

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO DE ENSINO OTÁVIO BASTOS  
UNIFEOB

GABRIELA DE OLIVEIRA CARDOSO – RA 1012022100210

MOISES DA SILVA PINHO CORRÊA – RA 1012022201332

FABRÍCIO MARTINS DIOGO – RA 1012022200843

PROJETO DE CANTEIRO DE MADEIRA

(Resistência dos materiais – Prof. José Augusto Rabelo e

Química tecnológica e aplicada – Profa. Daniele Tonone)

NOVEMBRO

2023

## INTRODUÇÃO

O objeto desenvolvido no último trimestre foi um canteiro suspenso de madeira, destinado ao ambiente acadêmico. Sua utilização foi pensando visando o curso de agronomia, possibilitando o cultivo de plantas de pequeno porte de maneira prática, e possibilitando sua instalação próximo as salas de aula. Também pode ser utilizada pelos cursos de gastronomia, com o cultivo de temperos e até mesmo em escolas de ensino infantil e fundamental, em que as hortas tem ganhado espaço no desenvolvimento pedagógico.

Sua estrutura consiste em 6 caixotes de madeira, de dimensão 60 x 40 x 40, dispostos em duas colunas com diferentes níveis de altura, permitindo o manejo concomitante dos cultivos. A altura da estrutura é de 3 m, com o intuito das caixas mais altas possuírem plantas ornamentais.

## OBJETIVO

A partir do objeto projetado, foram calculadas as tensões, deformações e flexões tendo como base o momento fletor e a cortante, juntamente com seus diagramas.

