

Relatório da Treliza

Grupo 6:

Caio Souza Chaves 8004840

Guilherme Augusto Cantelli 8004711

Gustavo de Mello Papa 6810575

Isabela Nunes de Mori 8004610

Juliana Midori Hirono 8070491

Ricardo Luigi Baglioli 8070511

São Carlos – SP

12 de maio de 2013

1. Objetivos

Planejar e executar uma ponte em treliça com vão a ser vencido de 9 e 2 apoios nos extremos. Para isso, usar o Octave como software de simulação de tensões em barras e geração de gráficos representativos das estruturas.

2. Introdução

O projeto proposto contava com limitações iniciais, que eram: barras de tamanho máximo 1,5; nove primeiros vértices fixos, unidos dois a dois por barras colineares de tamanho 1. Devia-se planejar uma treliça capaz de sustentar seu próprio peso (0,01 por vértice) mais quatro caminhões de peso 2 localizados em vértices na coincidentes. O limite de tensão era de 5 em cada barra e, como especificações adicionais, devíamos reduzir ao mínimo, dentro do possível, o número de vértices.

Após pesquisa de referências para modelos de estrutura, decidiu-se que a estrutura seria em arco como visto na figura 1, por esta ser reconhecidamente uma boa forma de se sustentar carregamentos verticais.



Figura 1 - Ponte em arco que serviu como referência.

3. Desenvolvimento

Visando evitar o maçante e dispendioso trabalho de desenhar no papel e calcular os comprimentos das barras e localizações dos nós de forma manual, optou-se pelo uso do software Solid Edge[®] para o projeto da treliça. Esse software ofereceu facilidades como:

- Determinações dos comprimentos dos segmentos (barras) e localizações de seus extremos (nós) em relação a um ponto $O(0,0)$ definido pelo usuário;
- Criação de vínculos e medidas fixas, como das barras pré-estabelecidas em projeto;
- Espelhamento de segmentos, reduzindo em 50% o trabalho em desenhar segmentos;
- Adaptações de toda a treliça frente a modificações rápida em, por exemplo, uma barra, dela.

A primeira versão mostrou-se frágil e pode ser vista na figura 2.

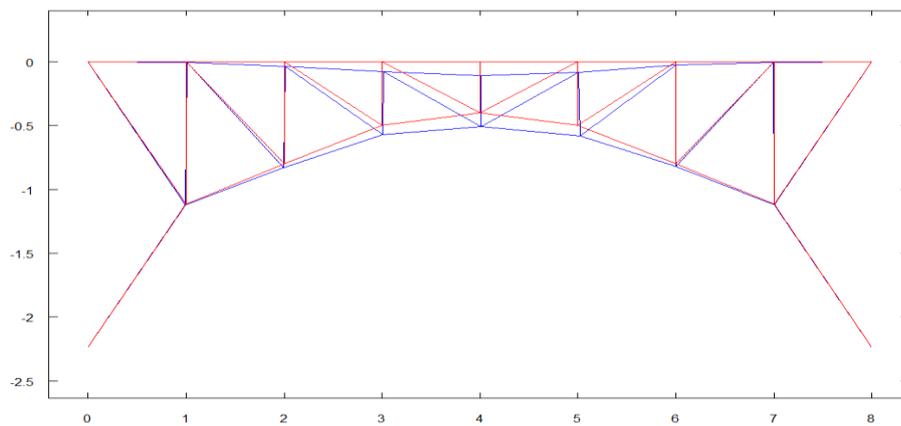


Figura 2 - Versão 1: tensões limites ultrapassadas

Percebendo que a colocação de barras ligando vértices já existentes não acarretaria o aumento do número de nós, a segunda versão tratou de aumentar o número de barras, como pode ser visto na figura 3. Além disso, criou-se mais dois vínculos na parede.

