



**FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE FERNANDÓPOLIS
FACULDADES INTEGRADAS DE FERNANDÓPOLIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE ESTRUTURAL E CUSTO
CUPIÚBA X CAMBARÁ**

**FERNANDÓPOLIS - SP
2021**

**PAULO GUSTAVO TOMAZ DE OLIVEIRA RAMOS
RENAN FAGUNDES ABRANTES DA COSTA**

ANÁLISE ESTRUTURAL E CUSTO CUPIÚBA X CAMBARÁ

Trabalho de conclusão apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil
das Faculdades Integradas de Fernandópolis - FIFE.

Orientador (a): Professor Me. Renan Fernandes Capellette

ANÁLISE ESTRUTURAL E CUSTO CUPIÚBA X CAMBARÁ

Costa, Renan F A e Ramos, Paulo G. Análise Estrutural e Custo Cupiúba x Cambará, 2021.

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo, apresentar de maneira sucinta, a análise estrutural de uma cobertura com tesoura tipo “Howe” e de custo utilizando as madeiras Cupiúba (*Gupia Glabra*) e a Cambará (*Qualea albiflora*) comercializadas na cidade de Fernandópolis – SP.

A motivação da escolha destas duas madeiras se deve a diferença de preço na comercialização e discriminação da parte dos profissionais de carpintaria de acordo com informações levantadas na madeireira e no cotidiano. O dimensionamento levou em consideração todas as recomendações da NBR 7190:1997 da ABNT, para um barracão com 20 metros de largura e 45 metros de comprimento, para isso, foi feito todo levantamento de cargas permanentes, variáveis e ações do vento para o dimensionamento da estrutura. Com uma tesoura de 3,5 metros e telhado com telhas do tipo francesa, o barracão irá conter 19 Tesouras no total, espaçadas a cada 2,5 metros. O projeto será otimizado com seções diferentes nos banzos, diagonal e montante, apresentando assim um menor consumo e menor custo da madeira, zelando assim pela segurança e pela economia do projeto. Após a análise do dimensionamento e custo, optou-se pela madeira da espécie Cambará, pois, apresentou desempenho estrutural satisfatório, quando comparado com a Cupiúba (mais vendida) e uma economia considerável na execução deste telhado.

Palavras-Chave: Madeira. Cupiúba. Cambará. Tesoura.

ABSTRACT: This work aims to present, in a succinct manner, the structural analysis of a covering with "Howe" type scissors and cost using the wood Cupiúba (*Gupia Glabra*) and Cambará (*Qualea albiflora*) commercialized in the city of Fernandópolis - SP.

The motivation for choosing these two types of wood is due to the difference in price in marketing and discrimination on the part of carpentry professionals according to information collected in the lumber company and in everyday life. The dimensioning took into account all the recommendations of NBR 7190:1997 of ABNT, for a shed 20 meters wide and 45 meters long, for this, all permanent loads, variables and wind actions were surveyed for the dimensioning of the structure. With 3.5 meter scissors and French-style tile roof, the shed will contain 19 Scissors in total, spaced every 2.5 meters. The project will be optimized with

different sections in the chords, diagonal and upstream, thus presenting a lower consumption and lower cost of wood, thus ensuring the safety and economy of the project. After analyzing the dimensioning and cost, Cambará wood was chosen, as it presented satisfactory structural performance when compared to Cupíuba (best sold) and considerable savings in the construction of this roof.

KEYWORDS: Wood. Cupíuba. Cambará. Scissors.

INTRODUÇÃO

A madeira possui diversas propriedades que a tornam uma boa opção frente a outros materiais, dentre elas podemos citar a alta resistência, as boas características de isolamento térmico e elétrico, além de ser um material muito fácil de ser trabalhado manualmente ou por máquinas.

A cobertura tem a função de proteger a edificação das intempéries (chuva, poeira, sol, ventos, neve, temperaturas extremas), suportando os esforços nela atuantes ao longo de toda a sua vida útil. O desempenho estrutural, térmico e acústico, o nível de segurança térmico contra incêndio, a funcionalidade e acessibilidade, e as condições de durabilidade e possibilidade de manutenção são aspectos importantíssimos que devem ser observados na avaliação, e escolha de um tipo de cobertura adequado (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Conforme MARTINS (2010), trata-se de um material muito sustentável e de grande importância, levando-se em consideração as inúmeras utilidades desse elemento, no que se refere ao uso na construção civil. Estruturalmente, esse material pode ser utilizado como pilares, vigas e Tesouras, pois suas características, em relação a sua resistência e o seu peso, tem a capacidade de propagar as tensões, tanto de tração quanto de compressão, com isso é natural que se torne adequado para peças que estarão sujeitas a esforços de flexão, fazendo com a madeira tenha um papel importante na construção.

A madeira na construção civil, pode ser usada de forma temporária, na instalação de canteiros de obra, andaimes, escoramento de lajes, formas e de forma definitiva pode ser usada em decks de madeira, forros e estrutura de coberturas tais como trama do telhado e Tesoura. No Brasil a madeira serrada é a mais utilizada na construção civil, diferente de países desenvolvidos, onde os painéis têm papel mais significativo.

O objetivo deste trabalho é comparar a capacidade mecânica e também o custo de duas

madeiras comercializadas na cidade de Fernandópolis – SP, para a confecção de todo telhado (trama e Tesoura) de um futuro barracão na zona urbana da cidade.

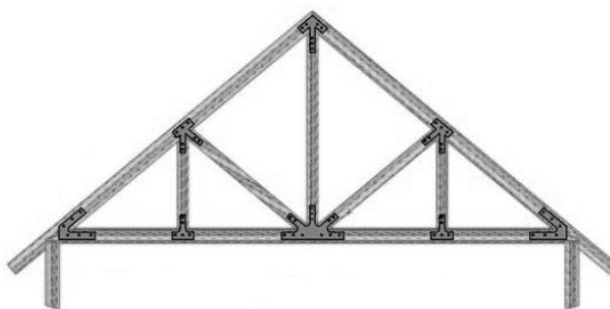
As duas madeiras escolhidas foram Cupúba, conhecida em Fernandópolis como Peroba e a Cambará, conhecida na cidade como Mandioqueira-Lisa estas espécies segundo a NBR 7190:1997 da ABNT, tem características mecânicas, parecidas quanto a resistência, mas a Cambará é um pouco mais leve que sua concorrente.

O dimensionamento seguirá todos os procedimentos e verificações solicitadas pela NBR 7190:1997 da ABNT e no fim concluiremos qual das duas madeiras tem melhor custo/benefício em relação a outra para este fim.

O dimensionamento se dará de forma otimizada, afim de atender a todas as solicitações, o banzo superior, inferior, montante e diagonal da Tesoura terão seções diferentes, todas dimensionadas e atendendo todas as condições de segurança da NBR 7190:1997 da ABNT.

De acordo com Pfeil e Pfeil (2015) se tratando de telhado, Tesouras são bem usuais, pois tem menor complexidade na execução e na elaboração do projeto, podendo vencer vãos maiores. Tem-se a mais conhecida delas que é o Modelo Howe visto na **Figura 1** abaixo, segundo Sedano (2006), a Tesoura do tipo Howe apresenta diagonais comprimidas e os montantes tracionados, as barras de montantes centrais não devem ter comprimentos maiores que 4 metros, e de acordo com a NBR 7190:1997 barras tracionadas não pode ter comprimento superior a 50 vezes a sua maior dimensão (NBR 7190:1997). Esse tipo de Tesoura é comumente utilizado para vencer vãos de pequena e média ordem, ou seja, até 20 m.

Figura 1 - Howe



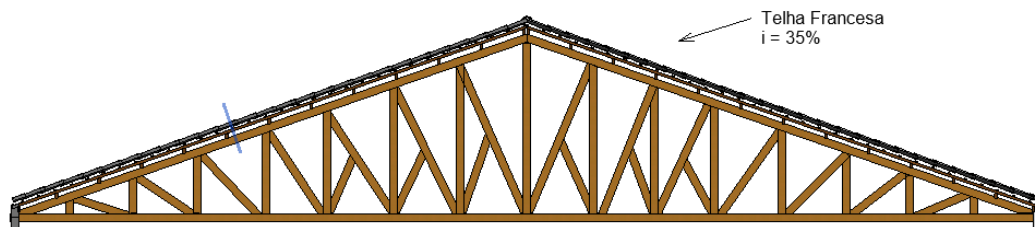
Fonte: CALIL, C. Jr.; MOLINA, J. C.; Coberturas em estruturas de madeira (2010)

RELATO DE CASO

O futuro barracão terá 19 Tesouras, todas feitas com peças maciças, conforme podemos ver na Figura 1 logo abaixo, espaçadas a cada 2,5 metros, o barracão terá dimensão de 20x45m

(Conforme Planta Baixa, **Anexo A**). A telha cerâmica utilizada para a cobertura do telhado será a francesa, com inclinação 35%, e peso de 40 kg/m² conforme fabricante (Telhas Candelária).