## MATERIAIS E COTAS (em metro)

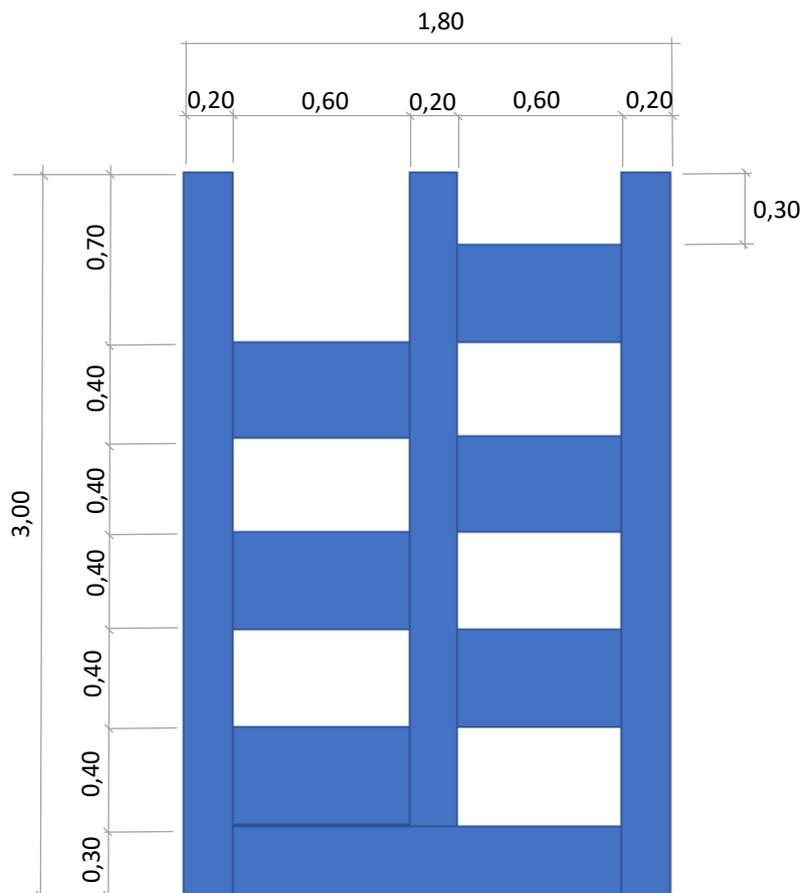


Figura 1- visão frontal com cota

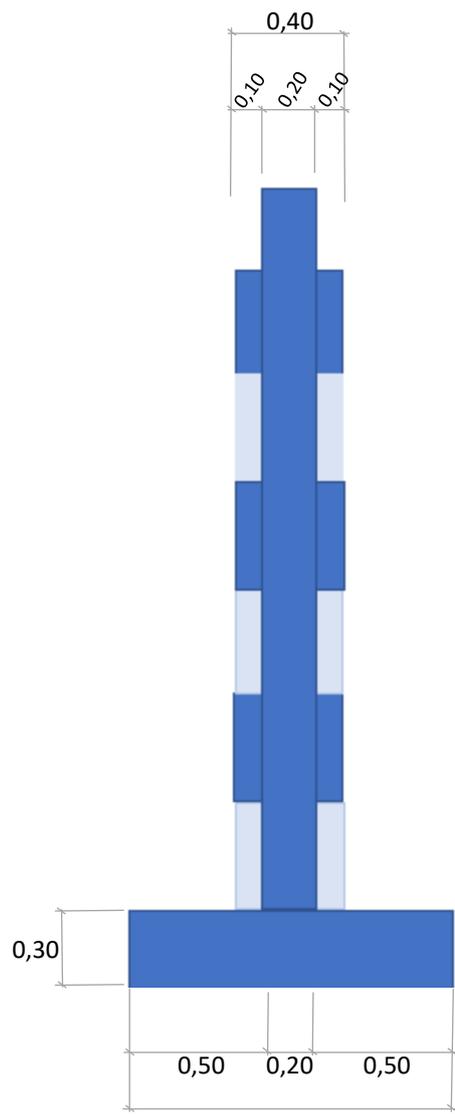


Figura 2 – visão lateral

- VETORES E FORÇAS

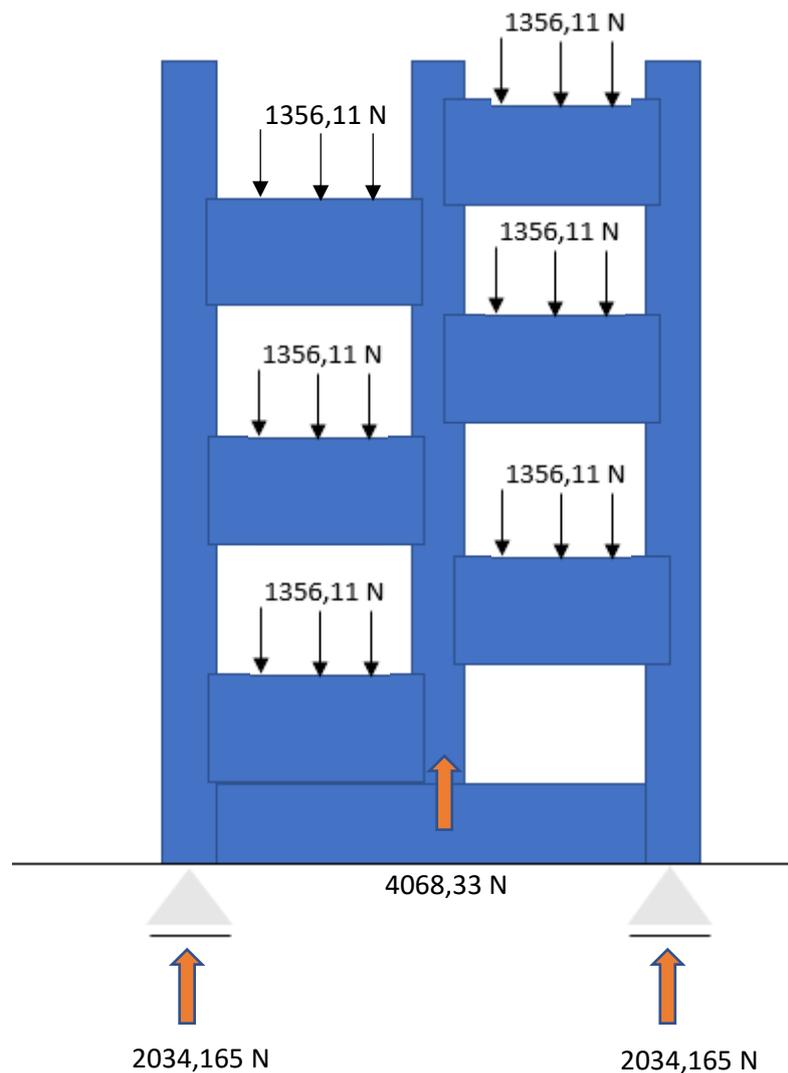


Figura 3 – canteiro com as forças exercidas sobre ele

As forças atuantes são normal e peso.