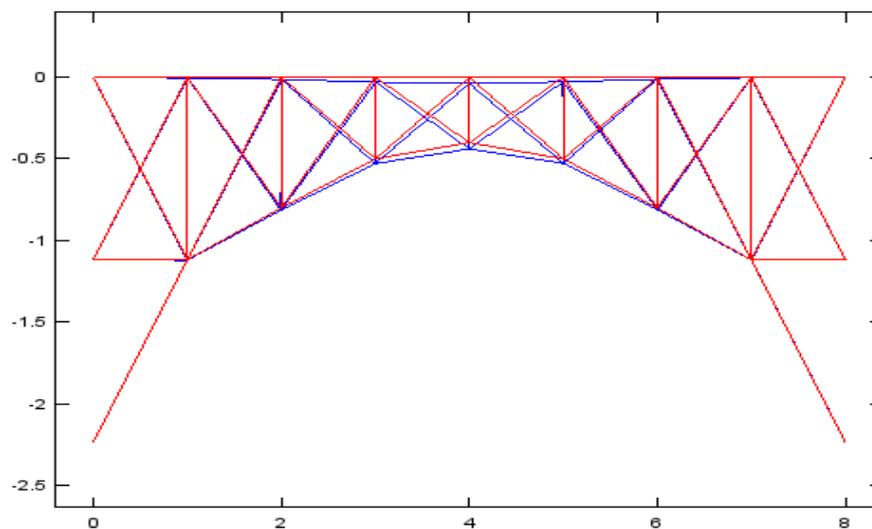


Figura 3 – Versão 2: mais barras, pouco aumento no número de nós

Como as tensões ainda ultrapassavam o limite, criou-se mais um par de apoios na parede, como pode ser visto na figura 4.

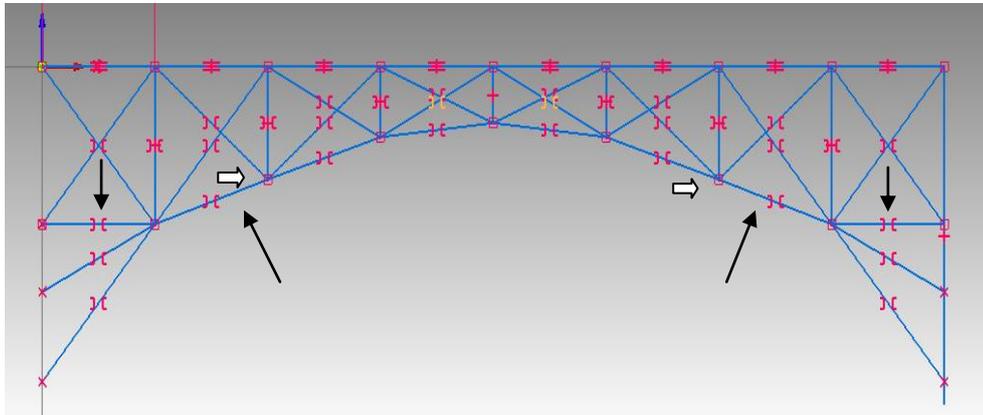


Figura 4 - Versão 3: visual da treliça no Solid Edge

As tensões estavam quase todas satisfatórias, com exceção das barras assinaladas com setas pretas na figura 4. Assim, os nós apontados por setas brancas precisavam de uma melhor distribuição de tensões. Como solução para o problema, adicionou-se um par de três barras, mas que criavam somente um par de novos nós. Além disso, um par de apoios na parede foi acrescentado à treliça, como mostra a figura 5:

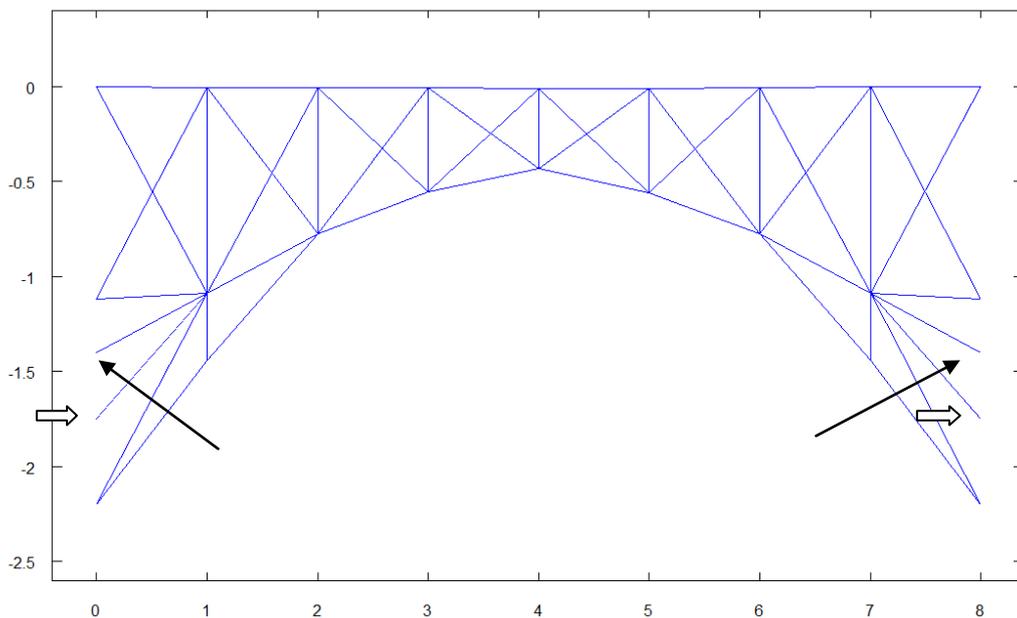


Figura 5 - Versão 4: primeira a não ultrapassar os limites de tensão

Percebendo o excesso de apoios, procedeu-se a eliminação de um par deles, assinalado por setas na figura 5, o que eliminaria 2 nós. Junto a essa modificação, inclinou-se mais a barra indicada por setas brancas na figura 5. A versão final pode ser vista na figura 6.

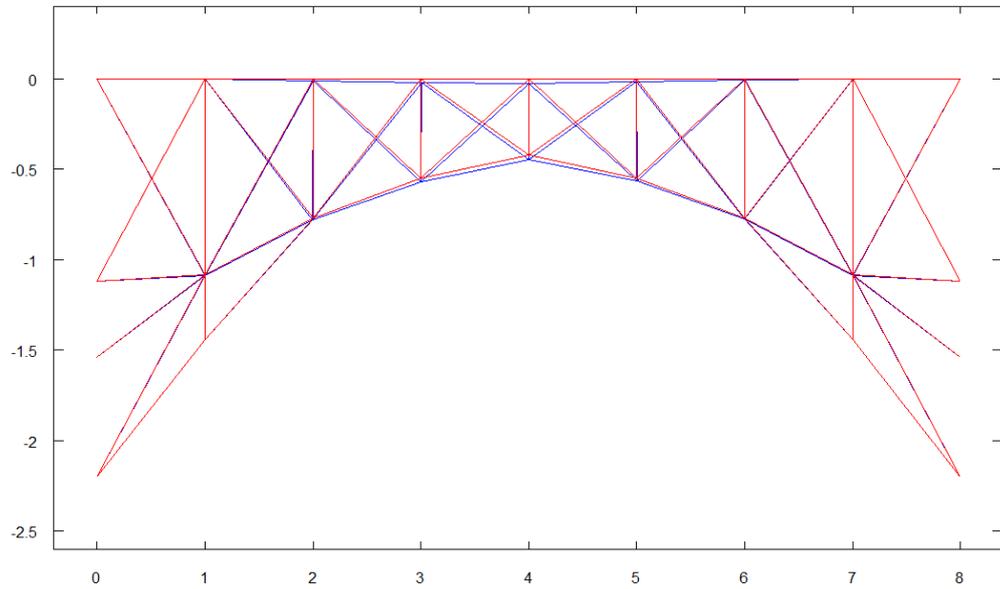


Figura 6 - Versão 6: treliça fina

4. Resultados obtidos

Obeve-se uma estrutura com 49 barras e 24 nós, enumerados conforme a figura 7 mostra:

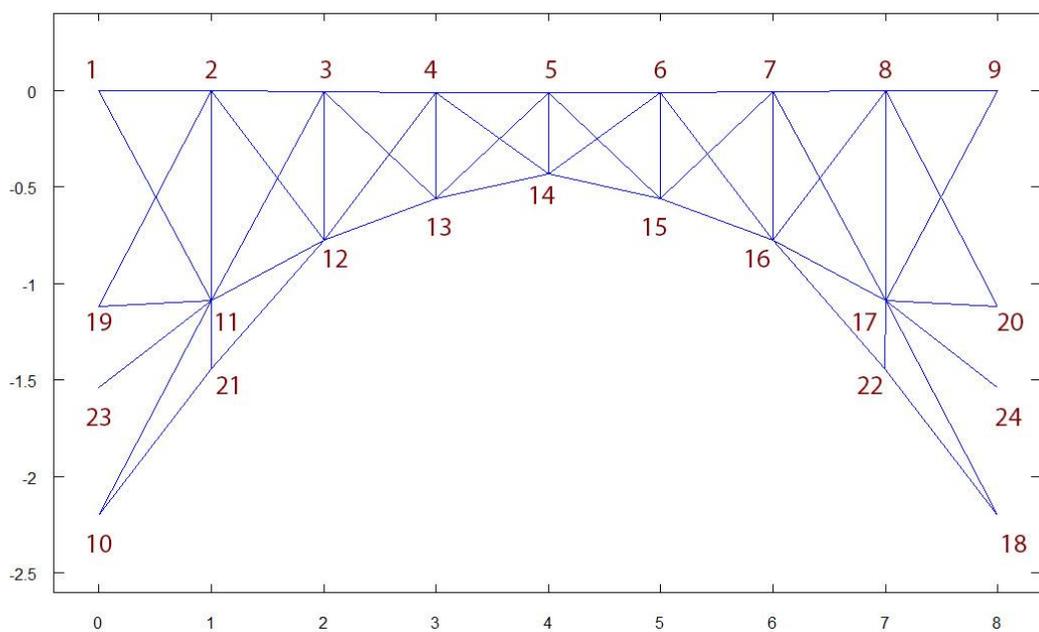
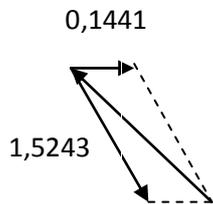


Figura 7 - Numeração dos nós

As reações nos apoios quando não há carregamento externo sobre a ponte podem ser vistos a seguir:

➤ Nó 1



$$F_{R1} = (-0,1441 - \sin(42,7^\circ) * 1,5243)\hat{i} + (-\cos(42,7^\circ) * 1,5243)j =$$

$$= (-1,177)\hat{i} + (-1,120)j$$

$$|F_{R1}| = 1,6255$$

➤ Nó 9

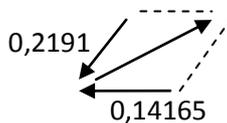
Pela simetria do problema:

$$F_{R9} = (0,1441 + \sin(42,7^\circ) * 1,5243)\hat{i} + (\cos(42,7^\circ) * 1,5243)j =$$

$$= (1,177)\hat{i} + (1,120)j$$

$$|F_{R9}| = 1,6255$$

➤ Nós 19 e 20



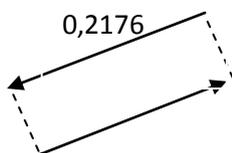
$$F_{R19} = -F_{R20} = (0,219 \cos(48,2^\circ) + 0,1416 * \cos(1,89^\circ))\hat{i}$$

$$+ (0,2191 * \text{sen}(48,2^\circ) + 0,1416 * \text{sen}(1,89^\circ))j$$

$$= 0,2875\hat{i} + 0,1680j$$

$$|F_{R19}| = |F_{R20}| = 0,3329$$

➤ Nós 23 e 24

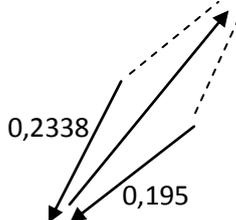


$$F_{R23} = -F_{R24} = 0,2176 (\cos 24,62^\circ + \text{sen}24,62)$$

$$= (0,1978)\hat{i} + (0,09065)j$$

$$|F_{R23}| = |F_{R24}| = 0,2176$$

➤ Nós 10 e 18



$$F_{R10} = -F_{R18} = (0,195 \cos(37,2^\circ) + 0,2338 * \cos(48,2^\circ))\hat{i}$$

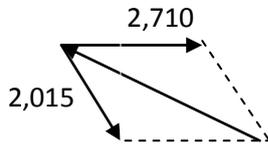
$$+ (0,195 * \text{sen}(37,2^\circ) + 0,2338 * \text{sen}(48,2^\circ))j$$

$$= 0,280\hat{i} + 0,2921j$$

$$|F_{R10}| = |F_{R18}| = 0,4081$$

Já para um carregamento limite (caminhões nos nós 3, 4, 5 e 6) as reações nos apoios podem ser vistos a seguir:

➤ Nó 1



$$F_{R1} = -(2,710 + \sin(42,7^\circ) * 2,015)\hat{i} + (-\cos(42,7^\circ) * 2,015)\hat{j} =$$

$$= (-4,077)\hat{i} + (-1,481)\hat{j}$$

$$|F_{R1}| = 4,337$$

➤ Nó 9

Pela simetria do problema:

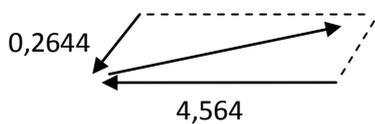


$$F_{R9} = (1,584 + \sin(42,7^\circ) * 1,359)\hat{i} + (\cos(42,7^\circ) * 1,359)\hat{j} =$$

$$= (2,506)\hat{i} + (0,9988)\hat{j}$$

$$|F_{R9}| = 2,697$$

➤ Nó 19



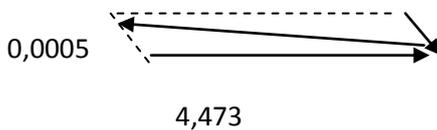
$$F_{R19} = (0,2644 \cos(48,2^\circ) + 4,564 * \cos(1,89^\circ))\hat{i}$$

$$+ (0,2644 * \sin(48,2^\circ) + 4,564 * \sin(1,89^\circ))\hat{j}$$

$$= 4,738\hat{i} + 0,3476\hat{j}$$

$$|F_{R19}| = 4,751$$

➤ Nó 20



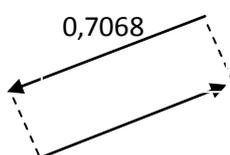
$$F_{R20} = -(0,0005 \cos(48,2^\circ) + 4,473 * \cos(1,89^\circ))\hat{i}$$

$$- (0,0005 * \sin(48,2^\circ) + 4,473 * \sin(1,89^\circ))\hat{j}$$

$$= -4,4709\hat{i} - 0,1479\hat{j}$$

$$|F_{R20}| = 4,474$$

➤ Nó 23

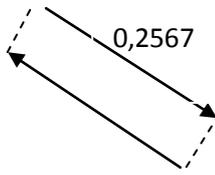


$$F_{R23} = 0,7068 (\cos 24,62^\circ + \sin 24,62^\circ)$$

$$= (0,6243)\hat{i} + (0,2945)\hat{j}$$

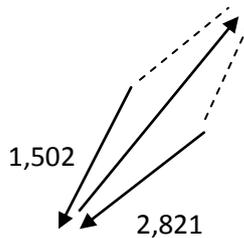
$$|F_{R23}| = 0,7068$$

➤ Nó 24



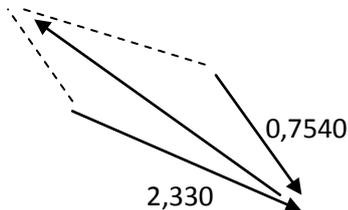
$$\begin{aligned}F_{R24} &= 0,2567 (\cos 24,62^\circ + \text{sen}24,62) \\ &= (0,2334)\hat{i} + (0,10694)j \\ |F_{R24}| &= 0,2567\end{aligned}$$

➤ Nó 10



$$\begin{aligned}F_{R10} &= (2,821 \cos(37,2^\circ) + 1,502 * \cos(48,2^\circ)) \hat{i} \\ &\quad + (2,821 * \text{sen} (37,2^\circ) + 1,502 * \text{sen}(48,2^\circ)) j \\ &= 3,248\hat{i} + 2,825 j \\ |F_{R10}| &= 4,305\end{aligned}$$

➤ Nó 18



$$\begin{aligned}F_{R18} &= -(2,330 \cos(37,2^\circ) + 0,754 * \cos(48,2^\circ)) \hat{i} \\ &\quad - (2,330 * \text{sen} (37,2^\circ) + 0,7540 * \text{sen}(48,2^\circ)) j \\ &= -2,3585\hat{i} - 1,9708 j \\ |F_{R18}| &= 3,074\end{aligned}$$

5. Conclusão

As metas propostas foram alcançadas e o trabalho revelou ser, sobretudo, um esforço de intuição física para saber contornar as situações problemas.