

Projeto de Software para análise de treliças planas

Bruno Saboya, Felipe Lemos, Lucca Barufatti, João Menezes Magalhães  
Insper – Instituto de Ensino e Pesquisa

INTRODUÇÃO

Engenharia é a aplicação do conhecimento científico, econômico, social e prático, com o intuito de inventar, desenhar, construir, manter e melhorar estruturas, máquinas, aparelhos, sistemas, materiais e processos. Dessa maneira, para resolver e solucionar esses problemas, o desenvolvimento de ferramentas para o auxílio dos engenheiros nessa tarefa é de extrema importância. Com isso, será desenvolvido um software que faz uso do método de elementos finitos para obter valores importantes para os materiais e garantir sua estabilidade e consistência para a análise de treliças planas.

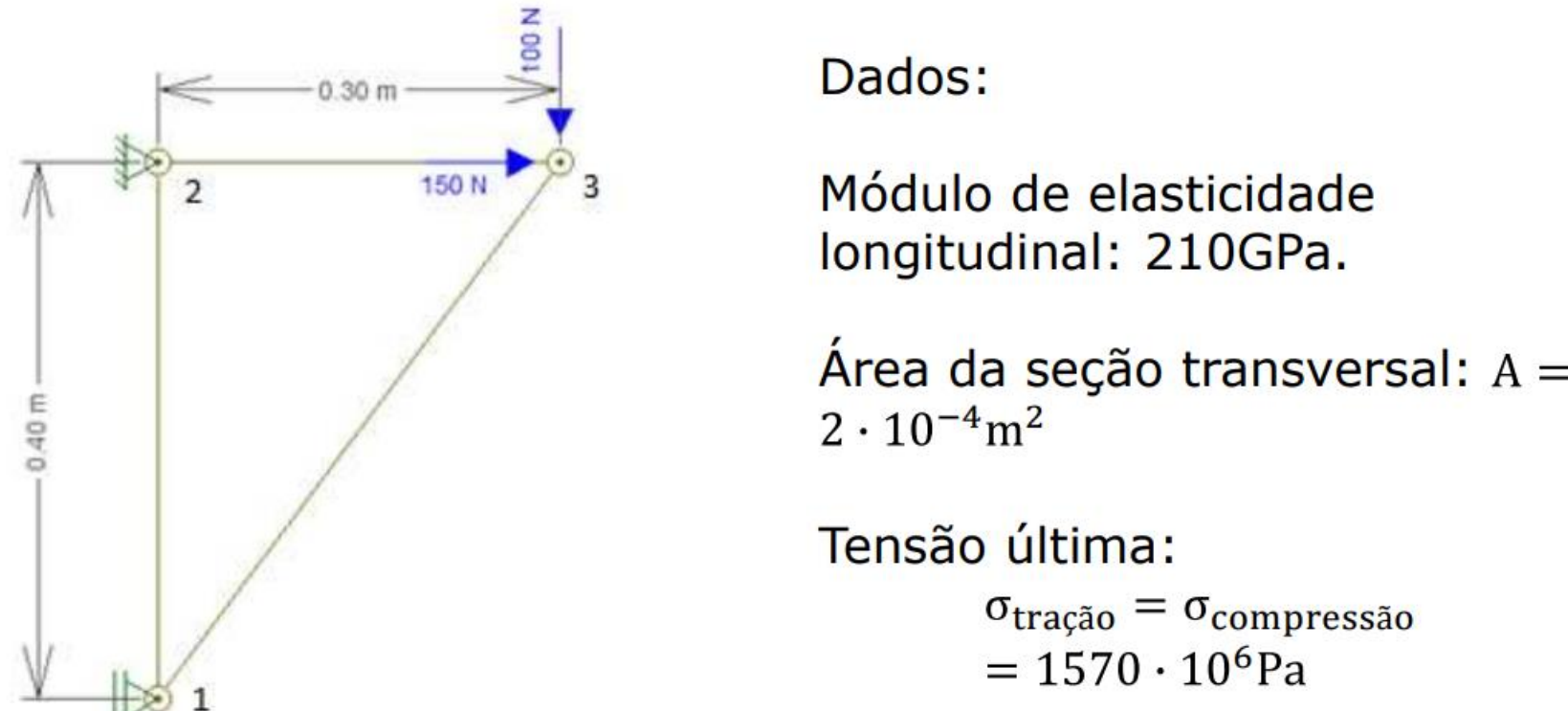
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DEFINIÇÃO DO MÉTODO.