-Determinação das cargas

Considerando a densidade da madeira =  $0,72 \text{ g/cm}^3$

Densidade do solo =  $1,8 \text{ g/cm}^3$

Temos:

-3 placas de madeira de dimensão  $60 \times 40 \times 2 = 4800 \text{ cm}^3$

-2 placas de  $36 \times 40 \times 2 = 5760 \text{ cm}^3$

Totalizando  $20160 \text{ cm}^3 = 14,515 \text{ kg}$  de madeira por caixote

-60480 cm<sup>3</sup> de solo = 108,86 kg de solo por caixote

Assim, cada caixote possui uma massa de 123,379 kg = 1209,11 N.

Ainda, considerando a umidade do solo de 12% e 2 kg de plantio, o caixote terá um peso final de 138,379 = 1356,11 N

- EQUILÍBRIO

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = -1356,11 \cdot 6 + 2034,165 + 2034,165 + 4068,33 = 0 \text{ N}$$

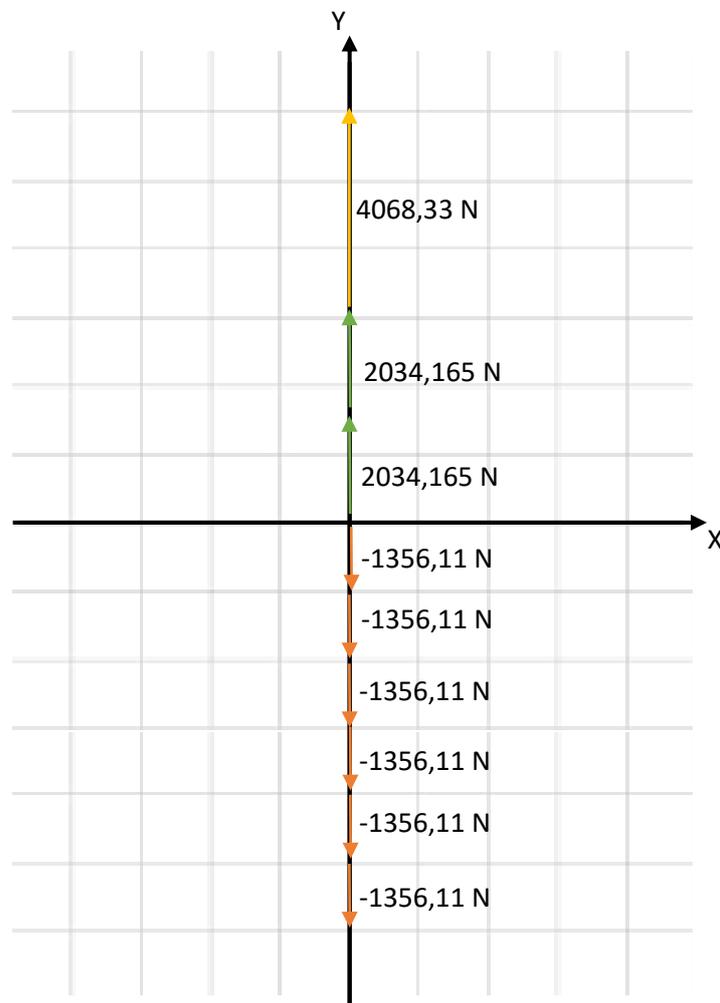
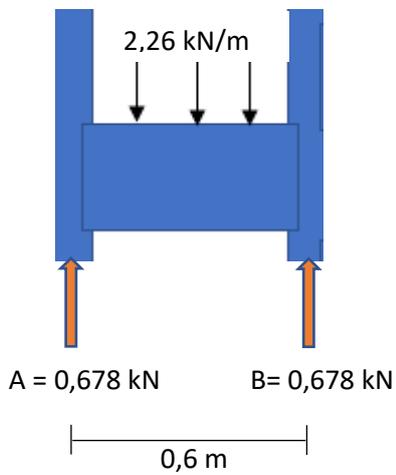