Figura 1 - Tesoura



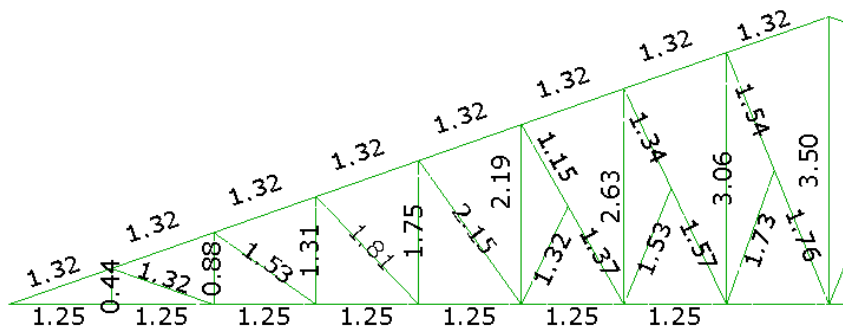
Fonte: Os Autores.

De acordo com MOURA (1986), duas características da madeira têm maior influência na capacidade de resistência a forças externas, sendo essas a densidade e o teor de umidade.

Para Soriano (2013) Tesouras são “estruturas reticuladas de nós rotulados, formada por barras retas bi rotuladas, sob forças externas apenas nas rótulas, de maneira a ocorrer apenas o esforço normal, de tração ou compressão”. Moliterno (2009) define Tesoura como “um sistema de barras situadas num plano e articuladas umas às outras em suas extremidades, de modo a formar uma cadeia rija”.

A Figura 2 detalha a metade da geometria da futura Tesoura, pois, a mesma é simétrica, onde será confeccionada em peças.

Figura 2 – Cotas



Fonte: Os Autores.

O barracão será construído em alvenaria bloco cerâmico de 8 furos com medida 9x19x19cm, e toda a parte do telhado será feita com as duas madeiras retratadas neste trabalho.

Análise do Vento na Cobertura

Como o tipo de madeira não influencia nas ações do vento, está será aplicada tanto nas tesouras confeccionadas com Cambará e com Cupiúba. Com auxílio do software livre Ciclone (versão 3.0) a ação do vento na estrutura, seguindo todas as recomendações da NBR 6123:1988

(versão corrigida de 2013) da ABNT.

O terreno onde será instalado o barracão é plano, e a rugosidade do terreno tem classificação IV, e para a velocidade básica do vento, será adotada 35 m/s conforme o gráfico das isopletras desta norma. Dentre as 4 hipóteses apresentadas na NBR 6123, somente 3 deles se enquadram na geometria do barracão em questão.

Com auxílio do software foram feitas as simulações para o Vento a 0° (vento incidente na menor dimensão do barracão), e 90° (vento incidente na maior dimensão do barracão).

Vento à 0°

2ª HIPÓTESE: Abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade – Abertura dominante na face de barlavento (NBR 6123:1988 - item 6.2.5.c da ABNT), chegando ao valor de CPI=0,53.

3ª HIPÓTESE: Abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade – Abertura dominante na face de sotavento (NBR 6123:1988 - item 6.2.5.c da ABNT), obtendo o valor de CPI = -0,30.

4ª HIPÓTESE: Abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade – Abertura dominante em uma face paralela ao vento – abertura dominante não situada em zona de alta sucção externa (NBR 6123:1988 - item 6.2.5.c da ABNT), obtendo o valor de CPI = -0,80.

Após a simulação com o software Ciclone (versão 3.0), os resultados para os ventos de sobrepressão e sucção bem como os esforços nas barras da tesoura que foram obtidos com apoio do software Ftool são apresentados conforme projeto em **Anexo B**.

Vento à 90°

2ª HIPÓTESE: Abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade – Abertura dominante na face de barlavento (NBR 6123:1988 - item 6.2.5.c da ABNT), obtendo valor de CPI = -0,90.

3ª HIPÓTESE: Abertura dominante em uma face; as outras faces de igual permeabilidade – Abertura dominante na face de sotavento (NBR 6123:1988 - item 6.2.5.c da ABNT), obtendo CPI=0,97.

Após a simulação com o software Ciclone (versão 3.0), os resultados para os ventos de sobrepressão e sucção bem como os esforços nas barras da tesoura que foram obtidos com apoio do software Ftool são apresentados conforme projeto em **Anexo C**.

Análise dos carregamentos na Tesoura utilizando Cambará

Para o levantamento do peso próprio da tesoura, as dimensões adotadas estão descritas na Tabela 1:

Tabela 1 – Seções dos elementos da Tesoura

Banzo superior	Banzo inferior	Diagonal	Montante
5x20 cm.	5x15 cm.	5x10 cm.	5x15 cm.

Fonte: Os autores

Foi estimado, de acordo com a NBR 7190:1997 3% de acréscimo no peso próprio proveniente dos elementos de ligação, após todos os levantamentos, realizou-se o cálculo das ações nodais e aplicou as ações nos respectivos nós, obtendo os esforços axiais (conforme **Anexo D**). Também será prevista uma sobrecarga característica mínima de $0,25 \text{ kN/m}^2$ de área construída (Conforme **Anexo D**).

Combinações e Esforços Solicitantes

De posse dos valores de todas as ações (permanente, variável e vento) nas barras realizou-se as seguintes combinações:

$$N_{d1} = \gamma_g \times N_{g,k} + (\gamma_q \times [N_{q,k} + \psi_0 * N_{w1,k}])$$

$$N_{d2} = \gamma_g \times N_{g,k} + (\gamma_q \times [0,75N_{w1,k} + \psi_0 * N_{q,k}])$$

$$N_{d3} = \gamma_g \times N_{g,k} + (\gamma_q \times 0,75N_{w2,k})$$

$$N_{d4} = \gamma_g \times N_{g,k} + (\gamma_q \times [N_{q,k} + \psi_0 * N_{w3,k}])$$

$$N_{d5} = \gamma_g \times N_{g,k} + (\gamma_q \times [0,75N_{w3,k} + \psi_0 * N_{q,k}])$$

$$N_{d6} = \gamma_g \times N_{g,k} + (\gamma_q \times 0,75N_{w4,k})$$

Com o auxílio do software Excel, obteve-se as solicitações de cálculo, onde, será dimensionado os elementos mais solicitados de cada grupo (banzo superior, inferior, diagonal e montante) da tesoura, os resultados são apresentados na **Tabela 14 e 15 (Anexo E e F)**.

Tabela 2: Esforços axiais

Madeira	Banzo superior	Banzo inferior	Montante	Diagonal
Cambará	Barra 17	Barra 2	Barra 54	Barra 39
	- 108,458 Kn	102,186 Kn	34,58 Kn	-18,501 Kn
Cupíuba	Barra 17	Barra 2	Barra 54	Barra 39
	-123,102 Kn	116,088 Kn	39,172 Kn	-21,077 Kn

DIMENSIONAMENTO

Quando a madeira é solicitada por forças externas, seu comportamento é determinado através das propriedades mecânicas de rigidez e de resistência (CALIL, 2010).

De acordo com a NBR 7190:1997, os procedimentos para dimensionar barras comprimidas e barras tracionadas são como segue:

Barras comprimidas:

Primeira verifica-se o índice de esbeltez da peça, pois este parâmetro mostra se a flambagem sofrida pela peça causará uma excentricidade pequena ou não, em outras palavras, as peças comprimidas podem ser classificadas em curtas, medianamente esbeltas, ou esbeltas, de acordo com o índice de esbeltez, dado pela formula:

$$\lambda = \frac{Lo}{\sqrt{\frac{I}{A}}} \quad (1)$$

De acordo com o índice de esbeltez as peças são classificadas em curtas, medianamente esbeltas e esbeltas, tais índices podem ser encontrados na NBR 7190:1997.

De acordo com NBR 7190:1997, as peças são consideradas esbeltas se λ for maior que 80, não se permitindo valor maior que 140, e neste trabalho, abordaremos o processo de cálculo para estas peças.

A condição de segurança é dada pela fórmula:

$$\frac{\sigma_{Nd} + \sigma_{Md}}{f_{co,d}} \leq 1 \quad (2)$$

A tensão devido ao esforço normal (σ_{Nd}) é obtida pela razão da Força Normal de cálculo (Nd) pela área, no entanto a tensão proveniente do momento (σ_{Md}) é o produto da Força normal (Nd) pela excentricidade sofrida pela peça ao ser solicitada pelo carregamento, para obter a excentricidade (peças esbeltas), procede-se como abaixo:

Primeiro calcula-se a carga crítica através da Equação 3, posteriormente a excentricidade acidental, inicial, primeira ordem com auxílio das Equações 4, 5 e 6, respectivamente:

$$F_e = \frac{\pi * E c_{0,ef} * I}{L_0^2} \quad (3)$$

$$e_a = \frac{L_0}{300} \quad (4)$$

$$e_i = \frac{M_{1,d}}{N_d} \geq \frac{h}{30} \quad (5)$$

$$e_1 = \frac{M_{1,d}}{N_d} \quad (6)$$

Peças esbeltas, sofrem uma maior excentricidade, quando comparada com peças medianamente esbeltas, portanto, considerados uma excentricidade suplementar, dada pela equação:

$$e_c = (e_1 + e_a)(e^c - 1) \quad (7)$$

Onde:

$$c = \frac{\phi [N_{G,k} + (\psi_1 + \psi_2) N_{q,k}]}{F_e - [N_{G,k} + (\psi_1 + \psi_2) N_{q,k}]} \quad (8)$$

Na Equação 8, ϕ é o coeficiente de fluência e está associado a classe de umidade e o tipo de carregamento, já os coeficientes ψ_1 e ψ_2 são coeficiente que depende do tipo de carga e ações, estes coeficientes podem ser encontrados nas Tabela 15 e 2 da NBR 7190:1997.