Como foi falado mencionado na introdução desse poster, iremos trabalhar com treliças planas na forma de barra que não permitem uma flexão das mesmas. Essas treliças podem ser construídas e conectadas com pinos, rebites, soldas e parafusos em suas pontas para que uma estrutura rígida incapaz de se mexer e resistir a forças normais, criando então uma estrutura triangular. O nome treliça plana se dá ao fato de que todos os elementos de sua estrutura se encontram no mesmo plano.

Para realizar uma compreensão e análise das informações e dos elementos, existem alguns métodos diferentes que podem ser utilizado dependendo do caso. O primeiro método existente é o método analítico clássico que possibilita a determinação de todas as informações e características da treliça em estudo de forma muito precisa e detalhada. Porém por resultar em dados tão detalhados e precisos, boa parte dos casos reais de análise, esse método atrapalha pois possui uma complexidade muito elevada comparada com o outro método.

Então para os casos reais, que é o nosso caso, será utilizado o Método dos Elementos Finitos que aproxima valores para encontrar as variáveis desejadas da estrutura em questão com precisão razoável então ele será o escolhido para a nossa análise.

Durante as aulas utilizamos o Software chamado LISA que subdivide um corpo em finitos elementos contados por nós ao longo de toda a estrutura. E como o método dos elementos finitos é bastante utilizado através de computadores e aplicações, o LISA se encaixa perfeitamente para o nosso caso. Nele será calculado todo os deslocamentos de cada nó que serão então utilizadas para encontrar as deformações, tensões, assim como as forças internas e de reação. É obtida uma solução com intervalos bem pequenos para que a aproximação seja aceitável. No caso do trabalho, a fim de elaborar um software que fizesse todos esses cálculos, utilizamos o problema a seguir que foi passado em aula:



Dados:

Módulo de elasticidade longitudinal: 210GPa.

Área da seção transversal: A = 2 · 10<sup>-4</sup>m<sup>2</sup>

Tensão última:  
σ<sub>tração</sub> = σ<sub>compressão</sub>  
= 1570 · 10<sup>6</sup>Pa

Figura 1 – Problema de aula

Bom, como Podemos ver na Figura 1, a estrutura possui 3 nós, no primeiro deles existe um rolete e no segundo deles um pino, responsáveis por limitar a movimentação do eixo y e nos eixos x e y, respectivamente. Além disso, no terceiro nó existem duas forças, uma de 100N no eixo y e uma de 150N no eixo x. A partir dessas informações e dos dados também apresentados na Figura 1, podemos encontrar as incógnitas descritas acima. Para tornar a análise mais geral, é necessário formular o modelo do elemento no modelo global de referência. Portanto, assumindo um elemento inclinado em relação ao sistema cartesiano Global (X, Y), podemos escrever o deslocamento nodal Local (x) do elemento como a soma de suas projeções no sistema Global