Figura 4 – plano cartesiano com os vetores atuantes na estrutura

## MEMORIAL DE CÁLCULOS

- CORTANTE DO CAIXOTE



$$V = \int -Q(x) dx$$

$$V = \int -2,26 dx \longrightarrow V = -2,26 x + C$$

-No início da barra

$$V(0) = -2,26 * 0 + C \longrightarrow 0,678 = C$$

$$V(0) = C = 0,678 \text{ kN}$$

$$\text{Logo, } V = -2,26x + 0,678$$

-No centro da barra

$$V(0,3) = -2,26 * 0,3 + 0,678$$

$$V(0,3) = -0,678 + 0,678$$

$$V(0,3) = 0 \text{ kN}$$

-No fim da barra

$$V(0,6) = -2,26 * 0,6 + 0,678$$

$$V(0,6) = -1,356 + 0,678$$

$$V(0,6) = -0,678 \text{ kN}$$

-Diagrama de esforço cortante:

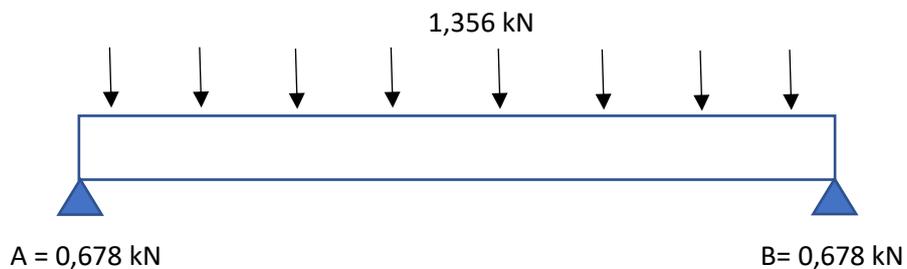


Figura 5.1 – esforços atuantes na estrutura

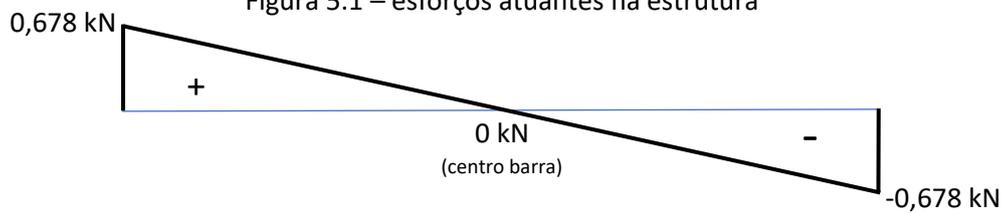


Figura 5.2 – diagrama do esforço cortante

- MOMENTO FLETOR DO CAIXOTE

$$M = \int V \, dx$$

$$M = \int (-2,26x + 0,678) \, dx$$

$$M = \int -2,26x \, dx + \int 0,678 \, dx$$

$$M = (-2,26x^2) / 2 + 0,678x + C$$

-Momento no apoio A

$$M(0) = -2,26 \cdot 0 / 2 + 0,678 \cdot 0 + C$$

$$C = 0$$

-Momento em 0,1m

$$M(0,1) = -2,26 \cdot 0,1^2 / 2 + 0,678 \cdot 0,1$$

$$M(0,1) = -0,0113 + 0,0678 = 0,0565 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Momento máximo

$$M(0,3) = -2,26 \cdot 0,3^2 / 2 + 0,678 \cdot 0,3$$

$$M(0,3) = -0,1017 + 0,2034$$

$$M(0,3) = 0,1017 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Momento em 0,2m