Após estes procedimentos, calcula-se a excentricidade efetiva de primeira ordem (Equação 9) e a excentricidade de cálculo (Equação 10).

$$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c \quad (9)$$

$$e_d = e_{1,ef} \left(\frac{F_e}{F_e - N_d} \right) \quad (10)$$

Barras tracionadas:

Em barras tracionadas, a favor da segurança usa-se $f_{t0,d} = f_{c0,d}$, pois, trata-se de uma madeira de segunda categoria, já que a mesma não foi testada em laboratório e não se pode garantir a ausência de defeitos internos na peça, sendo assim, a condição de segurança a ser verificada é:

$$\sigma_d \leq f_{t0,d} \quad (11)$$

Propriedades mecânicas

De acordo com Pfeil e Pfeil (2003), as propriedades físicas e mecânicas das espécies de madeira, por serem muito variadas, são determinadas seguindo a ABNT NBR 7190:1997 por meio de ensaios padronizados em amostras sem defeitos (para se obter resultados mais condizentes com a realidade). Para a caracterização completa da madeira para uso em estruturas, várias propriedades como resistência a compressão, tração e cisalhamento, módulo de elasticidade e densidade básica devem ser determinadas por meio desses ensaios padronizados.

As duas madeiras abordadas neste trabalho são madeiras de segunda categoria, assim o valor resistente de tração não é utilizado, adotamos o mesmo valor da resistência a compressão, zelando assim pela segurança, a segunda categoria, é a mais comum de se encontrar no mercado.

Considerando a classe de umidade 1 de nossa região, madeira do tipo serrada e de segunda categoria o coeficiente de modificação, será igual a 0,56 (adimensional), sendo este um coeficiente de minoração das propriedades mecânicas.

Os valores de referência para o cálculo das resistências da madeira foram todos retirados da NBR 7190:1997 da ABNT e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas como podemos ver na **Tabela 3 e 4** abaixo:

Tabela 3: Propriedades mecânicas da *Gupia Glabra* (Cupiúba) (Valores médios)

$\rho_{ap} (Kg/m^3)$	$f_{c0,m}$ MPa	$f_{v,m}$ MPa	$E_{c0,m}$ MPa
838	54,4	10,4	13627

Fonte: NBR 7190:1997

Tabela 4: Propriedades mecânicas da *Qualea albiflora* (Cambará) (Valores médios)

$\rho_{ap} (Kg/m^3)$	$f_{c0,m}$ MPa	$f_{v,m}$ MPa	$E_{c0,m}$ MPa
650	56,5	7,8	13700

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Fonte: (IPT,1983; IPT,1989a)

Portanto de acordo com as Tabela 3 e 4, os esforços resistentes de cálculo das madeiras Cupiúba e Cambará foram calculados e estão expostos logo a seguir:

Tabela 5: Resistência de Cálculo

	$f_{c0,d} \text{ kN/cm}^2$	$f_{v,d} \text{ kN/cm}^2$	$E_{c0,ef} \text{ kN/cm}^2$
Cupíuba	1,52	0,17	763,11
Cambará	1,58	0,13	767,20

Fonte: Os Autores.

Verificação dos esforços solicitantes em peças comprimidas

Os esforços solicitantes, são calculados de acordo com a NBR 7190:1997, o grau de esbeltez, para ambas as madeiras, são os mesmos, em um primeiro momento, pois, foram consideradas, as mesmas dimensões, portanto e de acordo com a Equação 1, o grau de esbeltez no caso mais crítico é:

Tabela 6: Índice de esbeltez

Banzo superior	$\lambda_y = 91,73$
Diagonal	$\lambda_y = 114,3$

Fonte: Os autores

A tensão solicitante será dada pela **Tabela 2**, já a tensão de momento (σ_{Md}) depende do momento gerado pela excentricidade sofrida pela peça, pois, de acordo com os resultados apresentados na **Tabela 6**, trata-se de peças esbeltas, portanto, fazendo o uso das Equações 3 a 10, tem-se os seguintes resultados apresentados nas **Tabela 7 e 8**.

Tabela 7: Banzo superior

F_e	e_a	e_i	e_1	e_c	e_d	M_d
89,97 Kn	0,44 cm	0,17 cm	0	-0,12 cm	0,21 cm	24,84 Kn.cm

Fonte: Os Autores.

Tabela 8: Diagonal

F_e	e_a	e_i	e_1	e_c	e_d	M_d
43,45 Kn	0,55 cm	0,16 cm	0	0,07 cm	1,40 cm	25,90 Kn.cm

Fonte: Os Autores.

Com auxílio da Equação 2, tanto o banzo superior, como as diagonais, considerando seus elementos mais solicitados (**Tabela 2**) tem-se:

Tabela 9: Verificação da condição de segurança

Banzo superior	$0,88 \leq 1$ Ok!
Diagonal	$0,41 \leq 1$ Ok!

Fonte: Os autores

Portanto, de acordo com os resultados anteriores (**Tabela 9**), as peças atendem aos requisitos de segurança impostos pela norma.

Verificação dos esforços solicitantes em peças tracionadas:

A verificação das peças montantes e banzo inferior devem ser feitas de acordo com a Equação 11, os esforços solicitantes, são os seguintes:

Tabela 10: Esforços solicitante de tração

Montante	$0,43 \text{ kN/cm}^2$
Banzo inferior	$1,31 \text{ kN/cm}^2$

Fonte: Os Autores

Portanto, comparando os resultados das **Tabelas 9 e 10**, com o resultado da **Tabela 5**, todos os elementos da tesoura atenderam as verificações de segurança prescritas pela NBR 7190:1997.

DISCUSSÃO – ANÁLISE DE CUSTO

Para o levantamento do custo, foi levantado o quantitativo de madeira a ser utilizada na confecção das 19 tesouras do futuro barracão, os valores foram obtidos e pesquisados no mercado local da cidade de Fernandópolis – SP, conforme **Tabela 11** abaixo:

Tabela 11 – Quantitativo

Elementos	Seção	Quantidade (m)	Valor Cupíuba (Metro)	Custo Cupíuba	Valor Cambará (Metro)	Custo Cambará
Banzo Superior	5x20	401,28	R\$ 48,00	R\$ 19261,44	R\$ 43,60	R\$ 17495,81
Banzo Inferior	5x15	380	R\$ 31,50	R\$ 11970,00	R\$ 27,50	R\$ 10450,00
Diagonal	5x10	763,8	R\$ 23,20	R\$ 17720,16	R\$ 19,50	R\$ 14894,10
Montante	5x15	532	R\$ 31,50	R\$ 16758,00	R\$ 27,50	R\$ 14630,00

Fonte: Os autores

O quantitativo para a confecção da trama e das terças são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 12: Trama

Elementos	Seção	Quantidade (m)	Valor Cupíuba (Metro)	Custo Cupíuba	Valor Cambará (Metro)	Custo Cambará
Terça	5x15cm	810	R\$ 31,50	R\$ 25515,00	R\$ 27,50	R\$ 22275,00
Caibros	5x5cm	1920	R\$ 10,80	R\$ 20736,00	R\$ 9,70	R\$ 18624,00
Ripa	2,5x5cm	2970	R\$ 5,10	R\$ 15147,00	R\$ 4,90	R\$ 14553,00

Fonte: Os Autores.

O custo total de toda a cobertura, com exceção das telhas, que é a mesma para ambos os madeiramentos é:

Tabela 13: Custo Total

Elementos	Madeira	
	Cupíuba	Cambará
Tesoura + Trama	R\$ 127107,60	R\$ 112921,91

Fonte: Os Autores.

CONCLUSÃO

Após toda a análise teórica estrutural, os elementos da tesoura atenderam todas as solicitações considerando as verificações de segurança requeridas pela NBR 7190:1997 com ambas as espécies de madeira, sendo assim cumprindo o papel do engenheiro civil, zelando pela segurança e a economia.

Com todos os elementos dimensionados percebeu-se uma pequena diferença entre as espécies utilizadas neste trabalho, no entanto, a madeira da espécie Cambará que ainda não possui elevada aceitação em nossa região de acordo com o fornecedor, mostrou-se ser uma espécie promissora na confecção de telhados em estrutura de madeira.

O fator primordial, para a escolha da espécie de madeira levando em consideração a segurança e o custo, foi a análise do custo, já que ambas satisfazem todas as condições de

segurança e estética, portanto, optou-se em executar as tesouras de madeira com a espécie de madeira Cambará, pois esta escolha fornecerá uma economia no valor de R\$ 14185,69.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (1997). NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123:1988 (versão corrigida de 2013) Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro.

