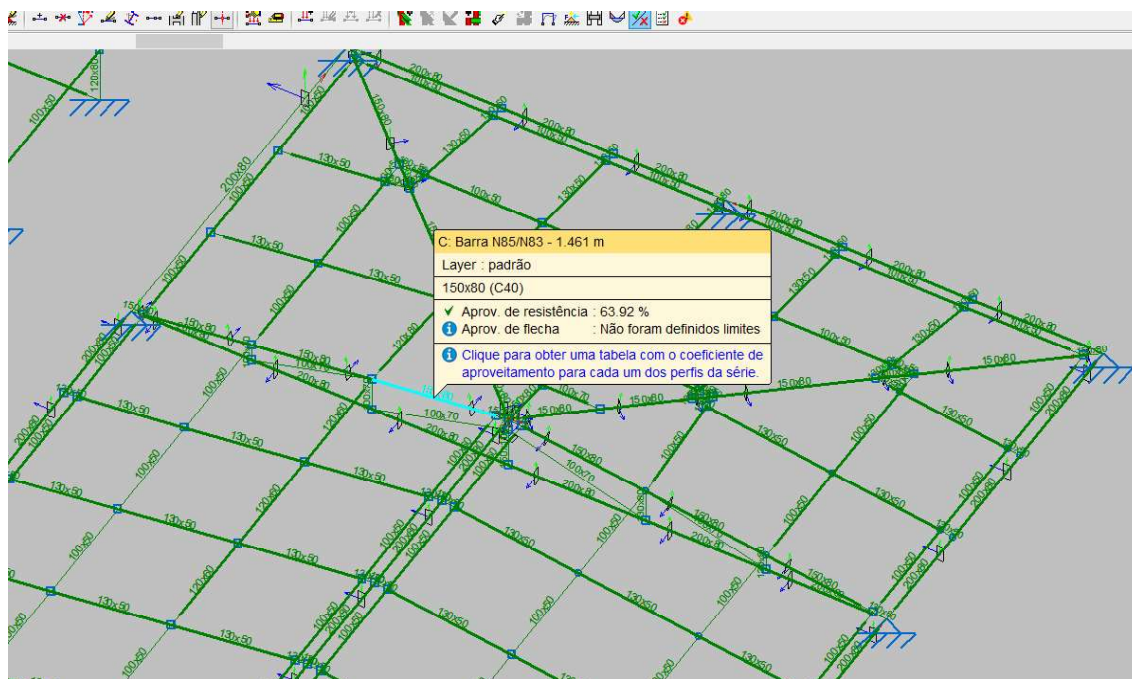
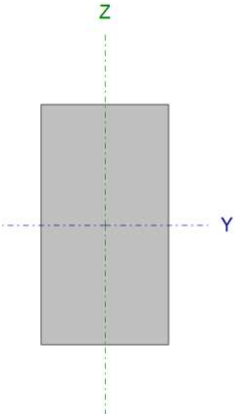


Figura 15 - Elemento da tesoura de madeira mais carregado

Memória de cálculo

Perfil: 150x80							
Material: Madeira (C40)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _v ⁽¹⁾ (cm4)	I _z ⁽¹⁾ (cm4)	I _t ⁽²⁾ (cm4)
	N85	N83	1.461	120.00	2250.00	640.00	1695.36
	Notas:						
	(1) Inércia em relação ao eixo indicado						
	(2) Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem			Flambagem lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.461	1.461	0.000	0.000		
C ₁	-			1.000			
Notação:							
β: Coeficiente de flambagem							
L _K : Comprimento de flambagem (m)							
C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico							

Barra	NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira											Estado
	N _{t,0,d}	N _{c,0,d}	M _{v,d}	M _{z,d}	V _{v,d}	V _{z,d}	M _{x,d}	M _{v,d} M _{z,d}	N _{t,0,d} M _{v,d} M _{z,d}	N _{c,0,d} M _{v,d} M _{z,d}	M _{x,d} V _{v,d} V _{z,d}	
N85/N83	x: 1.461 m η = 37.9	x: 0 m η = 50.8	x: 0 m η = 14.4	x: 1.461 m η = 6.4	η = 2.3	x: 1.461 m η = 12.6	η = 3.1	x: 0 m η = 16.9	x: 1.461 m η = 54.3	x: 1.461 m η = 63.9	x: 1.461 m η = 15.7	PASSA η = 63.9



Barra	NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira											Estado
	N _{t,0,d}	N _{c,0,d}	M _{y,d}	M _{z,d}	V _{y,d}	V _{z,d}	M _{x,d}	M _{y,d} M _{z,d}	N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d}	
Notação:												
N _{t,0,d} : Resistência à tração uniforme paralela à fibra												
N _{c,0,d} : Resistência à compressão uniforme paralela à fibra												
M _{y,d} : Resistência à flexão no eixo y												
M _{z,d} : Resistência à flexão no eixo z												
V _{y,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo y												
V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo z												
M _{x,d} : Resistência à torção												
M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão oblíqua												
N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e tração axial combinadas												
N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e compressão axial combinadas												
M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante e torsor combinados												
x: Distância à origem da barra												
η: Coeficiente de aproveitamento (%)												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.379} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N83, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\sigma_{t,0,d} : \text{Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{64.21} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 $N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{7.705} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{120.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{169.37} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

 h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{150.00} \text{ mm}$$

 $f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{244.65} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à compressão uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)



Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$$\eta : \underline{0.328} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$$\eta : \underline{0.353} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$$\eta : \underline{0.508} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N85, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{40.11} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{4.813} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{120.00} \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{122.32} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{265.04} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2)

k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$$k_{c,y} : \underline{0.93}$$

$$k_{c,z} : \underline{0.65}$$

Onde:

$$k_y : \underline{0.69}$$

$$k_z : \underline{1.14}$$

Onde:

β_c : Fator associado à retilineidade das peças

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

$\lambda_{rel,y}$: Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.56}$$



$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.06}$$

Onde:

$E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$$E_{0,05} : \underline{95820.59} \text{ kgf/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{265.04} \text{ kgf/cm}^2$$

λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{33.74}$$

$$\lambda_z : \underline{63.27}$$

Onde:

L_k : Comprimento de flambagem da barra

$$L_{k,y} : \underline{1461.07} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{1461.07} \text{ mm}$$

i : Raio de giração

$$i_y : \underline{43.30} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{23.09} \text{ mm}$$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \underline{0.144}$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N85, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \underline{24.25} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d}^- : \underline{40.71} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \underline{0.073} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d}^- : \underline{0.122} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{300.00} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d}^+ : \underline{188.19} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,y,d}^- : \underline{282.29} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \underline{0.60}$$

$$k_{mod}^- : \underline{0.90}$$

Onde:



Classe de duração da carga	Classe⁺ : <u>Permanente</u>
	Classe⁻ : <u>Curta duração</u>
Classe de serviço	Classe : <u>2</u>
f_{m,k} : Resistência característica à flexão	f_{m,k} : <u>407.75</u> kgf/cm ²
k_h : Fator de altura, dado por: Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:	k_h : <u>1.00</u>
Onde:	
h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração	h : <u>150.00</u> mm
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	γ_M : <u>1.30</u>

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N83, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão:

σ_{m,d} : Tensão de cálculo à flexão, dada por:	σ_{m,z,d}⁺ : <u>20.47</u> kgf/cm ²
	σ_{m,z,d}⁻ : <u>12.35</u> kgf/cm ²

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo	M_{z,d}⁺ : <u>0.033</u> t·m
	M_{z,d}⁻ : <u>0.020</u> t·m
W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal	W_{el,z} : <u>160.00</u> cm ³
f_{m,d} : Resistência de cálculo à flexão, dada por:	f_{m,z,d}⁺ : <u>320.10</u> kgf/cm ²
	f_{m,z,d}⁻ : <u>213.40</u> kgf/cm ²

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade	k_{mod}⁺ : <u>0.90</u>
	k_{mod}⁻ : <u>0.60</u>

Onde:

Classe de duração da carga	Classe⁺ : <u>Curta duração</u>
----------------------------	--



Classe de serviço
 $f_{m,k}$: Resistência característica à flexão
 k_h : Fator de altura, dado por:
Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Classe : Permanente
Classe : 2
 $f_{m,k}$: 407.75 kgf/cm²
 k_h : 1.13

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração
 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

h : 80.00 mm
 γ_M : 1.30

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

η : 0.023 ✓

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: 0.65 kgf/cm²

Onde:

V_d: Esforço cortante de cálculo
A: Área da seção transversal
k_{cr}: Fator que leva em conta a influência das fissuras
f_{v,d}: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