$$M(0,2) = -2,26 \cdot 0,2^2 / 2 + 0,678 \cdot 0,2$$

$$M(0,2) = -0,0452 + 0,1356 = 0,0904 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Momento no apoio B

$$M(0,6) = -2,26 \cdot 0,6^2 / 2 + 0,678 \cdot 0,6$$

$$M(0,6) = -0,8137 / 2 + 0,4068$$

$$M(0,6) = 0$$

-Momento em 0,4m

$$M(0,4) = -2,26 \cdot 0,4^2 / 2 + 0,678 \cdot 0,4$$

$$M(0,4) = -0,1808 + 0,2712 = 0,0904 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Momento em 0,5m

$$M(0,5) = -2,26 \cdot 0,5^2 / 2 + 0,678 \cdot 0,5$$

$$M(0,5) = -0,2825 + 0,339 = 0,0565 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

-Diagrama do momento fletor:

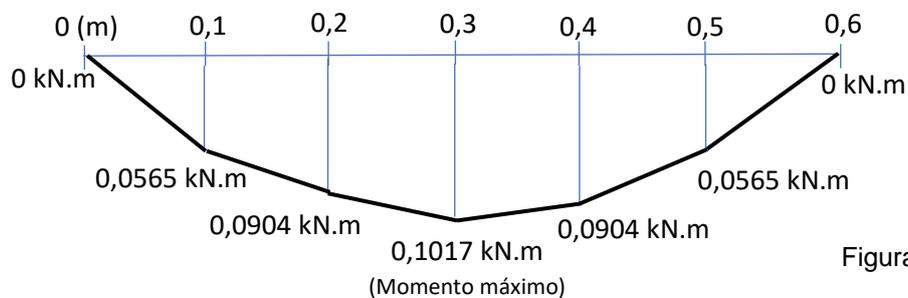


Figura 6

## TENSÃO NORMAL

Os esforços internos de um objeto geram tensões e deformações. Por isso, é necessário o estudo da geometria e do material utilizado.

Quando submetido a uma carga, o material tende a sofrer tensões de tração (positiva) e compressão (negativa), como ilustrada na figura 7 a seguir.

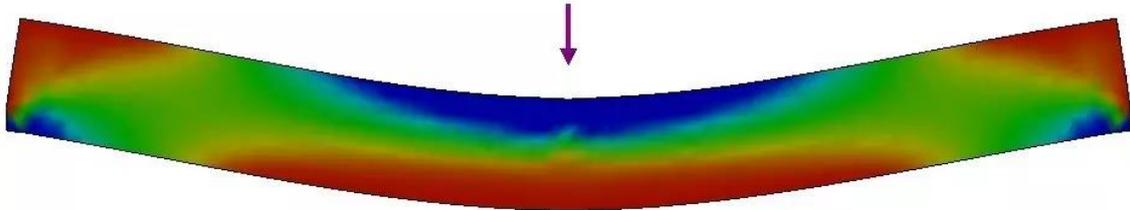


Figura 7 - Regiões sob tração (vermelho) e sob compressão (azul) durante um ensaio de flexão.

Através do módulo de elasticidade ou Módulo de Young, é possível relacionar a tensão e deformação de um material durante regime elástico, para encontrar sua capacidade de deformação. Quanto maior o módulo de elasticidade, menor a rigidez do material.

Material	Densidade $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Módulo de Young $E$ (10 <sup>9</sup> N/m <sup>2</sup> )
Aço	7860	200
Alumínio	2710	70
Vidro	2190	65
Concreto	2310	30
Madeira	525	13
Osso	1900	9
Poliestireno	1050	3