CALIL, C. Jr.; MOLINA, J. C.; Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo. 118. 1ª. Ed. São Paulo: PINI, 2010. 214p.

MARTINS, Tomás F. R. M. Dimensionamento de Estruturas em Madeira - Coberturas e Pavimentos. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal / 2010.

MOLITERNO, A. Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira. 3o ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009

MOURA, L. F. B. Manual do Técnico Florestal. Apostila do Colégio Florestal de Irati, 4 vol. Ilust, Campo Largo, Ingra S/A, 1986.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele. Estruturas de madeira. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2015. 224 p..

SEDANO, L. H. A. Comparativo entre tesouras simples e duplas. Monografia. Universidade São Francisco – USF. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Engenharia Civil. Itatiba, São Paulo, 2006.

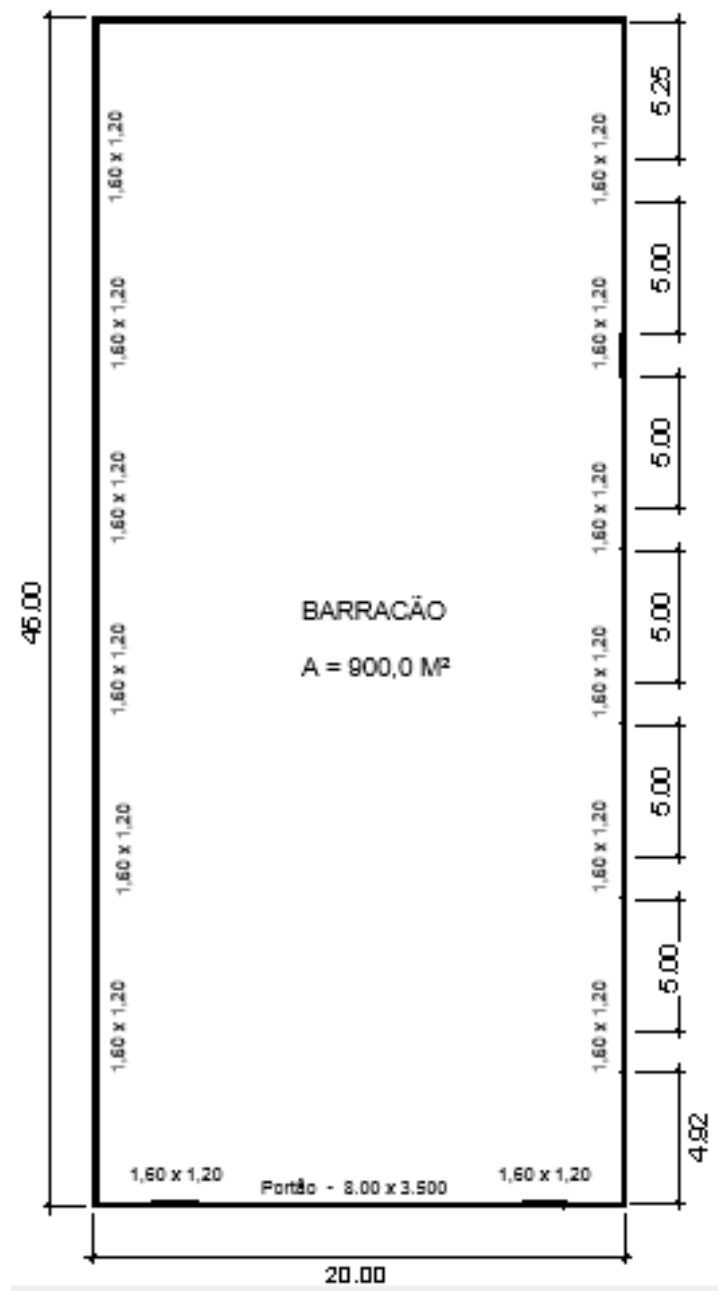
SORIANO, H. L. Estática Das Estruturas. 3o ed. Ciência Moderna, 2013.

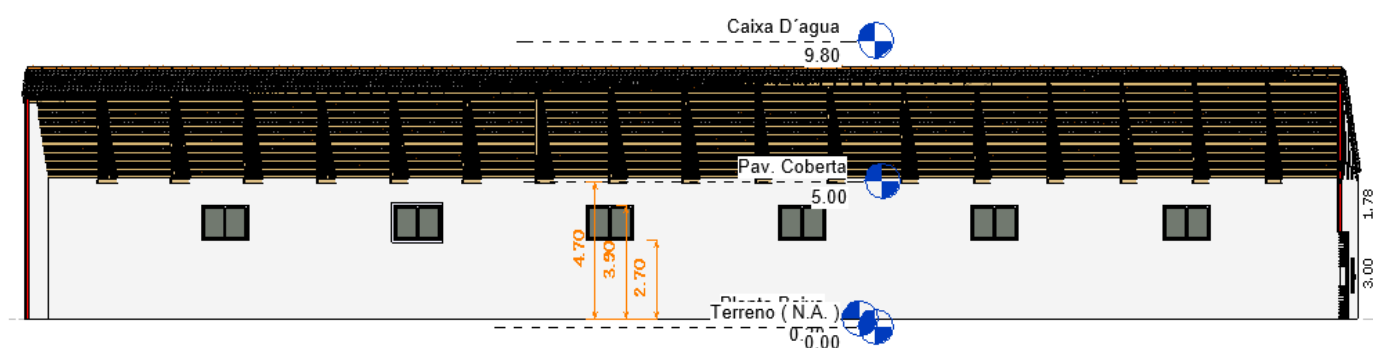
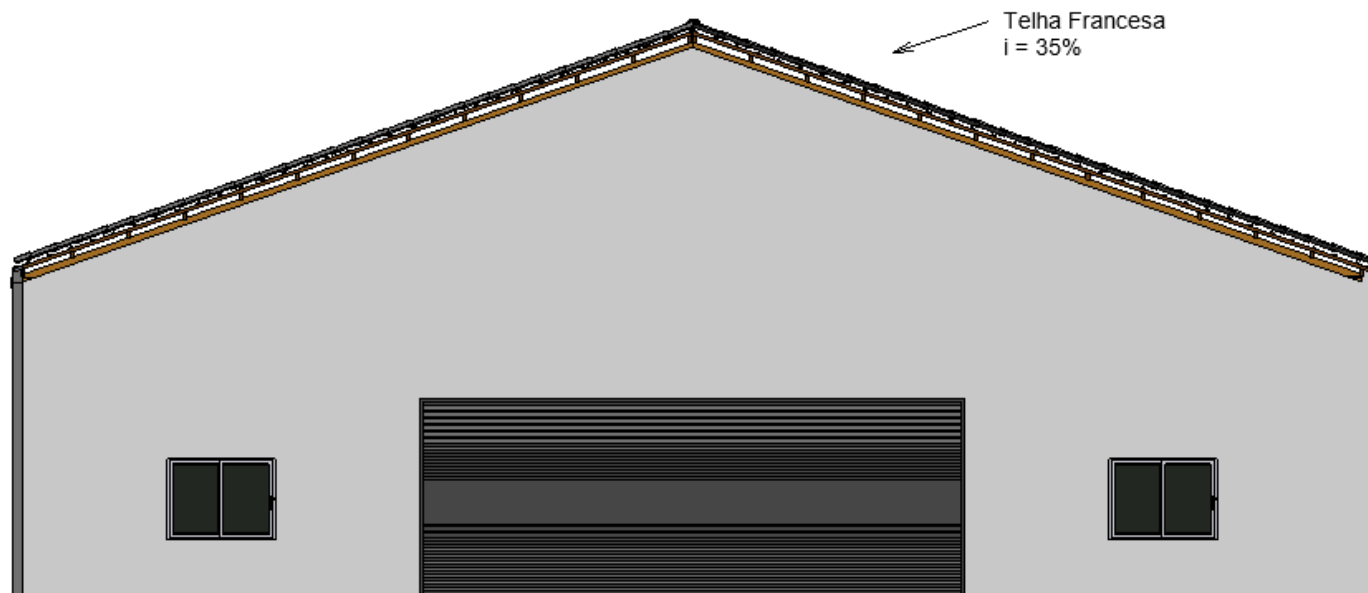
CANDELÁRIA, Telhas (<https://telhascandelaria.com.br/produtos>)