V_{y,d} : 0.035 t
A : 120.00 cm²
k_{cr} : 0.67
f_{v,d} : 28.23 kgf/cm²

Onde:

k_{mod}: Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)
f_{v,k}: Resistência característica ao esforço cortante
 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

k_{mod} : 0.90
f_{v,k} : 40.77 kgf/cm²
 γ_M : 1.30

Resistência ao esforço cortante no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:



$$\eta : \underline{0.126} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N83, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{3.56} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.191} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{120.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.031} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{1.11} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor} : \underline{241.44} \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.28}$$

Onde:

b_{max} : Largura maior da seção transversal

$$b_{max} : \underline{150.00} \text{ mm}$$

b_{min} : Largura menor da seção transversal

$$b_{min} : \underline{80.00} \text{ mm}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : 0.169 \checkmark$$

$$\eta : 0.137 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N85, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{m,y,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : 40.71 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : 11.55 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : 0.122 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : 0.018 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : 300.00 \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : 160.00 \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : 282.29 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : 320.10 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 407.75 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.00$$

$$k_{h,z} : 1.13$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

**Resistência à flexão e tração axial combinadas** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas

$$\eta : \underline{0.543} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.526} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N83, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\sigma_{t,0,d}: \text{Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{64.21} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 $N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{7.705} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{120.00} \text{ cm}^2$$

 $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{33.62} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{20.47} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.101} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.033} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{300.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{160.00} \text{ cm}^3$$

 $f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{169.37} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

 h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{150.00} \text{ mm}$$

 $f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{244.65} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{282.29} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{320.10} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:



k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 407.75 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.00$$

$$k_{h,z} : 1.13$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 150.00 \text{ mm}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 80.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

Resistência à flexão e compressão axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N83, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

$$\eta : 0.253 \checkmark$$

$$\eta : 0.239 \checkmark$$

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

$$\eta : 0.498 \checkmark$$

$$\eta : 0.639 \checkmark$$



Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : 40.06 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$N_{c,0,d} : 4.807 \text{ t}$

A : Área da seção transversal

$A : 120.00 \text{ cm}^2$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$\sigma_{m,y,d} : 19.86 \text{ kgf/cm}^2$

$\sigma_{m,z,d} : 12.35 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$M_{y,d} : -0.060 \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{z,d} : 0.020 \text{ t}\cdot\text{m}$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$W_{el,y} : 300.00 \text{ cm}^3$

$W_{el,z} : 160.00 \text{ cm}^3$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : 122.32 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.60$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$f_{c,0,k} : 265.04 \text{ kgf/cm}^2$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$\gamma_M : 1.30$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$f_{m,y,d} : 188.19 \text{ kgf/cm}^2$

$f_{m,z,d} : 213.40 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.60$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$f_{m,k} : 407.75 \text{ kgf/cm}^2$

k_h : Fator de altura, dado por:

$k_{h,y} : 1.00$

$k_{h,z} : 1.13$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$h : 150.00 \text{ mm}$



Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 80.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m: Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

k_c: Fator de instabilidade

$$k_{c,y} : 0.93$$

$$k_{c,z} : 0.65$$

Resistência ao esforço cortante e torsor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.040 \checkmark$$

$$\eta : 0.157 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N83, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d: Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : 0.65 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : 3.56 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d: Esforço cortante de cálculo

$$V_{y,d} : 0.035 \text{ t}$$

$$V_{z,d} : 0.191 \text{ t}$$

A: Área da seção transversal

$$A : 120.00 \text{ cm}^2$$

k_{cr}: Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : 0.67$$

τ_{tor,d}: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,y,d} : 0.59 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{tor,z,d} : 1.11 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_{x,d}: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : 0.003 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor}: Módulo resistente à torção

$$W_{tor,y} : 452.70 \text{ cm}^3$$

$$W_{tor,z} : 241.44 \text{ cm}^3$$

k_{shape}: Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : 1.28$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

5.2.1. COLUNAS ESTRUTURA 3

A seguir será apresentado a memória de cálculo das colunas novas inseridas sendo demonstrado a colunas mais solicitada da cobertura.

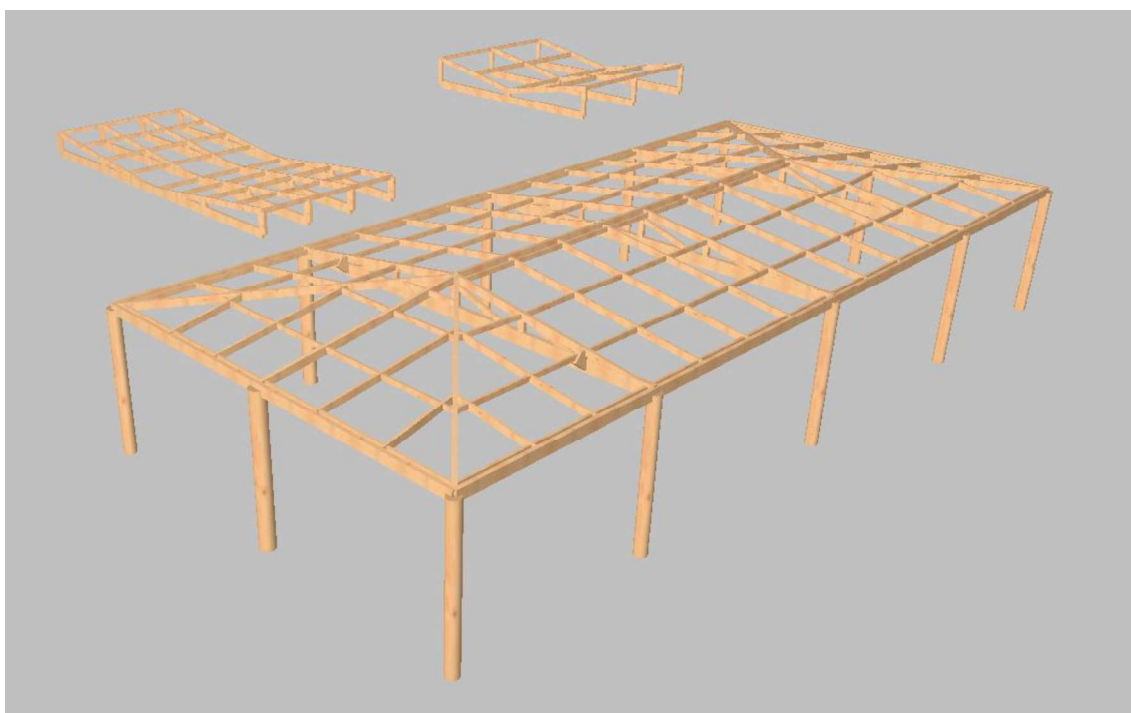


Figura 16 - Modelagem 3d colunas

Serão instalado 10 colunas de madeira com diâmetro de 25cm cada barra altura de 3m conforme projeto arquitetônico.

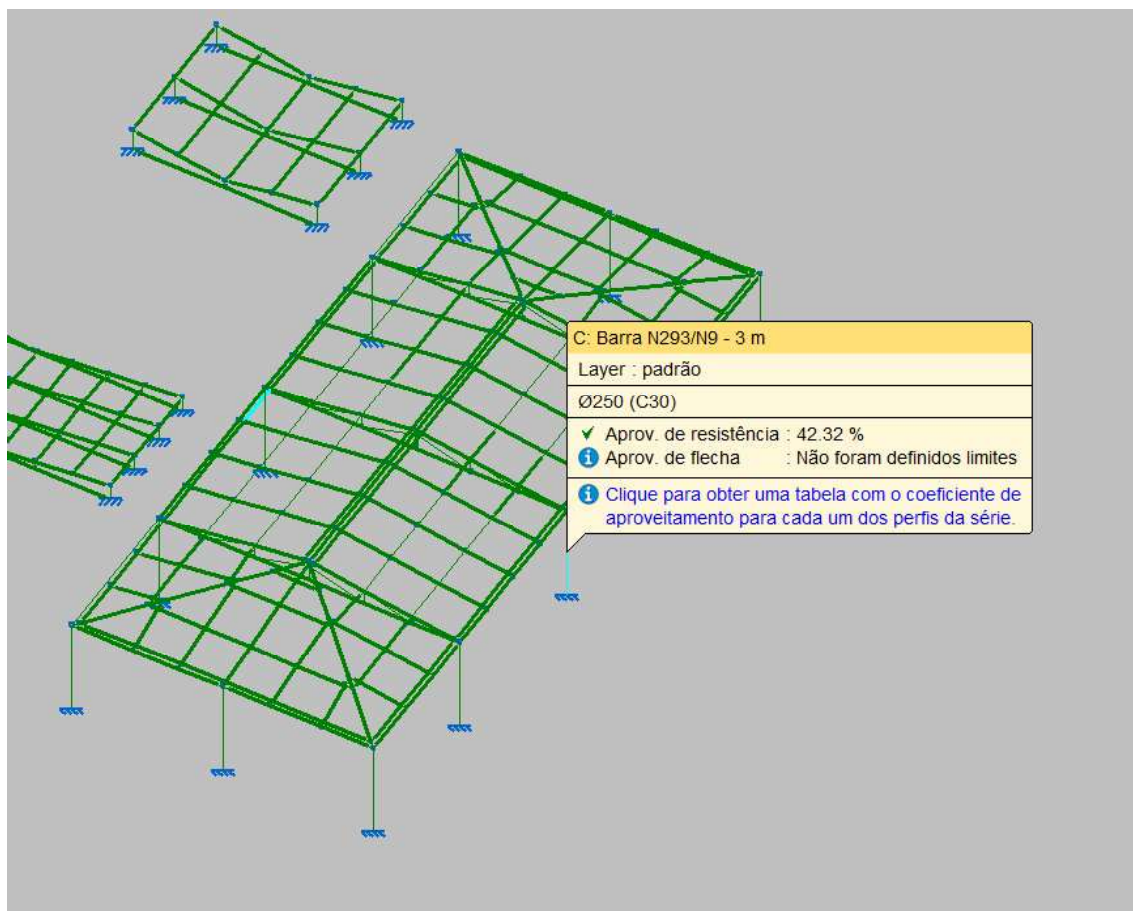
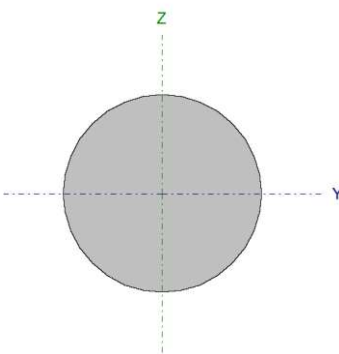