Figura 8 – tabela de Módulo de Young

## FORÇAS INTERNAS

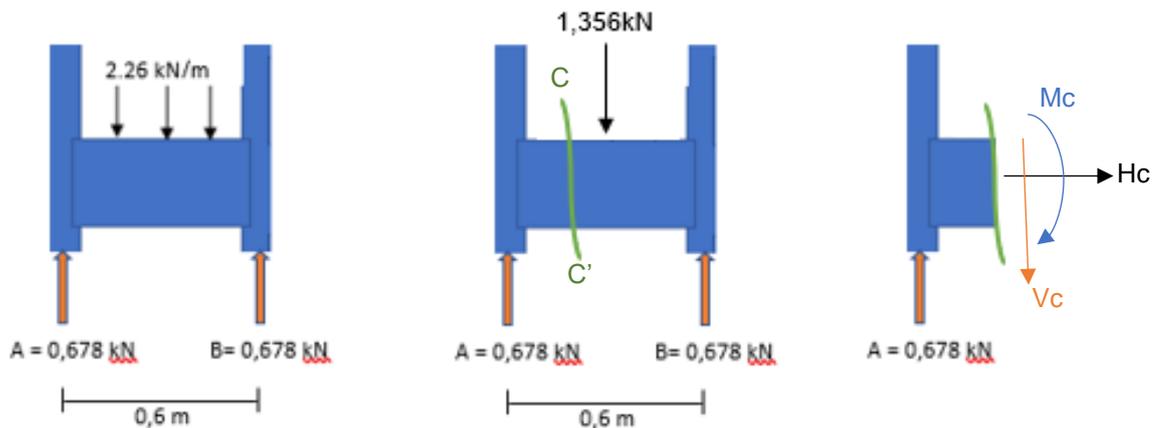


Figura 9

-Cálculo de tensão cisalhante (perpendicular ao eixo da barra)

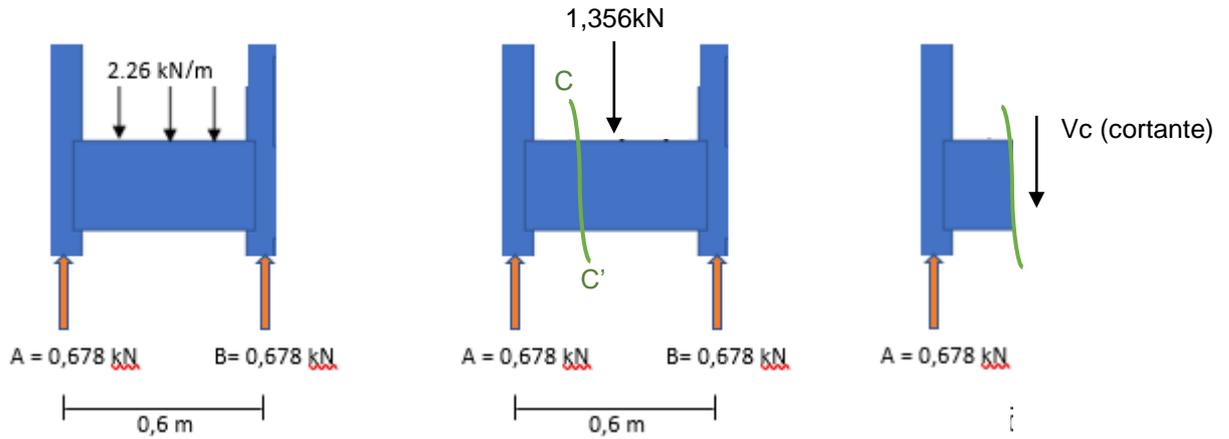


Figura 10

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0 & & \zeta = V / A \\ -V + 0,678 = 0 & & \zeta = 678 \text{ N} / (0,6 \text{ m} * 0,4 \text{ m}) \\ V = 0,678 \text{ kN} & & \zeta = 2825 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Segundo o módulo de Young, a madeira suporta  $13 * 10^9 \text{ Pa}$ . Logo, a madeira suporta a carga empreendida sobre ela.