Acesso em: 13 de dezembro de 2021

ANEXO A

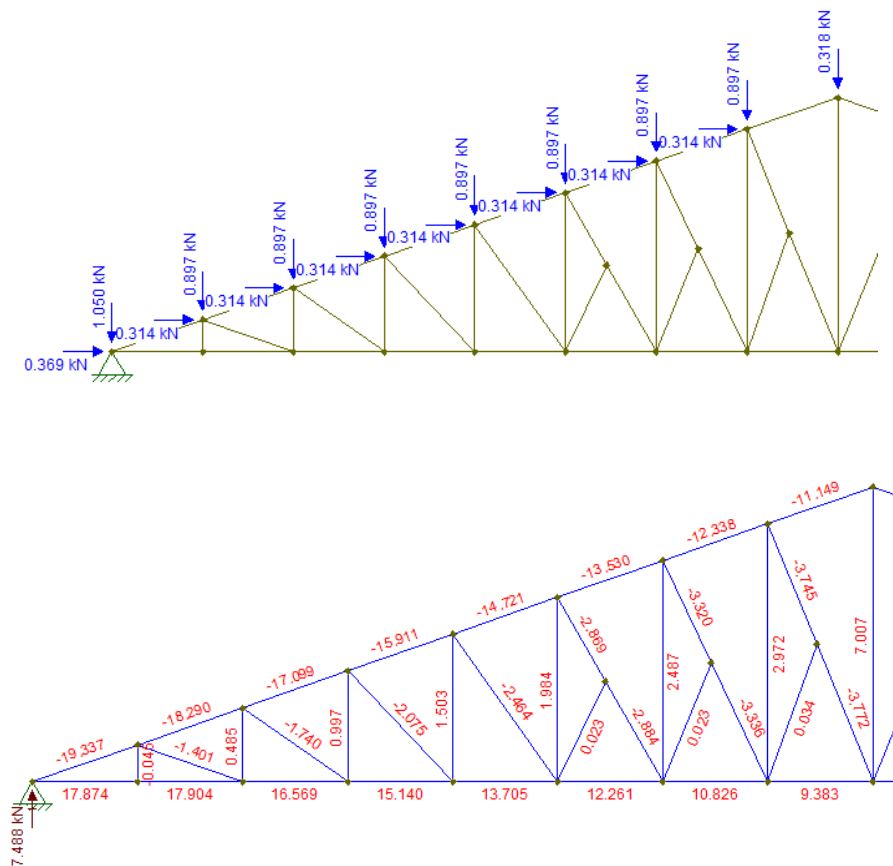
Este Anexo apresenta, Planta Baixa, Elevação Frontal e Corte Lateral.