Figura 17 - Resistencia coluna mais solicitada

A coluna mais carregada é a central com uma capacidade de carga de 43%, foi necessário adotar o diâmetro de 25cm para realizar os encaixes na parte de cima das colunas com a cobertura.

5.2.2. Memória de cálculo

**Perfil: Ø250****Material: Madeira (C30)**

	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N293	N9	3.000	490.87	19174.76	19174.76	38349.52
	Notas: <i>(1) Inércia em relação ao eixo indicado</i> <i>(2) Momento de inércia à torção uniforme</i>						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.		Aba inf.	
	β	1.00	1.00	0.00		0.00	
L _K	3.000	3.000	0.000		0.000		
C ₁	-			1.000			
Notação: <i>β: Coeficiente de flambagem</i> <i>L_K: Comprimento de flambagem (m)</i> <i>C₁: Fator de modificação para o momento crítico</i>							

Barra	VERIFICAÇÕES (EUROCÓDIGO 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008)										Estado	
	N _{t,0,d}	N _{c,0,d}	M _{y,d}	M _{z,d}	V _{y,d}	V _{z,d}	M _{x,d}	M _{y,d} M _{z,d}	N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d}	N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d}		M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d}
N293/N9	x: 3 m η = 4.7	x: 0 m η = 4.5	x: 3 m η = 39.7	x: 3 m η = 0.5	η = 0.1	η = 9.2	η < 0.1	x: 3 m η = 40.2	x: 0 m η = 24.7	x: 3 m η = 42.3	η = 9.3	PASSA η = 42.3
Notação: N _{t,0,d} : Resistência à tração uniforme paralela à fibra N _{c,0,d} : Resistência à compressão uniforme paralela à fibra M _{y,d} : Resistência à flexão no eixo y M _{z,d} : Resistência à flexão no eixo z V _{y,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo y V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante no eixo z M _{x,d} : Resistência à torção M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão oblíqua N _{t,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e tração axial combinadas N _{c,0,d} M _{y,d} M _{z,d} : Resistência à flexão e compressão axial combinadas M _{x,d} V _{y,d} V _{z,d} : Resistência ao esforço cortante e torsor combinados x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%)												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.047 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N9, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : 6.00 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : 2.943 \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : 490.87 \text{ cm}^2$$

$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : 127.03 \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : 1.00$$

Para seções não retangulares:

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : 183.49 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência à compressão uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$$\eta : 0.037 \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$$\eta : 0.045 \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$$\eta : 0.045 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N293, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : 3.99 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : 1.958 \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : 490.87 \text{ cm}^2$$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : 108.21 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.60$$



$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2)

k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$$k_{c,y} : \underline{0.81}$$

$$k_{c,z} : \underline{0.81}$$

Onde:

$$k_y : \underline{0.89}$$

$$k_z : \underline{0.89}$$

Onde:

β_c : Fator associado à retilidade das peças

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.82}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.82}$$

Onde:

$E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$$E_{0,05} : \underline{81549.44} \text{ kgf/cm}^2$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{48.00}$$

$$\lambda_z : \underline{48.00}$$

Onde:

L_k : Comprimento de flambagem da barra

$$L_{k,y} : \underline{3000.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{3000.00} \text{ mm}$$

i : Raio de giração

$$i_y : \underline{62.50} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{62.50} \text{ mm}$$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \underline{0.397}$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N9, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo y é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo z.

**Resistência da seção transversal à flexão:** $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d}^+ : \frac{53.04}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,y,d}^- : \frac{84.06}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d}^+ : \frac{0.814}{\text{t}\cdot\text{m}}$$
$$M_{y,d}^- : \frac{1.289}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \frac{1533.98}{\text{cm}^3}$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d}^+ : \frac{141.14}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$f_{m,y,d}^- : \frac{211.71}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \frac{0.60}{\text{---}}$$
$$k_{mod}^- : \frac{0.90}{\text{---}}$$

Onde:

Classe de duração da carga

$$\text{Classe}^+ : \frac{\text{Permanente}}{\text{---}}$$

Classe de serviço

$$\text{Classe}^- : \frac{\text{Curta duração}}{\text{---}}$$

 $f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$\text{Classe} : \frac{2}{\text{---}}$$
$$f_{m,k} : \frac{305.81}{\text{kgf/cm}^2}$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \frac{1.00}{\text{---}}$$

Para seções não retangulares:

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \frac{1.30}{\text{---}}$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \frac{0.005}{\text{---}} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N9, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo y é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo z.

Resistência da seção transversal à flexão: $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : \frac{0.59}{\text{kgf/cm}^2}$$
$$\sigma_{m,z,d}^- : \frac{1.02}{\text{kgf/cm}^2}$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d}^+ : \frac{0.009}{\text{t}\cdot\text{m}}$$



W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$M_{z,d} : \underline{0.016} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,z} : \underline{1533.98} \text{ cm}^3$$

$$f_{m,z,d}^+ : \underline{141.14} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d}^- : \underline{211.71} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : \underline{0.60}$$

$$k_{mod}^- : \underline{0.90}$$

Onde:

Classe de duração da carga

$$\text{Classe}^+ : \underline{Permanente}$$

$$\text{Classe}^- : \underline{Curta \text{ duração}}$$

Classe de serviço

$$\text{Classe} : \underline{2}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para seções não retangulares:

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_{d} : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.04} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.010} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{490.87} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

**Resistência ao esforço cortante no eixo z** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.092} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\tau_{d,z} : \underline{2.61} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.643} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{490.87} \text{ cm}^2$$

 k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 $f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

Deve satisfazer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·SCU1.