-Cálculo de tensão normal

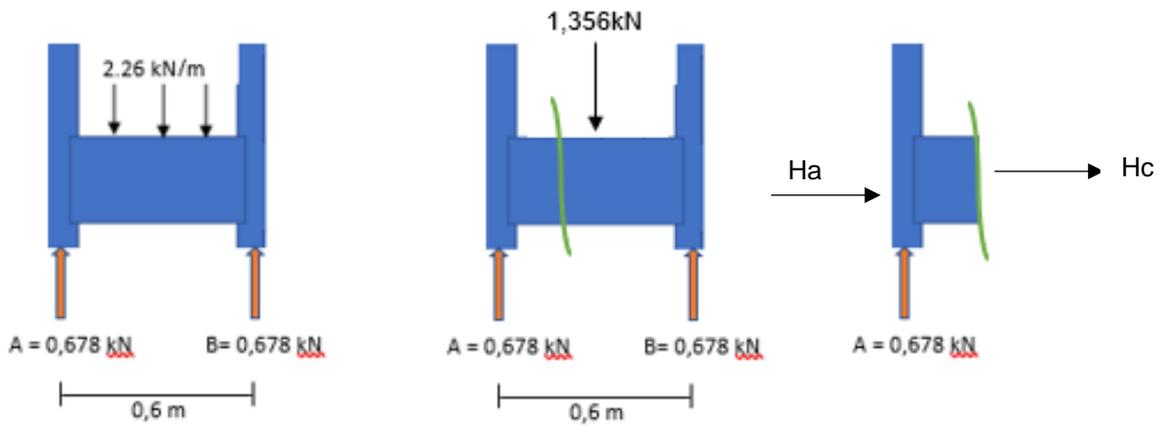


Figura 11

$$\begin{aligned} H_a &= 0 \\ H_c = \sigma &= 0 \end{aligned}$$

### DEFORMAÇÃO – lei de hooke

$\delta = P \text{ (carga)} * L \text{ (comprimento)} / A \text{ (área)} * E \text{ (módulo de elasticidade)}$

$$\delta = 1356 * 0,6 / (0,6*0,4) * 13*10^9$$

$$\delta = 813,6/3,12*10^9$$

$$\delta = 2,607 * 10^{-7} \text{ Pa}$$

### FLEXÃO

$$\sigma = M * y / I$$

$$m = 0,1017 \text{ kN}$$

$$I = b*h^3 / 12 = 0,6*0,4^3 / 12 = 3,2*10^{-3}$$

$$Y = 0,2 \text{ m}$$

$$\sigma = 101,7*0,2/3,2*10^{-3}$$

$$\sigma = 20,34 / 3,2*10^{-3}$$

$$\sigma = 6356,25 \text{ Pa} = 6,35625 \text{ kPa}$$

### PROTÓTIPO



Figura 12 – protótipo em escala 1:5

### BIBLIOGRAFIA

<https://www.sonelastic.com/pt/fundamentos/bases/ensaio-modulos-elasticos-madeiras.html>

## OBJETIVO

A partir do projeto desenvolvido no último trimestre, calcular as forças internas resultantes da cortante e momento fletor.

## METODOLOGIA

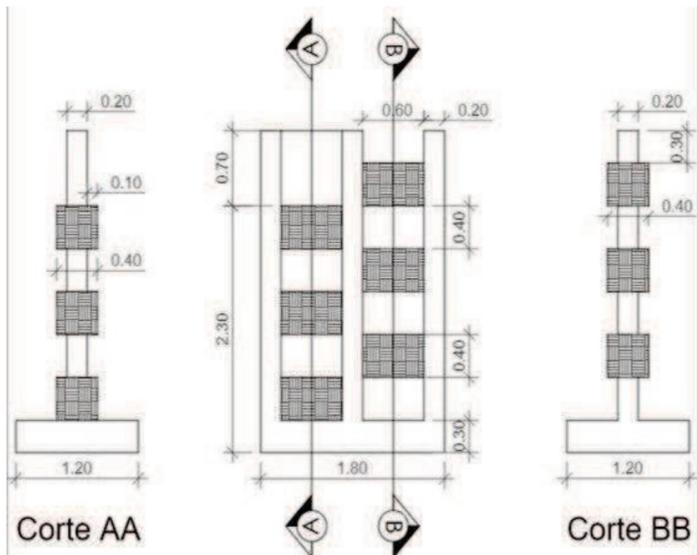


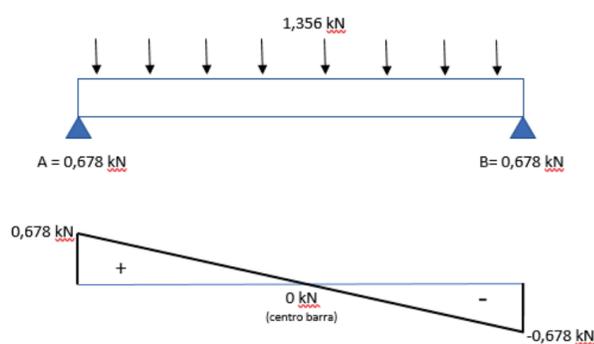
Figura 1 – vistas e cortes do projeto

Integral da cortante:

$$V = \int -Q(x) dx$$

$$V = \int -2,26 dx \Rightarrow V = -2,26x + C$$

Diagrama de esforço cortante:



Momento fletor do caixote:  $M = \int V dx$

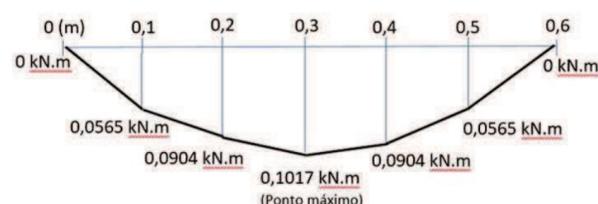
$$M = \int (-2,26x + 0,678) dx$$

$$M = \int (-2,26x) dx + \int 0,678 dx$$

$$M = (-2,26x^2) / 2 + 0,678x + C$$

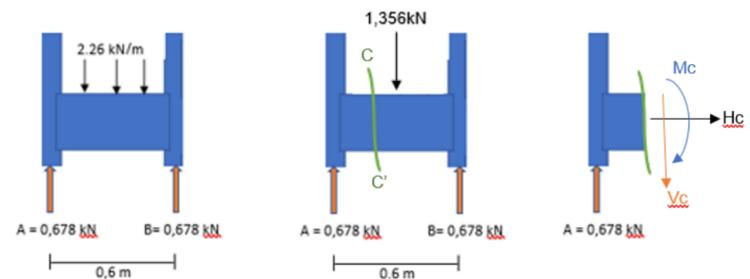
$$M = (-2,26x^2) / 2 + 0,678x + C$$

Diagrama do momento fletor:



## ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Cálculos das forças internas:



- Tensão de cisalhamento

$$\sum F_y = 0$$

$$-V + 0,678 = 0$$

$$V = 0,678 \text{ kN}$$

$$\zeta = V / A$$

$$\zeta = 678 \text{ N} / (0,6 \text{ m} * 0,4 \text{ m})$$

$$\zeta = 2825 \text{ Pa}$$

- Tensão normal

$$H_a = 0$$

$$H_c = \sigma = 0$$

- Deformação – Lei de Hooke

$$\delta = P (\text{carga}) * L (\text{comprimento}) / A (\text{área}) * E (\text{módulo de elasticidade})$$

$$\delta = 1356 * 0,6 / (0,6 * 0,4) * 13 * 10^9$$

$$\delta = 813,6 / 3,12 * 10^9$$

$$\delta = 2,607 * 10^{-7} \text{ Pa}$$

- Flexão

$$\sigma = M * y / I$$

$$m = 0,1017 \text{ kN}$$

$$I = b * h^3 / 12 = 0,6 * 0,4^3 / 12 = 3,2 * 10^{-3}$$

$$Y = 0,2 \text{ m}$$

$$\sigma = 101,7 * 0,2 / 3,2 * 10^{-3}$$

$$\sigma = 20,34 / 3,2 * 10^{-3}$$

$$\sigma = 6356,25 \text{ Pa} = 6,35625 \text{ kPa}$$

## PROTÓTIPO – ESCALA 1:5



## REFERÊNCIAS

“Determinação Dos Módulos Elásticos de Madeiras E Derivados| Sonelastic®.” [www.sonelastic.com](http://www.sonelastic.com), [www.sonelastic.com/pt/fundamentos/bases/ensaio-modulos-elasticos-madeiras.html](http://www.sonelastic.com/pt/fundamentos/bases/ensaio-modulos-elasticos-madeiras.html).