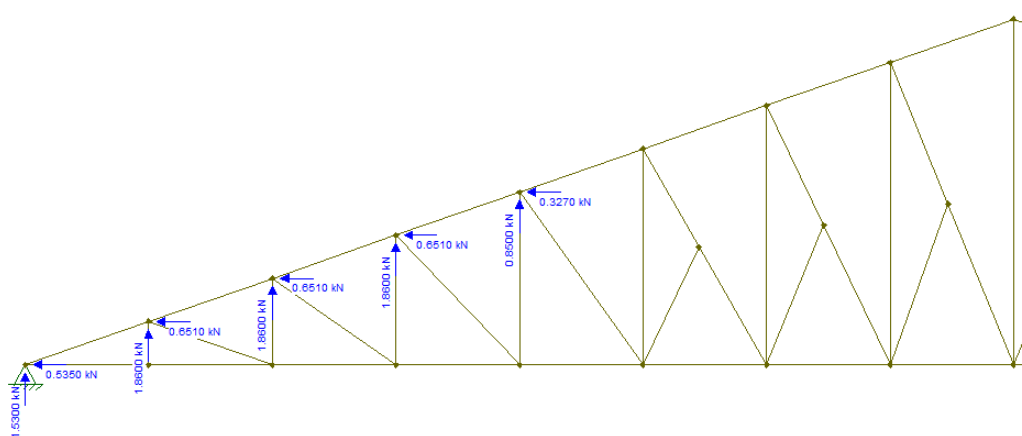


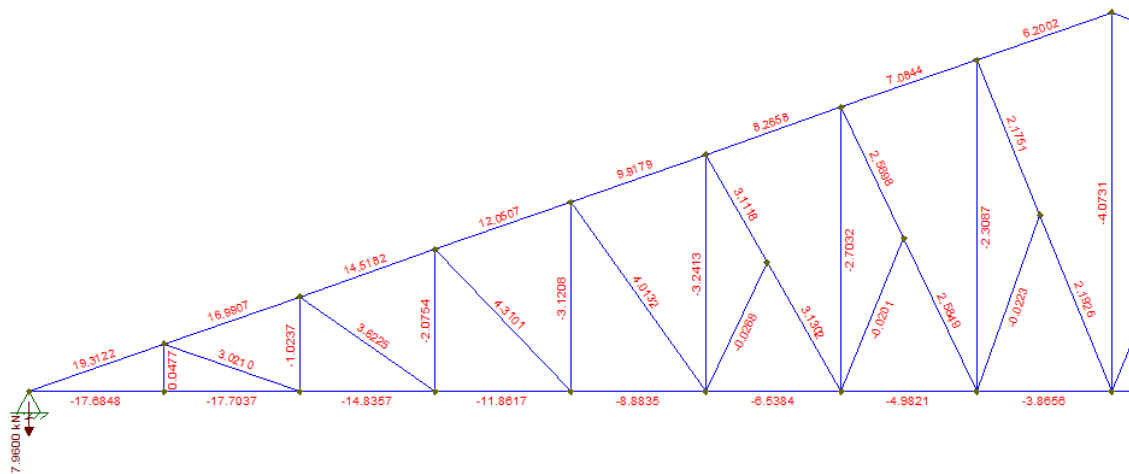
ANEXO B

Vento 1 – Sobrepressão Simétrica Vento a 0°



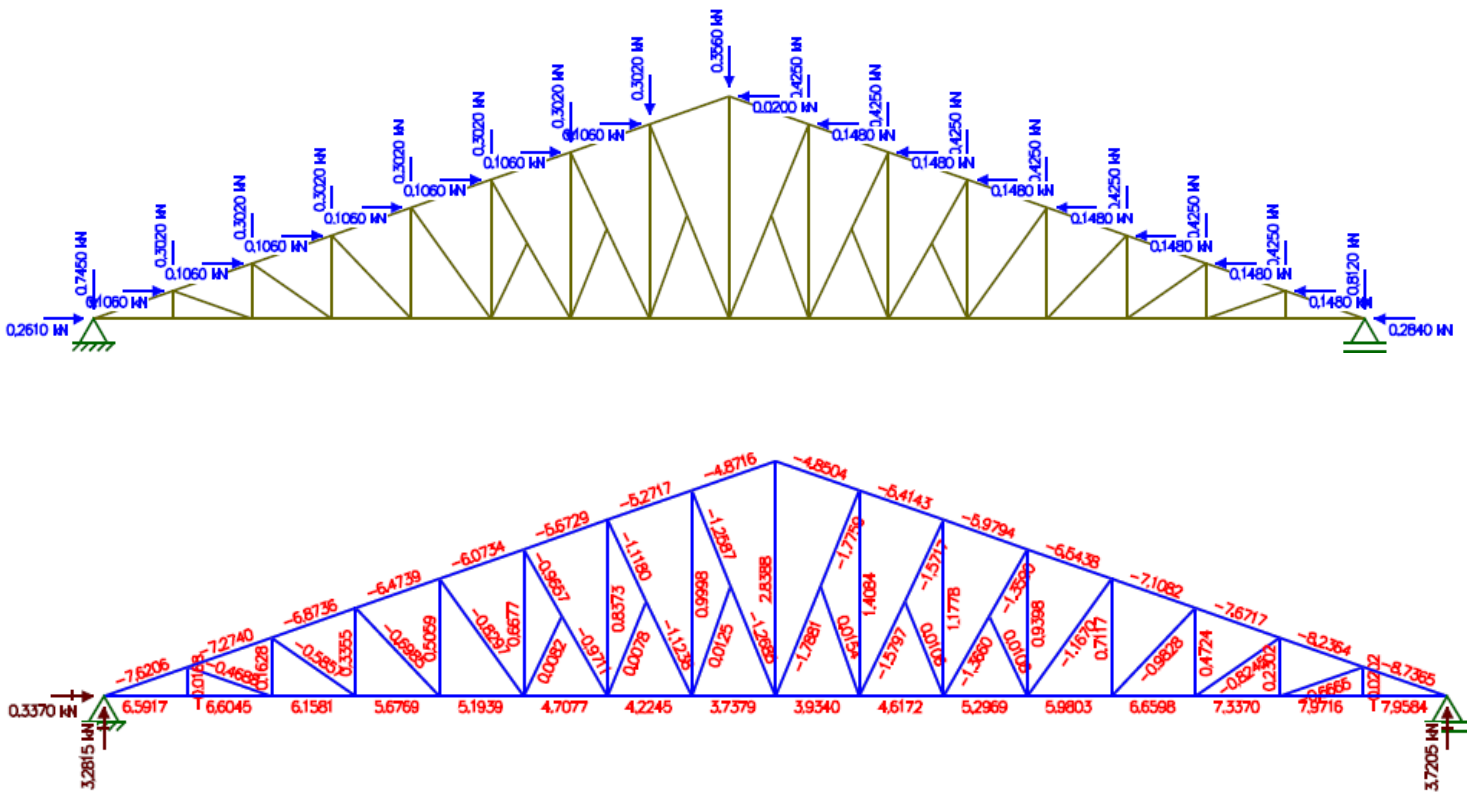
Vento 2 – Sucção Simétrica Vento a 0°



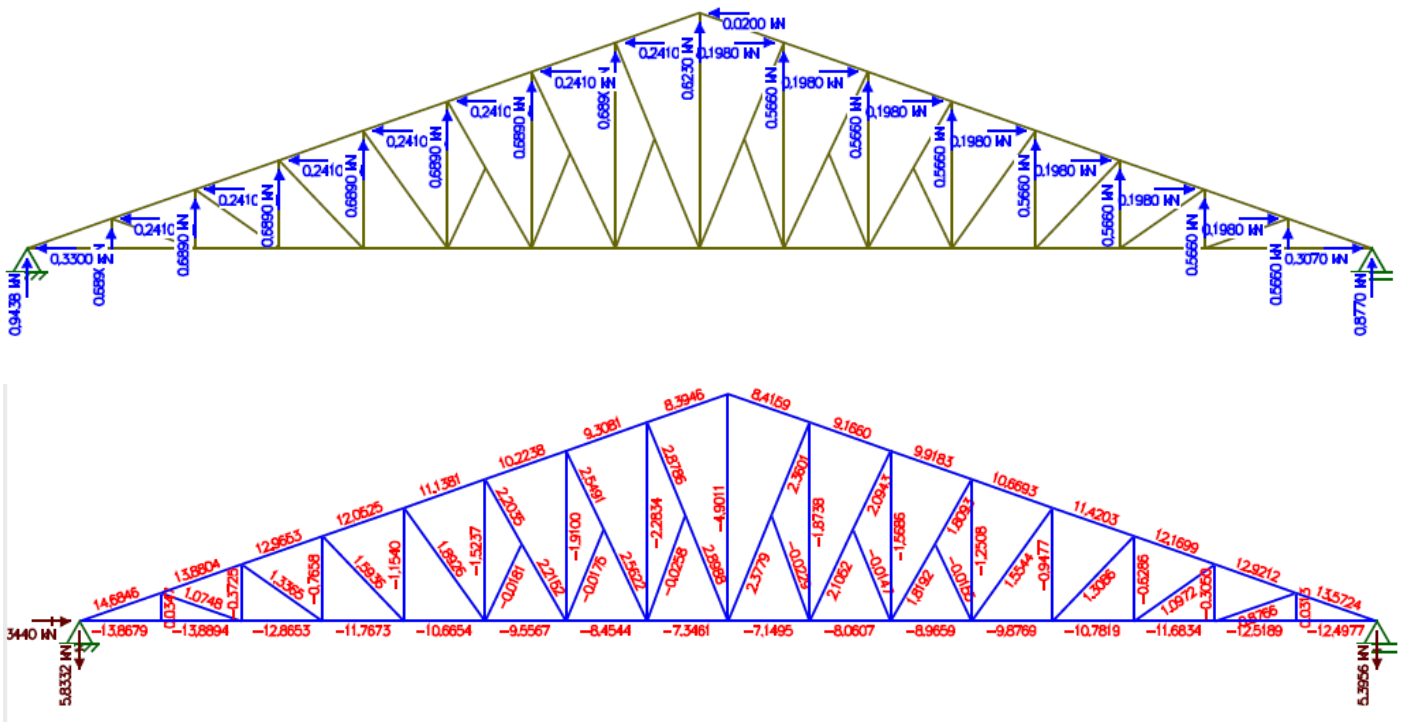


ANEXO C

Vento 3 – SobrePressão Vento a 90°

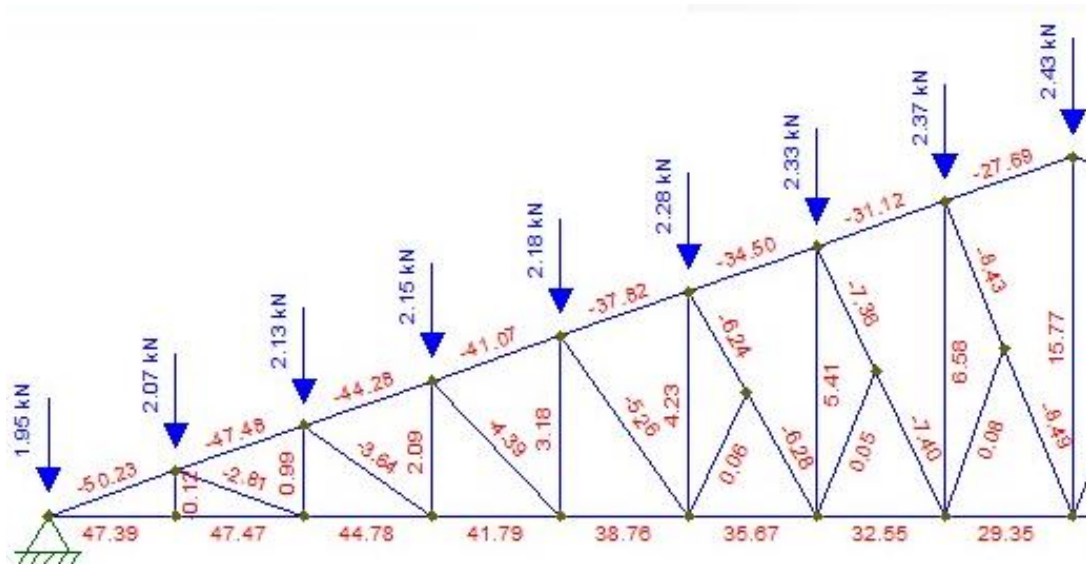


Vento 4 – Sucção Assimétrica Vento a 90°

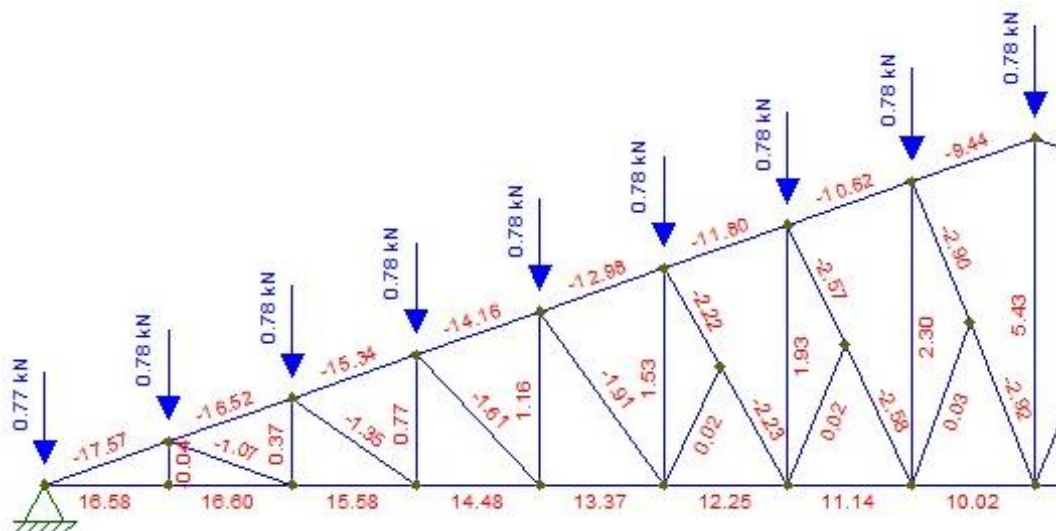


ANEXO D

Peso Próprio Cambará



Ação Variável Cambará



ANEXO E

Tabela 14 – Esforços Cambará

PLANILHA DE ESFORÇOS															
Barra	Esforços - Ações Nominais (valores característicos)						Esforços - Combinações de Ações (valores de cálculo)								
	NG,k	NQ,k	NW1,k	NW2,k	NW3,k	NW4,k	Nd,1	Nd,2	Nd,3	Nd,4	Nd,5	Nd,6	Ntd	Ncd	
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
BANZO INFERIOR	1	47,390	16,580	17,870	-17,700	6,590	-13,870	102,067	94,394	24,066	94,171	82,550	28,088	102,067	--
	2	47,440	16,600	17,900	-17,700	6,600	-13,890	102,186	94,507	24,111	94,276	82,642	28,112	102,186	--
	3	44,780	15,580	16,570	-14,830	6,150	-12,860	96,103	88,815	24,731	88,809	77,874	26,799	96,103	--
	4	41,790	14,480	15,140	-11,860	6,679	-11,760	89,376	82,512	25,158	83,453	73,628	25,263	89,376	--
	5	38,760	13,370	13,700	-8,880	5,190	-10,660	82,572	76,136	25,560	76,615	67,201	23,691	82,572	--
	6	35,670	12,250	12,260	-6,530	4,700	-9,550	75,670	69,671	25,247	70,378	61,733	22,076	75,670	--
	7	32,550	11,140	10,820	-4,980	4,220	-8,450	68,740	63,169	24,066	64,120	56,239	20,423	68,740	--
	8	29,350	10,020	9,380	-3,860	3,730	-7,340	61,684	56,550	22,362	57,729	50,618	18,708	61,684	--
	9	29,350	10,020	9,380	-3,860	3,930	-7,140	61,684	56,550	22,362	57,869	50,828	18,918	61,684	--
	10	32,550	11,140	10,820	-4,980	4,610	-8,060	68,740	63,169	24,066	64,393	56,649	20,832	68,740	--
	11	35,670	12,250	12,260	-6,530	5,290	-8,960	75,670	69,671	25,247	70,791	62,353	22,695	75,670	--
	12	38,760	13,370	13,700	-8,880	5,980	-9,870	82,572	76,136	25,560	77,168	68,030	24,521	82,572	--
	13	41,790	14,480	15,140	-11,860	6,650	-10,780	89,376	82,512	25,158	83,433	73,597	26,292	89,376	--
	14	44,780	15,580	16,570	-14,830	7,330	-11,680	96,103	88,815	24,731	89,635	79,113	28,038	96,103	--
	15	47,440	16,600	17,900	-17,700	7,970	-12,520	102,186	94,507	24,111	95,235	84,081	29,550	102,186	--
	16	47,390	16,580	17,870	-17,700	7,950	-12,490	102,067	94,394	24,066	95,123	83,978	29,537	102,067	--
Banzo superior	17	-50,230	-17,570	-19,340	19,310	-7,620	14,680	-108,458	-100,468	-24,932	-100,254	-88,162	-29,793	--	-108,458
	18	-47,480	-16,520	-18,290	17,000	-7,270	13,880	-102,403	-94,928	-24,882	-94,689	-83,357	-28,158	--	-102,403
	19	-44,280	-15,340	-17,100	14,510	-6,870	12,960	-95,438	-88,537	-24,617	-88,277	-77,796	-26,244	--	-95,438
	20	-41,070	-14,160	-15,910	12,050	-6,470	12,050	-88,459	-82,133	-24,311	-81,851	-72,221	-24,311	--	-88,459
	21	-37,820	-12,980	-14,720	9,910	-6,070	11,130	-81,424	-75,673	-23,633	-75,369	-66,590	-22,352	--	-81,424
	22	-34,500	-11,800	-13,500	8,260	-5,670	10,220	-74,270	-69,083	-22,377	-68,789	-60,862	-20,319	--	-74,270
	23	-31,120	-10,610	-12,340	7,080	-5,270	9,300	-67,060	-62,467	-20,574	-62,111	-55,043	-18,243	--	-67,060
	24	-27,690	-9,450	-11,150	6,200	-4,870	8,390	-59,801	-55,766	-18,411	-55,405	-49,172	-16,112	--	-59,801
	25	-27,690	-9,450	-11,150	6,200	-4,850	8,410	-59,801	-55,766	-18,411	-55,391	-49,151	-16,091	--	-59,801