Onde:

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 $M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor} : \underline{3067.96} \text{ cm}^3$$

 k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.20}$$

 $f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{18.82} \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\begin{array}{lcl} k_{mod} : & 0.60 & \\ f_{v,k} : & 40.77 & \text{kgf/cm}^2 \\ \gamma_M : & 1.30 & \end{array}$$

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.402} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.402} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N9, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\begin{array}{lcl} \sigma_{m,y,d} : & 84.06 & \text{kgf/cm}^2 \\ \sigma_{m,z,d} : & 1.02 & \text{kgf/cm}^2 \end{array}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$M_{y,d} : \underline{1.289} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.016} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{1533.98} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1533.98} \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{211.71} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{211.71} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

k_h : Fator de altura, dado por:

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$

$$k_{h,y} : \underline{1.00}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.00}$$

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$$k_m : \underline{1.00}$$

**Resistência à flexão e tração axial combinadas** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas

$$\eta : \underline{0.247} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.247} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N293, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\sigma_{t,0,d}: \text{Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : \underline{5.86} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 $N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{2.876} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{490.87} \text{ cm}^2$$

 $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{41.63} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.97} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.639} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{1533.98} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{1533.98} \text{ cm}^3$$

 $f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : \underline{127.03} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.00}$$

Para seções não retangulares:

 $f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : \underline{183.49} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{211.71} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{211.71} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 $f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$



k_h : Fator de altura, dado por:

$k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

Eixo y:

Para seções não retangulares:

Eixo z:

Para seções não retangulares:

γ_m : Coeficiente parcial para as propriedades do material

γ_m : 1.30

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

k_m : 1.00

Resistência à flexão e compressão axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N9, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

η : 0.381 ✓

η : 0.381 ✓

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

η : 0.423 ✓

η : 0.423 ✓

Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: 3.80 kgf/cm²

Onde:



$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra	$N_{c,0,d} :$ <u>1.867</u> t
A : Área da seção transversal	$A :$ <u>490.87</u> cm ²
$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:	$\sigma_{m,y,d} :$ <u>53.04</u> kgf/cm ²
	$\sigma_{m,z,d} :$ <u>0.59</u> kgf/cm ²

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo	$M_{y,d} :$ <u>0.814</u> t·m
	$M_{z,d} :$ <u>0.009</u> t·m
W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal	$W_{el,y} :$ <u>1533.98</u> cm ³
	$W_{el,z} :$ <u>1533.98</u> cm ³
$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:	$f_{c,0,d} :$ <u>108.21</u> kgf/cm ²

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} :$ <u>0.60</u>
$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra	$f_{c,0,k} :$ <u>234.45</u> kgf/cm ²
γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M :$ <u>1.30</u>
$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:	$f_{m,y,d} :$ <u>141.14</u> kgf/cm ²
	$f_{m,z,d} :$ <u>141.14</u> kgf/cm ²

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)	$k_{mod} :$ <u>0.60</u>
$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão	$f_{m,k} :$ <u>305.81</u> kgf/cm ²
k_h : Fator de altura, dado por:	$k_{h,y} :$ <u>1.00</u>
	$k_{h,z} :$ <u>1.00</u>

Eixo y:

Para seções não retangulares:

Eixo z:

Para seções não retangulares:

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material	$\gamma_M :$ <u>1.30</u>
k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal	$k_m :$ <u>1.00</u>
k_c : Fator de instabilidade	$k_{c,y} :$ <u>0.81</u>
	$k_{c,z} :$ <u>0.81</u>

Resistência ao esforço cortante e torsor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:



$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.093} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : \underline{0.04} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : \underline{2.61} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{y,d} : \underline{0.010} \text{ t}$$

$$V_{z,d} : \underline{0.643} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{490.87} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,y,d} : \underline{0.01} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{tor,z,d} : \underline{0.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$M_{x,d}$: Momento tórso de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor,y} : \underline{3067.96} \text{ cm}^3$$

$$W_{tor,z} : \underline{3067.96} \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.20}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

5.2.3. Fixação na laje

As colunas serão fixadas com chapas e parabolts químicos conforme projeto realizado

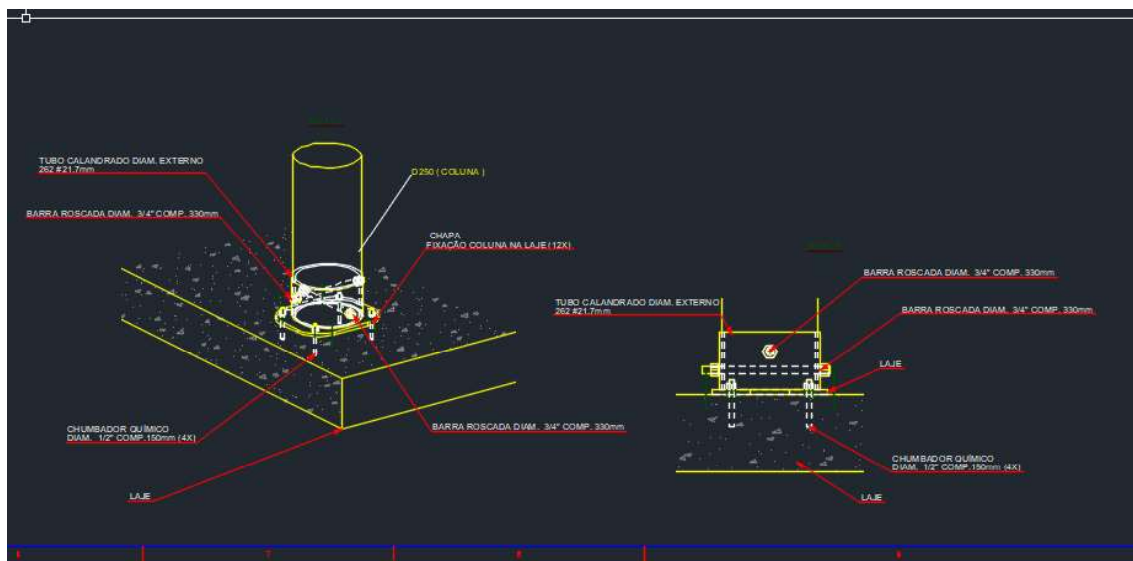


Figura 18 - Sistema de fixação colunas / laje

Reação na laje:

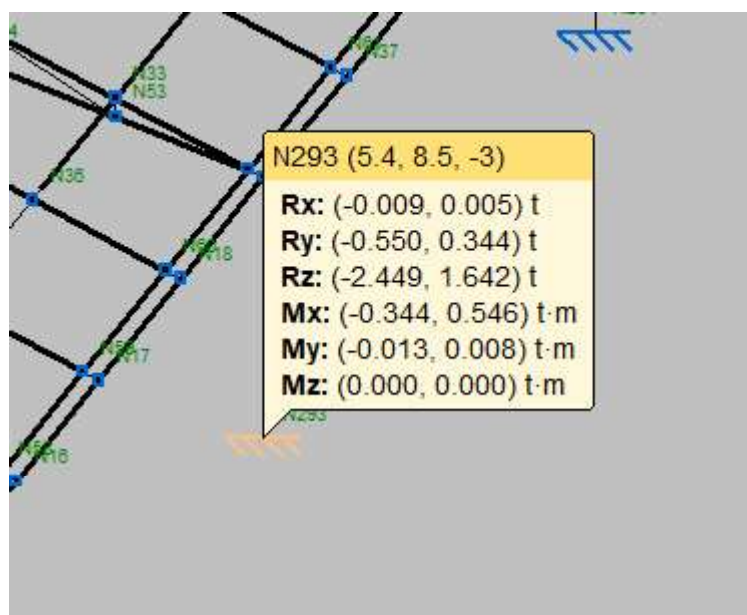


Figura 19 - Reação na laje

Chumbador ** chumbador químico modelo de injeção wqi 44 (marca sugerida "walsyma")



**vergalhão Ø barra roscada 1/2" comprimento 120mm com porca sextavada aço carbono.

**modo de instalação consultar catalogo técnico da fabricante.

DIÂMETRO DA BARRA ROSCADA - D0 (pol.)	FURO (mm)		TORQUE DE INSTALAÇÃO (Nm)	CARGAS DE TRAÇÃO* (kgf)	APLICAÇÕES**	
	DIÂMETRO - Df	PROFUNDIDADE - hef			300 ml	345 ml
5/16"	10	80	10	1882	60	69
3/8"	12	90	20	2492	37	43
1/2"	14	110	40	3655	27	31
5/8"	18	125	80	5539	14	16
3/4"	24	170	120	9416	5	6
1"	28	210	160	13959	3	4

*Carga última da resina em concreto de 30 MPa. Valores obtidos juntamente com os parâmetros descritos nas respectivas tabelas. Para aplicações práticas deve-se utilizar um coeficiente de segurança (pág. 51).