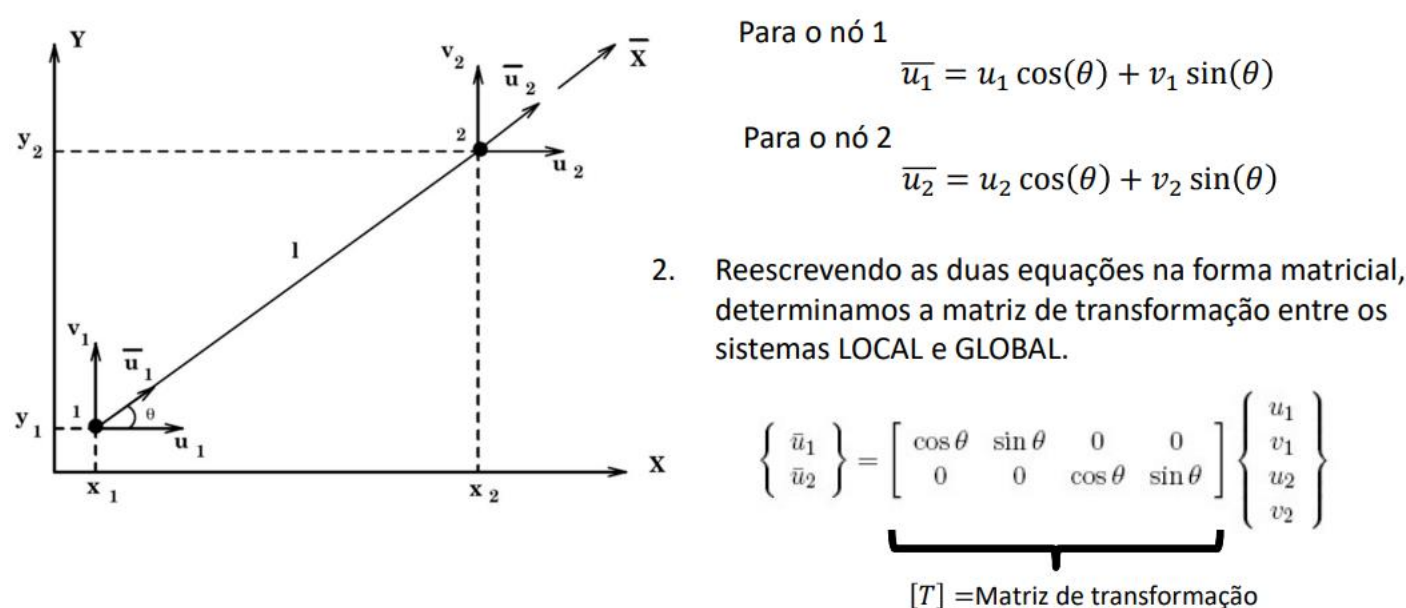


Figura 2 – Análise do element

Podemos então determinar as equações para calcularmos as incógnitas através das seguintes formulas:

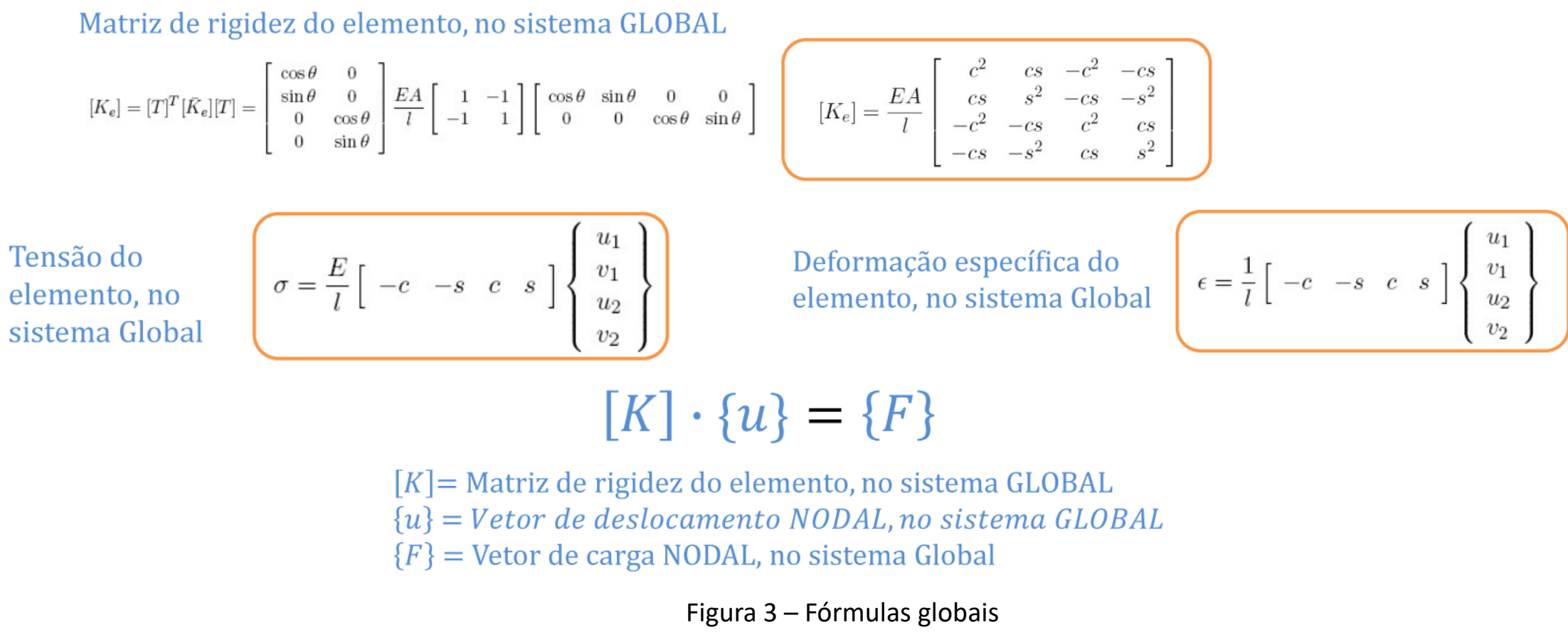


Figura 3 – Fórmulas globais

ESTRUTURA DO SOFTWARE:

Com a finalidade de encontrar as variáveis desconhecidas, foi necessário fazer a utilização de algumas funções disponibilizadas e então desenvolver o código que possibilitaria calcular essas variáveis. Para começar a estrutura do nosso software, foi preciso desenvolver funções que encontrassem a matriz de rigidez global pelos métodos de jacobi e de gauss, para isso, criamos as funções “jacobi” e “gauss”. O próximo passo era encontrar o deslocamento, para isso, foi utilizada a função “gauss” na função “rigidez” (foi escolhido o método de gauss pois nesse caso ele seria mais eficiente). Então, a partir desse calculo, foram criadas as funções “apoio”, “deformação”, “tensão”, “internas” e “novos\_nos”, que tinham como objetivo calcular, respectivamente, os valores das reações de apoio, deformações, tensões, forças internas e a posição dos nós após a deformação das barras. Dessa forma temos tudo que é preciso para calcular nossas variáveis.

VALIDANDO O CASO

Para validarmos a nossa aplicação e software o professor nos pasou uma estrutura padrão a fim de que sejam padronizados e estejam corretos, veja foto a seguir do modelo de estrutura:

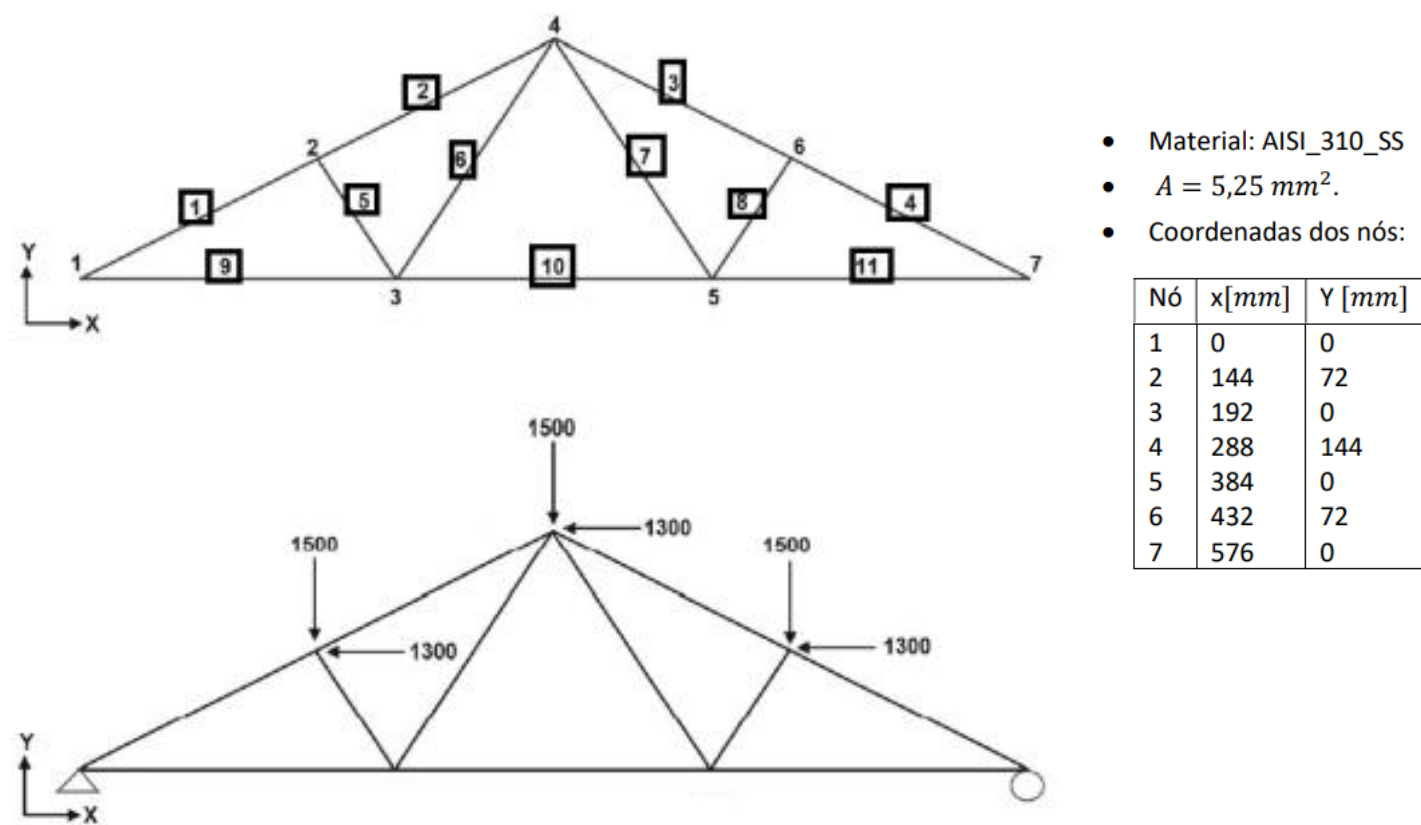
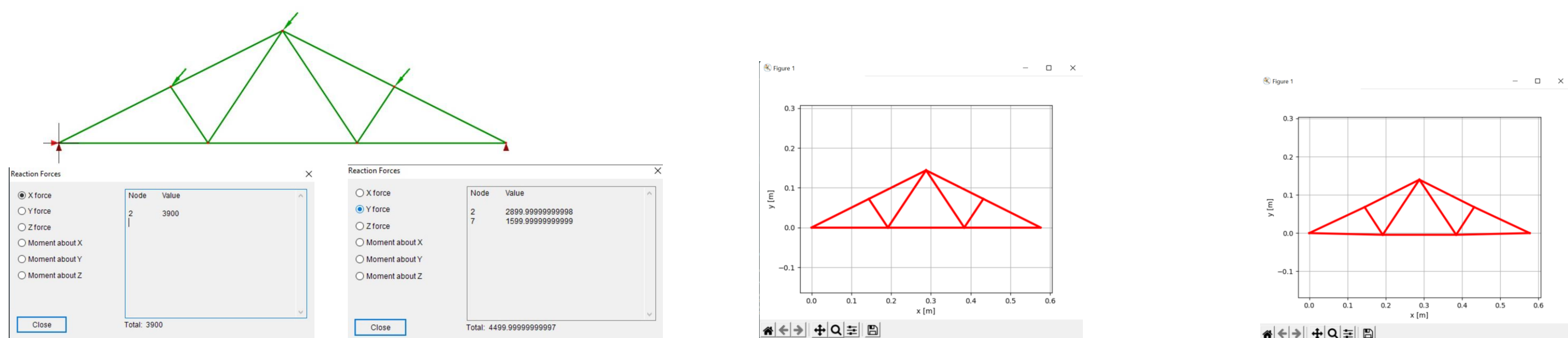