	26	-31,120	-10,610	-12,340	7,080	-5,410	9,160	-67,060	-62,467	-20,574	-62,209	-55,190	-18,390	--	-67,060
	27	-34,500	-11,790	-13,500	8,260	-5,970	9,910	-74,256	-69,077	-22,377	-68,985	-61,171	-20,645	--	-74,256
	28	-37,820	-12,980	-14,720	9,910	-6,540	10,670	-81,424	-75,673	-23,633	-75,698	-67,084	-22,835	--	-81,424
	29	-41,070	-14,180	-15,910	12,050	-7,100	11,420	-88,487	-82,144	-24,311	-82,320	-72,894	-24,972	--	-88,487
	30	-44,280	-15,350	-17,100	14,510	-7,670	12,170	-95,452	-88,543	-24,617	-88,851	-78,642	-27,074	--	-95,452
	31	-47,480	-16,440	-18,290	17,000	-8,230	12,920	-102,291	-94,883	-24,882	-95,249	-84,320	-29,166	--	-102,291
	32	-50,230	-17,620	-13,340	19,310	-8,730	13,570	-104,328	-94,196	-24,932	-101,101	-89,356	-30,959	--	-104,328
DIAGONAL	33	-2,810	-1,070	-1,400	3,000	-0,470	1,070	-6,412	-6,003	0,621	-5,761	-5,027	-1,406	--	-6,412
	34	-3,640	-1,350	-1,740	3,620	-0,580	1,330	-8,204	-7,679	0,525	-7,392	-6,461	-1,880	--	-8,204
	35	-4,390	-1,610	-2,075	4,310	-0,690	1,590	-9,853	-9,226	0,575	-8,883	-7,772	-2,282	--	-9,853
	36	-5,260	-1,910	-2,460	4,010	-0,830	1,890	-11,760	-11,017	-0,524	-10,619	-9,305	-2,750	--	-11,760
	37	-6,280	-2,220	-2,880	3,130	-0,970	2,210	-13,916	-13,059	-2,366	-12,579	-11,054	-3,332	--	-13,916
	38	-7,360	-2,570	-3,330	2,580	-1,120	2,560	-16,233	-15,240	-3,915	-14,686	-12,919	-3,936	--	-16,233
	39	-8,430	-2,900	-3,770	2,190	-1,270	2,890	-18,501	-17,385	-5,288	-16,751	-14,760	-4,553	--	-18,501
	40	-8,430	-2,900	-3,770	2,190	-1,790	2,370	-18,501	-17,385	-5,288	-17,115	-15,306	-5,099	--	-18,501
	41	-7,360	-2,570	-3,330	2,580	-1,580	2,100	-16,233	-15,240	-3,915	-15,008	-13,402	-4,419	--	-16,233
	42	-6,280	-2,220	-2,880	3,130	-1,360	1,810	-13,916	-13,059	-2,366	-12,852	-11,463	-3,752	--	-13,916

Montante	43	-5,260	-1,910	-2,460	4,010	-1,160	1,550	-11,760	-11,017	-0,524	-10,850	-9,652	-3,107	--	-11,760
	44	-4,390	-1,610	-2,075	4,310	-0,980	1,300	-9,853	-9,226	0,575	-9,086	-8,077	-2,586	--	-9,853
	45	-3,640	-1,350	-1,740	3,620	-0,820	1,090	-8,204	-7,679	0,525	-7,560	-6,713	-2,132	--	-8,204
	46	-2,810	-1,070	-1,400	3,020	-0,660	0,880	-6,412	-6,003	0,642	-5,894	-5,226	-1,605	--	-6,412
	47	0,120	0,040	-0,045	0,047	-0,016	0,030	0,193	0,143	0,157	0,213	0,174	0,140	0,213	--
	48	0,990	0,370	0,485	-1,020	0,160	-0,370	2,244	2,102	-0,180	2,016	1,761	0,503	2,244	--
	49	2,090	0,770	0,990	-2,070	0,330	-0,760	4,697	4,397	-0,292	4,235	3,704	1,083	4,697	--
	50	3,180	1,160	1,500	-3,120	0,500	-1,150	7,126	6,677	-0,414	6,426	5,627	1,655	7,126	--
	51	4,230	1,530	1,980	-3,240	0,670	-1,520	9,450	8,858	0,405	8,533	7,482	2,211	9,450	--
	52	5,410	1,930	2,490	-2,700	0,830	-1,910	12,019	11,269	2,034	10,857	9,526	2,864	12,019	--
	53	6,580	2,300	2,970	-2,300	0,990	-2,280	14,511	13,619	3,507	13,125	11,540	3,528	14,511	--
	54	15,77	5,43	7	-4,07	2,84	-4,9	34,580	32,469	9,920	31,668	28,101	9,048	34,580	--
	55	6,58	2,3	2,97	-2,3	1,41	-1,87	14,511	13,619	3,507	13,419	11,981	3,959	14,511	--
	56	5,41	1,93	2,49	-2,7	1,178	-1,56	12,019	11,269	2,034	11,101	9,892	3,231	12,019	--
	57	4,23	1,53	1,98	-3,24	0,94	-1,25	9,450	8,858	0,405	8,722	7,766	2,495	9,450	--
	58	3,18	1,16	1,5	-3,12	0,71	-0,94	7,126	6,677	-0,414	6,573	5,847	1,875	7,126	--
	59	2,09	0,77	0,99	-2,07	0,472	-0,62	4,697	4,397	-0,292	4,334	3,853	1,230	4,697	--
	60	0,99	0,37	0,485	-1,02	0,23	-0,3	2,244	2,102	-0,180	2,065	1,835	0,576	2,244	--
	61	0,12	0,04	-0,045	0,047	-0,0194	0,0302	0,193	0,143	0,157	0,210	0,170	0,140	0,210	