** Número de aplicações por tubo em condições ideais de instalação.

Figura 20 - tabela de resistência chumbador químico

Logo teremos uma redução de 5x sendo fator de segurança: $3655/5=731$ kgf

Pior reação em -Z = 2.499 kgf

A quantidade de parabolt é de 4x então teremos:

Fadm= $731*4= 2924$ kgf sendo > 2499 (OK)

5.3. Cobertura 3.

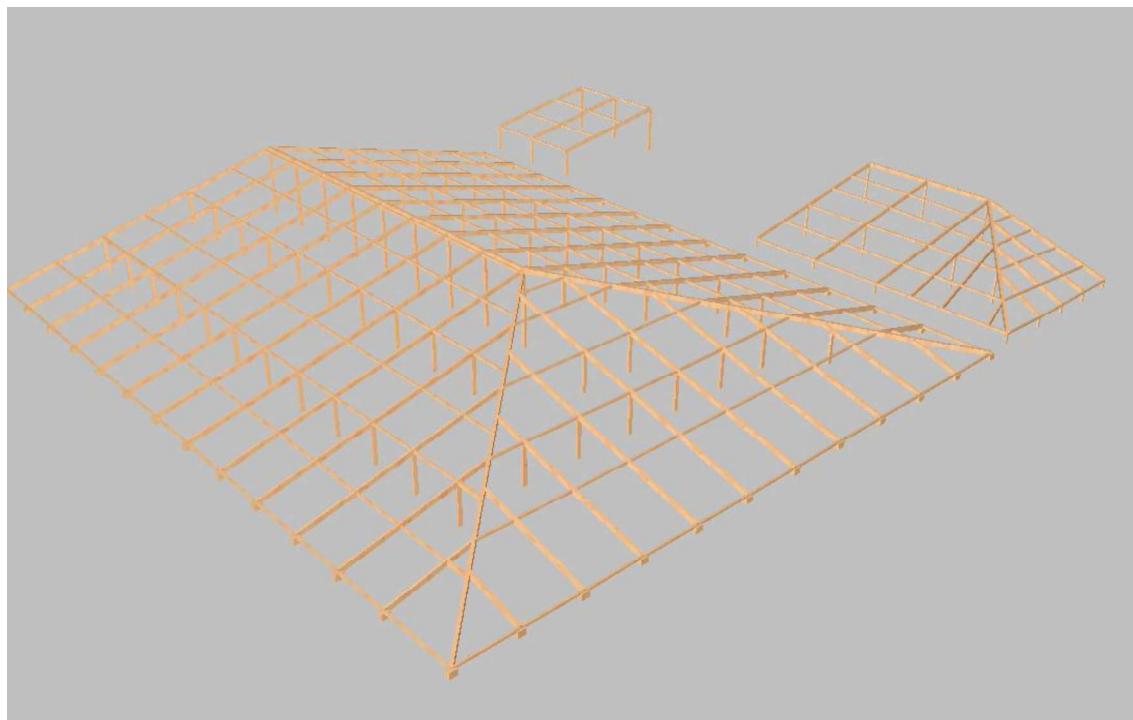


Figura 21- Modelagem estrutura 3 dois lados.

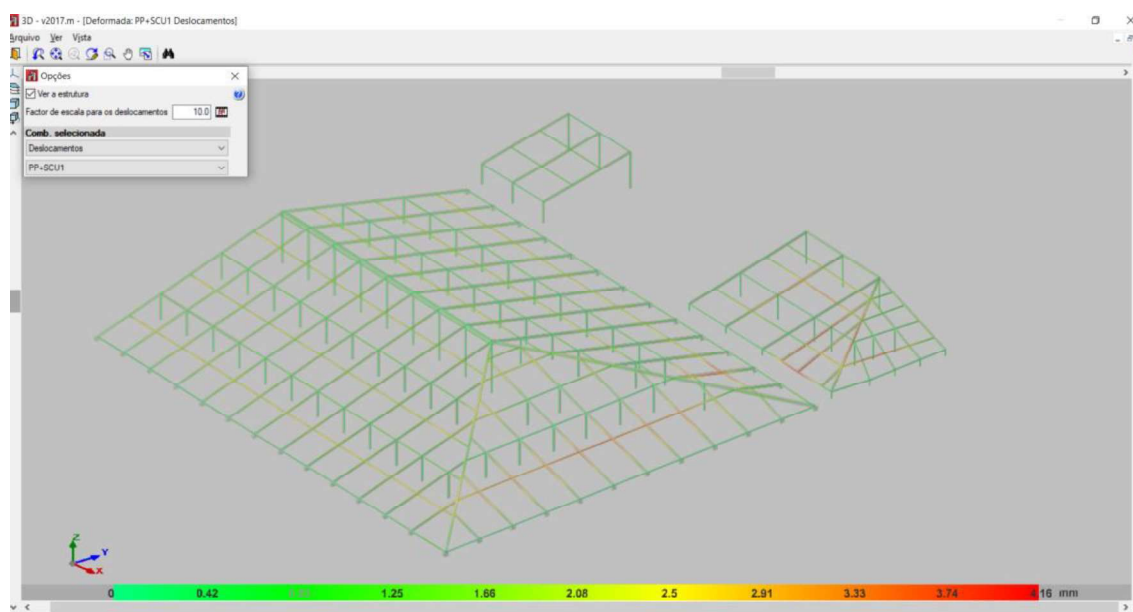


Figura 22-deformação devido sobrecarga

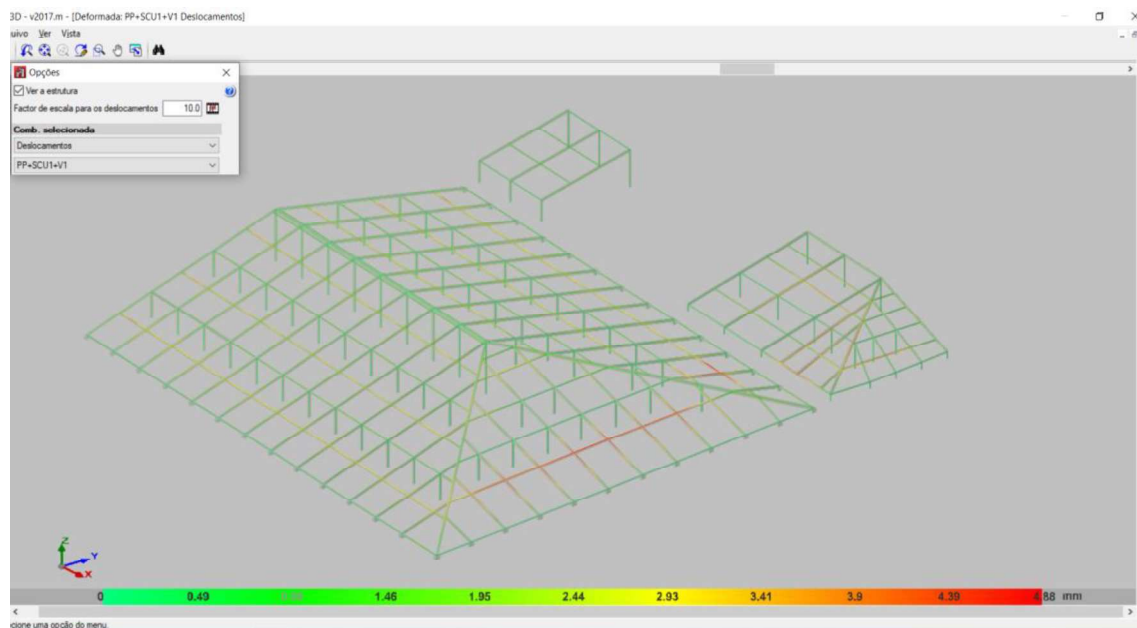


Figura 23- Deformação sobrecarga e vento

Deslocamentos terça: Vão da terça de 1.5m deslocamento máximo permitido de $(1.5/200=7,5\text{mm})$ sendo Ok):

Deslocamento vigotas: Vão de 3,94m deslocamento máximo permitido $(3.94/200=19\text{mm})$ sendo OK)

Abaixo irei apresentar para simplificar a representação o elemento mais solicitado da cobertura sendo dividido terças e vigota.

Resistência terça mais solicitada.

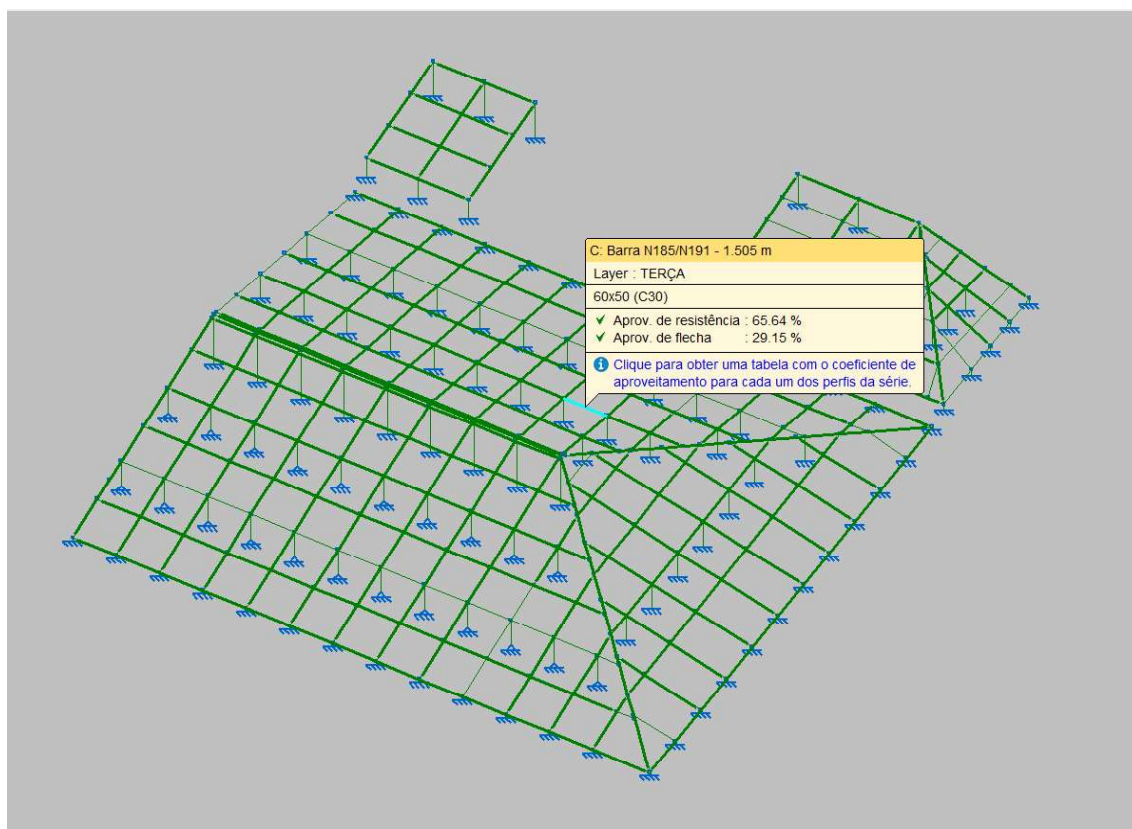
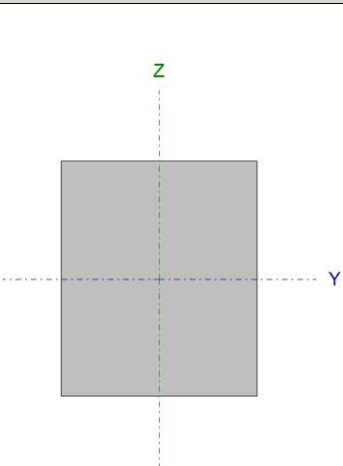


Figura 24- Apresentação da terça mais solicitada

Abaixo memória de cálculo.

Perfil: 60x50							
Material: Madeira (C30)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I _y ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm⁴)
	N185	N191	1.505	30.00	90.00	62.50	123.60
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inércia em relação ao eixo indicado						
	⁽²⁾ Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.505	1.505	0.000	0.000		
C ₁	-		1.000				
Notação:							
β: Coeficiente de flambagem							
L _K : Comprimento de flambagem (m)							
C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico							



NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira												Estado
Barra	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N185/N191	$\eta = 1.9$	$\eta = 4.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 53.8$	$x: 1.505 \text{ m}$ $\eta = 15.5$	$x: 1.505 \text{ m}$ $\eta = 10.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 41.8$	N.P. ⁽¹⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 63.7$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 65.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 39.9$	N.P. ⁽²⁾	
Notação: $N_{t,0,d}$: Resistência à tração uniforme paralela à fibra $N_{c,0,d}$: Resistência à compressão uniforme paralela à fibra $M_{y,d}$: Resistência à flexão no eixo y $M_{z,d}$: Resistência à flexão no eixo z $V_{y,d}$: Resistência ao esforço cortante no eixo y $V_{z,d}$: Resistência ao esforço cortante no eixo z $M_{x,d}$: Resistência à torção $M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão oblíqua $N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão e tração axial combinadas $N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão e compressão axial combinadas $M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistência ao esforço cortante e torsor combinados x : Distância à origem da barra η : Coeficiente de aproveitamento (%) N.P.: Não procede												
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.): ⁽¹⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor. ⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que a barra não está submetida a momento torsor nem a esforço cortante.												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.019 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$$\sigma_{t,0,d}: \text{Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:} \quad \sigma_{t,0,d} : 2.96 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : 0.089 \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : 30.00 \text{ cm}^2$$

$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : 152.58 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : 1.20$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : 183.49 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

**Resistência à compressão uniforme paralela à fibra** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$$\eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

 $\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{1.39} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

 $N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.042} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

 $f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por:

$$f_{c,0,d} : \underline{108.21} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.60}$$

 $f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2) k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$$k_{c,y} : \underline{0.39}$$

$$k_{c,z} : \underline{0.28}$$

Onde:



$$k_y : \underline{1.72}$$
$$k_z : \underline{2.23}$$

Onde:

 β_c : Fator associado à retilineidade das peças

$$\beta_c : \underline{0.20}$$

 λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$$\lambda_{rel,y} : \underline{1.48}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{1.78}$$

Onde:

 $E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$$E_{0,05} : \underline{81549.44} \text{ kgf/cm}^2$$

 $f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

 λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$$\lambda_y : \underline{86.89}$$

$$\lambda_z : \underline{104.27}$$

Onde:

 L_k : Comprimento de flambagem da barra

$$L_{k,y} : \underline{1505.00} \text{ mm}$$

$$L_{k,z} : \underline{1505.00} \text{ mm}$$

 i : Raio de giração

$$i_y : \underline{17.32} \text{ mm}$$

$$i_z : \underline{14.43} \text{ mm}$$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \underline{0.538} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N185, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão: $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d^+} : \underline{136.90} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d^-} : \underline{61.35} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d^+} : \underline{0.041} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{y,d^-} : \underline{0.018} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{30.00} \text{ cm}^3$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d^+} : \underline{254.30} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,y,d^-} : \underline{169.53} \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : 0.90$$

$$k_{mod}^- : 0.60$$

Onde:

Classe de duração da carga

 $Classe^+ : \text{Curta duração}$ $Classe^- : \text{Permanente}$

Classe de serviço

 $Classe : 2$ $f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

 k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : 1.20$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

 h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : 0.155$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N191, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão: $\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,z,d}^+ : 40.96 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d}^- : 0.79 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d}^+ : 0.010 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d}^- : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

 W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,z} : 25.00 \text{ cm}^3$$

 $f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,z,d}^+ : 263.74 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d}^- : 175.83 \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$k_{mod}^+ : 0.90$$
$$k_{mod}^- : 0.60$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : *Curta duração*

Classe de serviço

Classe⁻ : *Permanente*

Classe : *2*

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : 1.25$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 50.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.105 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N191, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_{d} : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : 2.96 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d: Esforço cortante de cálculo

$$V_{v,d} : 0.040 \text{ t}$$

A: Área da seção transversal

$$A : 30.00 \text{ cm}^2$$

k_{cr}: Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : 0.67$$

f_{v,d}: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

**Resistência ao esforço cortante no eixo z** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.418} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N185, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

 τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{11.79} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.158} \text{ t}$$

 A : Área da seção transversal

$$A : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

 k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

 $f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

 k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

 $f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

 γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.637} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.518} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N185, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:



$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{136.90 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{37.19 \text{ kgf/cm}^2}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.041 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.009 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{30.00 \text{ cm}^3}$$

$$W_{el,z} : \underline{25.00 \text{ cm}^3}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{254.30 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$f_{m,z,d} : \underline{263.74 \text{ kgf/cm}^2}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81 \text{ kgf/cm}^2}$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.20}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.25}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : \underline{0.70}$$

Resistência à flexão e tração axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão e tração axial combinadas

$$\eta : \underline{0.656} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.537} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N185, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensão de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$\sigma_{t,0,d} : \underline{2.96 \text{ kgf/cm}^2}$$

Onde:

$N_{t,0,d}$: Tração axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{t,0,d} : \underline{0.089 \text{ t}}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{30.00 \text{ cm}^2}$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{136.90 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{37.19 \text{ kgf/cm}^2}$$



Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : 0.041 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$M_{z,d} : 0.009 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : 30.00 \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : 25.00 \text{ cm}^3$$

$f_{t,0,d}$: Resistência de cálculo à tração paralela à fibra, dada por:

$$f_{t,0,d} : 152.58 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : 1.20$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

$f_{t,0,k}$: Resistência característica à tração paralela à fibra

$$f_{t,0,k} : 183.49 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : 254.30 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : 263.74 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.20$$

$$k_{h,z} : 1.25$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 50.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

**Resistência à flexão e compressão axial combinadas** (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N185, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.366} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.259} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

$$\eta : \underline{0.399} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.305} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{1.39} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.042} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{61.35} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.97} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{-0.018} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{30.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{25.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : \underline{108.21} \text{ kgf/cm}^2$



Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.60$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : 169.53 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : 175.83 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.60$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.20$$

$$k_{h,z} : 1.25$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

Eixo z:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 50.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

k_c : Fator de instabilidade

$$k_{c,y} : 0.39$$

$$k_{c,z} : 0.28$$

Resistência ao esforço cortante e tissor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

A verificação não é necessária, já que a barra não está submetida a momento tissor nem a esforço cortante.