ANEXO F

Tabela 15 – Esforços Cupiúba

PLANILHA DE ESFORÇOS															
Barra	Esforços - Ações Nominais (valores característicos)						Esforços - Combinações de Ações (valores de cálculo)								
	NG,k	NQ,k	NW1,k	NW2,k	NW3,k	NW4,k	Nd,1	Nd,2	Nd,3	Nd,4	Nd,5	Nd,6	Ntd	Ncd	
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
BANZO INFERIOR	1	57,280	16,560	17,870	-17,700	6,590	-13,870	115,885	108,229	32,967	107,989	96,385	36,989	115,885	--
	2	57,380	16,590	17,900	-17,700	6,600	-13,890	116,088	108,417	33,057	108,178	96,552	37,058	116,088	--
	3	54,230	15,570	16,570	-14,830	6,150	-12,860	109,319	102,040	33,236	102,025	91,099	35,304	109,319	--
	4	50,660	14,460	15,140	-11,860	6,679	-11,760	101,766	94,919	33,141	95,843	86,035	33,246	101,766	--
	5	47,010	13,350	13,700	-8,880	5,190	-10,660	94,094	87,675	32,985	88,137	78,740	31,116	94,094	--
	6	43,270	12,230	12,260	-6,530	4,700	-9,550	86,282	80,300	32,087	80,990	72,362	28,916	86,282	--
	7	39,500	11,120	10,820	-4,980	4,220	-8,450	78,442	72,888	30,321	73,822	65,958	26,678	78,442	--
	8	35,640	10,000	9,380	-3,860	3,730	-7,340	70,462	65,345	28,023	66,507	59,413	24,369	70,462	--
	9	35,640	10,000	9,380	-3,860	3,930	-7,140	70,462	65,345	28,023	66,647	59,623	24,579	70,462	--
	10	39,500	11,120	10,820	-4,980	4,610	-8,060	78,442	72,888	30,321	74,095	66,368	27,087	78,442	--
	11	43,270	12,230	12,260	-6,530	5,290	-8,960	86,282	80,300	32,087	81,403	72,981	29,535	86,282	--
	12	47,010	13,350	13,700	-8,880	5,980	-9,870	94,094	87,675	32,985	88,690	79,569	31,946	94,094	--
	13	50,660	14,460	15,140	-11,860	6,650	-10,780	101,766	94,919	33,141	95,823	86,004	34,275	101,766	--
	14	54,230	15,570	16,570	-14,830	7,330	-11,680	109,319	102,040	33,236	102,851	92,338	36,543	109,319	--
	15	57,380	16,590	17,900	-17,700	7,970	-12,520	116,088	108,417	33,057	109,137	97,991	38,496	116,088	--
	16	57,280	15,560	17,870	-17,700	7,950	-12,490	114,485	107,669	32,967	107,541	97,253	38,438	114,485	--
BANZO superior	17	-60,710	-17,550	-19,340	19,310	-7,620	14,680	-123,102	-115,129	-34,364	-114,898	-102,823	-39,225	--	-123,102
	18	-57,490	-16,510	-18,290	17,000	-7,270	13,880	-116,403	-108,936	-33,891	-108,689	-97,365	-37,167	--	-116,403
	19	-53,680	-15,330	-17,100	14,510	-6,870	12,960	-108,584	-101,692	-33,077	-101,423	-90,950	-34,704	--	-108,584
	20	-49,810	-14,150	-15,910	12,050	-6,470	12,050	-100,681	-94,364	-32,177	-94,073	-84,452	-32,177	--	-100,681
	21	-45,870	-12,970	-14,720	9,910	-6,070	11,130	-92,680	-86,937	-30,878	-86,625	-77,855	-29,597	--	-92,680
	22	-41,870	-11,790	-13,500	8,260	-5,670	10,220	-84,574	-79,395	-29,010	-79,093	-71,174	-26,952	--	-84,574
	23	-37,790	-10,610	-12,340	7,080	-5,270	9,300	-76,398	-71,805	-26,577	-71,449	-64,381	-24,246	--	-76,398
	24	-33,650	-9,430	-11,150	6,200	-4,870	8,390	-68,117	-64,098	-23,775	-63,721	-57,504	-21,476	--	-68,117
	25	-33,650	-9,430	-11,150	6,200	-4,850	8,410	-68,117	-64,098	-23,775	-63,707	-57,483	-21,455	--	-68,117
	26	-37,790	-10,610	-12,340	7,080	-5,410	9,160	-76,398	-71,805	-26,577	-71,547	-64,528	-24,393	--	-76,398
	27	-41,870	-11,790	-13,500	8,260	-5,970	9,910	-84,574	-79,395	-29,010	-79,303	-71,489	-27,278	--	-84,574
	28	-45,870	-19,970	-14,720	9,910	-6,540	10,670	-102,480	-90,857	-30,878	-96,754	-82,268	-30,080	--	-102,480
	29	-49,810	-14,150	-15,910	12,050	-7,100	11,420	-100,681	-94,364	-32,177	-94,514	-85,113	-32,838	--	-100,681
	30	-53,680	-15,330	-17,100	14,510	-7,670	12,170	-108,584	-101,692	-33,077	-101,983	-91,790	-35,534	--	-108,584
	31	-57,490	-16,510	-18,290	17,000	-8,230	12,920	-116,403	-108,936	-33,891	-109,361	-98,373	-38,175	--	-116,403
	32	-60,710	-17,550	-13,340	19,310	-8,730	13,570	-118,902	-108,829	-34,364	-115,675	-103,989	-40,391	--	-118,902
DIAGONAL	33	-3,290	-1,070	-1,400	3,000	-0,470	1,070	-7,084	-6,675	0,189	-6,433	-5,699	-1,838	--	-7,084
	34	-4,340	-1,350	-1,740	3,620	-0,580	1,330	-9,184	-8,659	-0,105	-8,372	-7,441	-2,510	--	-9,184
	35	-5,280	-1,610	-2,075	4,310	-0,690	1,590	-11,099	-10,472	-0,227	-10,129	-9,018	-3,083	--	-11,099
	36	-6,370	-1,910	-2,460	4,010	-0,830	1,890	-13,314	-12,571	-1,523	-12,173	-10,859	-3,749	--	-13,314
	37	-7,550	-2,220	-2,880	3,130	-0,970	2,210	-15,694	-14,837	-3,509	-14,357	-12,832	-4,475	--	-15,694
	38	-8,880	-2,580	-3,330	2,580	-1,120	2,560	-18,375	-17,373	-5,283	-16,828	-15,053	-5,304	--	-18,375
	39	-10,250	-2,920	-3,770	2,190	-1,270	2,890	-21,077	-19,944	-6,926	-19,327	-17,319	-6,191	--	-21,077
	40	-10,250	-2,920	-3,770	2,190	-1,790	2,370	-21,077	-19,944	-6,926	-19,691	-17,865	-6,737	--	-21,077
	41	-8,920	-2,580	-3,330	2,580	-1,580	2,100	-18,431	-17,429	-5,319	-17,206	-15,592	-5,823	--	-18,431
	42	-7,590	-2,230	-2,880	3,130	-1,360	1,810	-15,764	-14,899	-3,545	-14,700	-13,303	-4,931	--	-15,764
	43	-6,370	-1,910	-2,460	4,010	-1,160	1,550	-13,314	-12,571	-1,523	-12,404	-11,206	-4,106	--	-13,314
	44	-5,280	-1,610	-2,075	4,310	-0,980	1,300	-11,099	-10,472	-0,227	-10,332	-9,323	-3,387	--	-11,099
	45	-4,340	-1,350	-1,740	3,620	-0,820	1,090	-9,184	-8,659	-0,105	-8,540	-7,693	-2,762	--	-9,184

46	-3,290	-1,070	-1,400	3,020	-0,660	0,880	-7,084	-6,675	0,210	-6,566	-5,898	-2,037	--	-7,084
47	0,140	0,040	-0,045	0,047	-0,016	0,030	0,221	0,171	0,175	0,241	0,202	0,158	0,241	--
48	1,160	0,370	0,485	-1,020	0,160	-0,370	2,482	2,340	-0,027	2,254	1,999	0,656	2,482	--
49	2,490	0,770	0,990	-2,070	0,330	-0,760	5,257	4,957	0,068	4,795	4,264	1,443	5,257	--
50	3,820	1,160	1,500	-3,120	0,500	-1,150	8,022	7,573	0,162	7,322	6,523	2,231	8,022	--
51	5,130	1,530	1,980	-3,240	0,670	-1,520	10,710	10,118	1,215	9,793	8,742	3,021	10,710	--
52	6,540	1,930	2,490	-2,700	0,830	-1,910	13,601	12,851	3,051	12,439	11,108	3,881	13,601	--
53	7,940	2,300	2,970	-2,300	0,990	-2,280	16,415	15,523	4,731	15,029	13,444	4,752	16,415	--
54	19,05	5,43	7	-4,07	2,84	-4,9	39,172	37,061	12,872	36,260	32,693	12,000	39,172	--
55	7,94	2,3	2,97	-2,3	1,41	-1,87	16,415	15,523	4,731	15,323	13,885	5,183	16,415	--
56	6,54	1,93	2,49	-2,7	1,178	-1,56	13,601	12,851	3,051	12,683	11,474	4,248	13,601	--
57	5,13	1,53	1,98	-3,24	0,94	-1,25	10,710	10,118	1,215	9,982	9,026	3,305	10,710	--
58	3,82	1,16	1,5	-3,12	0,71	-0,94	8,022	7,573	0,162	7,469	6,743	2,451	8,022	--
59	2,49	0,77	0,99	-2,07	0,472	-0,62	5,257	4,957	0,068	4,894	4,413	1,590	5,257	--
60	1,16	0,37	0,485	-1,02	0,23	-0,3	2,482	2,340	-0,027	2,303	2,073	0,729	2,482	--
61	0,14	0,04	-0,045	0,047	-0,0194	0,0302	0,221	0,171	0,175	0,238	0,198	0,158	0,238	--