Vigota mais carregada da estrutura.

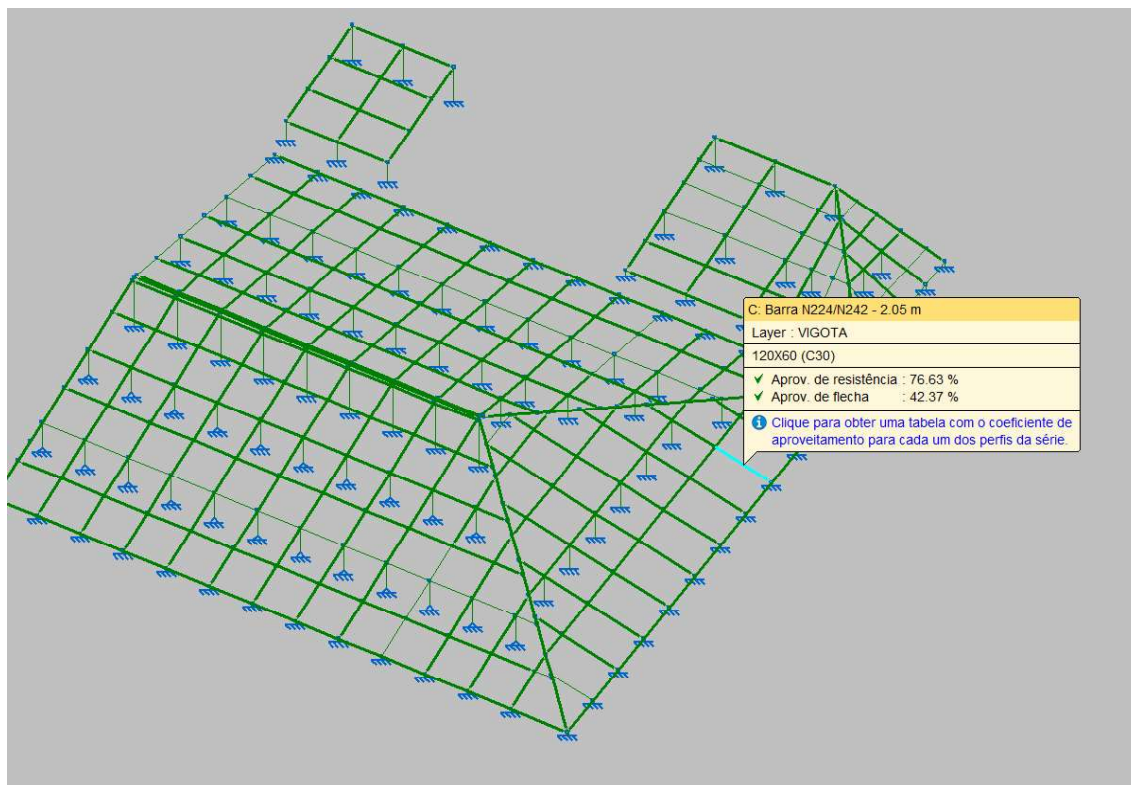
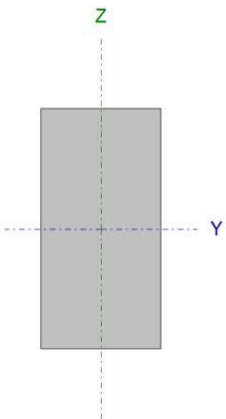


Figura 25- Perfil mais solicitado da tesoura

Memória de cálculo:

Perfil: 120X60 Material: Madeira (C30)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N224	N242	2.050	72.00	864.00	216.00	593.57
	Notas: (1) Inércia em relação ao eixo indicado (2) Momento de inércia à torção uniforme						
		Flambagem		Flambagem lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Aba sup.	Aba inf.		
	β	1.00	1.71	0.00	0.00		
	L _K	2.050	3.500	0.000	0.000		
	C ₁	-		1.000			
	Notação: β: Coeficiente de flambagem L _K : Comprimento de flambagem (m) C ₁ : Fator de modificação para o momento crítico						



Barra	NBR 7190:1997 - Projeto de Estruturas de Madeira											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N224/N242	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 75.9$	x: 2.05 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 44.1$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 76.0$	N.P. ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 77.5$	x: 0 m $\eta = 44.8$	PASSA $\eta = 77.5$
Notação: <i>$N_{t,0,d}$: Resistência à tração uniforme paralela à fibra</i> <i>$N_{c,0,d}$: Resistência à compressão uniforme paralela à fibra</i> <i>$M_{y,d}$: Resistência à flexão no eixo y</i> <i>$M_{z,d}$: Resistência à flexão no eixo z</i> <i>$V_{y,d}$: Resistência ao esforço cortante no eixo y</i> <i>$V_{z,d}$: Resistência ao esforço cortante no eixo z</i> <i>$M_{x,d}$: Resistência à torção</i> <i>$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão oblíqua</i> <i>$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão e tração axial combinadas</i> <i>$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistência à flexão e compressão axial combinadas</i> <i>$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistência ao esforço cortante e torsor combinados</i> <i>x: Distância à origem da barra</i> <i>η: Coeficiente de aproveitamento (%)</i> <i>N.P.: Não procede</i>												
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.): ⁽¹⁾ A verificação não é necessária, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que não existe interação entre esforço axial de tração e momento fletor, para nenhuma combinação.												

Resistência à tração uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.2)

A verificação não é necessária, já que não existe esforço axial de tração.

Resistência à compressão uniforme paralela à fibra (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.4 - 6.3.2)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à compressão

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo y

$$\eta : \underline{0.036} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem por flexão no eixo z

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N224, para a combinação de ações 1.35·PP+1.5·SCU1.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{1.16} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:



$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra $N_{c,0,d} : 0.083 \text{ t}$
 A : Área da seção transversal $A : 72.00 \text{ cm}^2$
 $f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : 108.21 \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Permanente) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$k_{mod} : 0.60$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$\gamma_M : 1.30$

Resistência à flambagem: (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.3.2)

k_c : Fator de instabilidade, dado por:

$k_{c,y} : 0.30$

$k_{c,z} : 0.22$

Onde:

$k_y : 2.13$

$k_z : 2.71$

Onde:

β_c : Fator associado à retilineidade das peças

$\beta_c : 0.20$

λ_{rel} : Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y} : 1.72$

$\lambda_{rel,z} : 2.02$

Onde:

$E_{0,05}$: Valor do quinto percentil do módulo de elasticidade paralelo à fibra

$E_{0,05} : 81549.44 \text{ kgf/cm}^2$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$f_{c,0,k} : 234.45 \text{ kgf/cm}^2$

λ : Esbeltez mecânica, dada por:

$\lambda_y : 101.04$

$\lambda_z : 118.36$

Onde:

L_k : Comprimento de flambagem da barra

$L_{k,y} : 3500.00 \text{ mm}$

$L_{k,z} : 2050.11 \text{ mm}$

i : Raio de giração

$i_y : 34.64 \text{ mm}$

$i_z : 17.32 \text{ mm}$

Resistência à flexão no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:



$$\eta : \underline{0.759} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N224, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem correspondente é nulo.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d}^+ &: \underline{168.08} \quad \text{kgf/cm}^2 \\ \sigma_{m,y,d}^- &: \underline{73.52} \quad \text{kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$\begin{aligned} M_{y,d}^+ &: \underline{0.242} \quad \text{t}\cdot\text{m} \\ M_{y,d}^- &: \underline{0.106} \quad \text{t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{144.00} \quad \text{cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$\begin{aligned} f_{m,y,d}^+ &: \underline{221.38} \quad \text{kgf/cm}^2 \\ f_{m,y,d}^- &: \underline{147.58} \quad \text{kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$\begin{aligned} k_{mod}^+ &: \underline{0.90} \\ k_{mod}^- &: \underline{0.60} \end{aligned}$$

Onde:

Classe de duração da carga

Classe⁺ : Curta duração

Classe⁻ : Permanente

Classe de serviço

Classe : 2

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \quad \text{kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : \underline{1.05}$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{120.00} \quad \text{mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flexão no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6 - 6.3.3)

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$



O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N242, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Não se verifica a resistência à flambagem lateral, uma vez que o módulo resistente elástico da seção em relação ao eixo z é inferior ou igual ao módulo resistente elástico em relação ao eixo y.

Resistência da seção transversal à flexão:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,z,d}^+ &: 0.33 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{m,z,d}^- &: 0.70 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{z,d} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,z} : 72.00 \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$\begin{aligned}f_{m,z,d}^+ &: 169.53 \text{ kgf/cm}^2 \\ f_{m,z,d}^- &: 254.30 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação para a duração da carga e o conteúdo de umidade

$$\begin{aligned}k_{mod}^+ &: 0.60 \\ k_{mod}^- &: 0.90\end{aligned}$$

Onde:

Classe de duração da carga

$$\text{Classe}^+ : \text{Permanente}$$

Classe de serviço

$$\text{Classe}^- : \text{Curta duração}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$\text{Classe} : 2$$

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_h : 1.20$$

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência ao esforço cortante no eixo y (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.



Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{v,d} : \underline{0.01} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{v,d} : \underline{0.000} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{72.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência ao esforço cortante no eixo z (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7)

Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.441} \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N224, para a combinação de ações PP+1.5.V1.

Onde:

τ_d : Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{z,d} : \underline{12.46} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d : Esforço cortante de cálculo

$$V_{z,d} : \underline{0.401} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{72.00} \text{ cm}^2$$

k_{cr} : Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : \underline{0.67}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à torção (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.8)



Deve satisfazer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\tau_{tor,d}$: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,d} : \underline{0.26} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

$M_{x,d}$: Momento tórso de cálculo

$$M_{x,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor} : Módulo resistente à torção

$$W_{tor} : \underline{110.59} \text{ cm}^3$$

k_{shape} : Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : \underline{1.30}$$

Onde:

b_{max} : Largura maior da seção transversal

$$b_{max} : \underline{120.00} \text{ mm}$$

b_{min} : Largura menor da seção transversal

$$b_{min} : \underline{60.00} \text{ mm}$$

$f_{v,d}$: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : \underline{28.23} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : \underline{40.77} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

Resistência à flexão oblíqua (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.6)

Deve satisfazer:

Resistência à flexão oblíqua

$$\eta : \underline{0.760} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.533} \quad \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N224, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{168.08} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.29} \text{ kgf/cm}^2$$



Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : 0.242 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$M_{z,d} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : 144.00 \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : 72.00 \text{ cm}^3$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : 221.38 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : 254.30 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : 305.81 \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : 1.05$$

$$k_{h,z} : 1.20$$

γ_m : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_m : 1.30$$

k_m : Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

Resistência à flexão e tração axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.3)

A verificação não é necessária, já que não existe interação entre esforço axial de tração e momento fletor, para nenhuma combinação.

Resistência à flexão e compressão axial combinadas (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.2.4)

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N224, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Deve satisfazer:

Resistência da seção transversal à flexão e compressão combinadas

$$\eta : 0.760 \checkmark$$

$$\eta : 0.533 \checkmark$$

Resistência à flambagem para flexão e compressão combinadas

$$\eta : 0.775 \checkmark$$



$$\eta : \underline{0.552} \quad \checkmark$$

Resistência à flambagem lateral para flexão e compressão combinadas

Não é necessária a verificação de resistência à flambagem lateral, uma vez que o comprimento de flambagem lateral é nulo.

Onde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensão de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d} : \underline{0.70} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

$N_{c,0,d}$: Compressão axial de cálculo paralela à fibra

$$N_{c,0,d} : \underline{0.050} \text{ t}$$

A : Área da seção transversal

$$A : \underline{72.00} \text{ cm}^2$$

$\sigma_{m,d}$: Tensão de cálculo à flexão, dada por:

$$\sigma_{m,y,d} : \underline{168.08} \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} : \underline{0.29} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_d : Momento fletor de cálculo

$$M_{y,d} : \underline{0.242} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,d} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{el} : Módulo resistente elástico da seção transversal

$$W_{el,y} : \underline{144.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{72.00} \text{ cm}^3$$

$f_{c,0,d}$: Resistência de cálculo à compressão paralela à fibra, dada por: $f_{c,0,d} : \underline{162.31} \text{ kgf/cm}^2$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{c,0,k}$: Resistência característica à compressão paralela à fibra

$$f_{c,0,k} : \underline{234.45} \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : \underline{1.30}$$

$f_{m,d}$: Resistência de cálculo à flexão, dada por:

$$f_{m,y,d} : \underline{221.38} \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{m,z,d} : \underline{254.30} \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : \underline{0.90}$$

$f_{m,k}$: Resistência característica à flexão

$$f_{m,k} : \underline{305.81} \text{ kgf/cm}^2$$

k_h : Fator de altura, dado por:

$$k_{h,y} : \underline{1.05}$$

$$k_{h,z} : \underline{1.20}$$

Eixo y:

Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h : Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

Eixo z:



Para alturas (flexão) ou larguras (tração) de peças retangulares de madeira maciça, inferiores a 150 mm:

Onde:

h: Altura em flexão ou maior dimensão da seção em tração

$$h : 60.00 \text{ mm}$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

k_m: Fator que leva em conta o efeito da redistribuição de tensões sob flexão oblíqua e a falta de homogeneidade do material na seção transversal

$$k_m : 0.70$$

k_c: Fator de instabilidade

$$k_{c,y} : 0.30$$

$$k_{c,z} : 0.22$$

Resistência ao esforço cortante e torsor combinados (Eurocódigo 5 EN 1995-1-1: 2004 + A1:2008: 6.1.7 - 6.1.8, Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.004 \checkmark$$

$$\eta : 0.448 \checkmark$$

O esforço solicitante de cálculo desfavorável produz-se no nó N224, para a combinação de ações PP+1.5·V1.

Onde:

τ_d: Tensão de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$\tau_{y,d} : 0.01 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{z,d} : 12.46 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

V_d: Esforço cortante de cálculo

$$V_{y,d} : 0.000 \text{ t}$$

$$V_{z,d} : 0.401 \text{ t}$$

A: Área da seção transversal

$$A : 72.00 \text{ cm}^2$$

k_{cr}: Fator que leva em conta a influência das fissuras

$$k_{cr} : 0.67$$

τ_{tor,d}: Tensão de cálculo à torção, dada por:

$$\tau_{tor,y,d} : 0.13 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{tor,z,d} : 0.26 \text{ kgf/cm}^2$$

Onde:

M_{x,d}: Momento torsor de cálculo

$$M_{x,d} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

W_{tor}: Módulo resistente à torção

$$W_{tor,y} : 221.18 \text{ cm}^3$$

$$W_{tor,z} : 110.59 \text{ cm}^3$$

k_{shape}: Fator cujo valor depende do tipo de seção

$$k_{shape} : 1.30$$

f_{v,d}: Resistência de cálculo ao esforço cortante, dada por:

$$f_{v,d} : 28.23 \text{ kgf/cm}^2$$

RUPP ENGENHARIA LTDA – CNPJ 45.385.131/0001-72

Avenida Washington Luiz, 1200, Centro, Dionísio Cerqueira/SC

E-mail: adm@ruppengenharia.com Fone: (49)9 9177-9340



Onde:

k_{mod} : Fator de modificação pela duração da carga (Curta duração) e o conteúdo de umidade (Classe de serviço 2)

$$k_{mod} : 0.90$$

$f_{v,k}$: Resistência característica ao esforço cortante

$$f_{v,k} : 40.77 \text{ kgf/cm}^2$$

γ_M : Coeficiente parcial para as propriedades do material

$$\gamma_M : 1.30$$

Resistência à torção (Critério da CYPE Ingenieros)

Deve satisfazer:

$$\eta : 0.120 \quad \checkmark$$

O momento torsor solicitante de cálculo desfavorável $M_{t,Sd}$ produz-se para a combinação de hipóteses PP+1.4·V1.

$$M_{t,Sd} : 0.067 \text{ t}\cdot\text{m}$$

O momento torsor resistente de cálculo $M_{t,Rd}$ é dado por:

$$M_{t,Rd} : 0.555 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Onde:

W_t : módulo de resistência à torção

$$W_t : 38.39 \text{ cm}^3$$

f_y : Tensão de escoamento.

$$f_y : 2650.36 \text{ kgf/cm}^2$$

γ : Coeficiente de ponderação das resistências.

$$\gamma : 1.1$$



6. COMENTÁRIOS FINAIS.

Conforme podemos verificar neste estudo, a cobertura projetada atende os critérios de norma e está atestada e segura para utilização considerando as cargas aqui mencionadas.

Atenciosamente:

PAULO HENRIQUE RODRIGUES SANTOS
ENGENHEIRO –CREA 101846982-GO

PH ENGENHARIA

Eng.º Paulo Henrique

Tel: CEL - (64) 9. 9960-3478

Email: paulo@phengenharia.ind.br

HEAD OFFICE – Rua. Guatemala, 112 – Tibery

PRÉDIO COMERCIAL, SALA 09

UBERLÂNDIA -MG