Figura 3 – Estrutura de validação

Após utilizar do LISA para calcular as forças nos nós e tudo mais que já foi falado anteriormente, segue os resultados tanto do LISA, quanto do arquivo Python desenvolvido:



Figuras 4 - Validação no LISA e valores de Reação em cada eixo

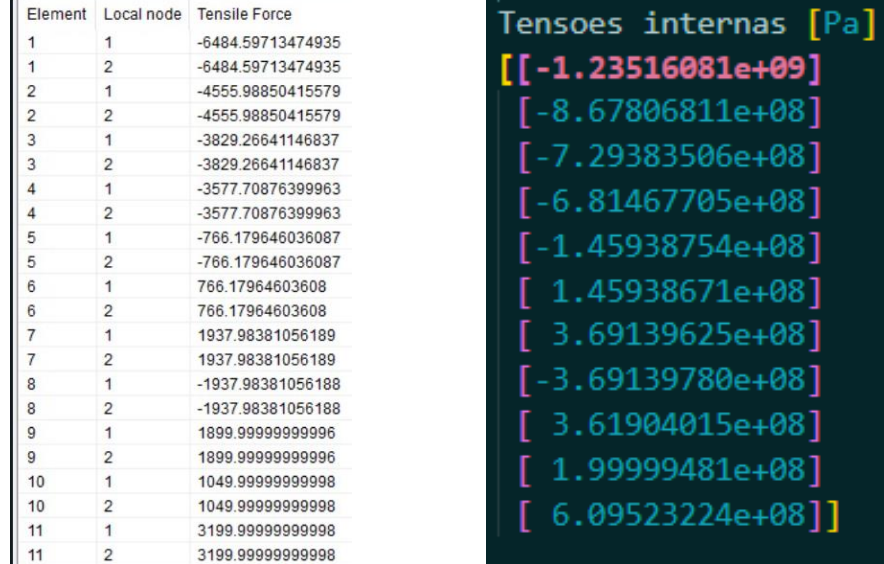


Figura 5 – Validação no Python antes de rodar

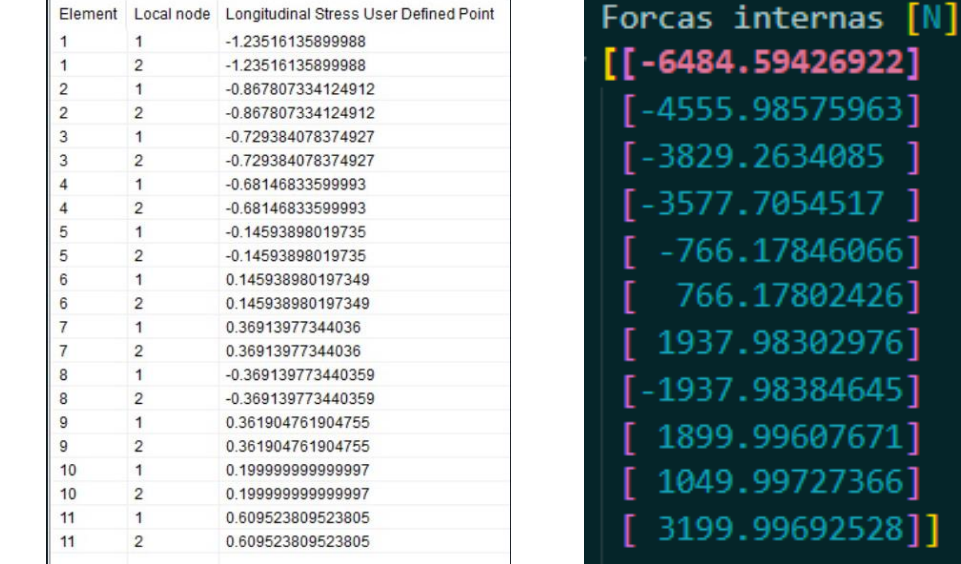


Figura 6 – Validação no Python depois de rodar

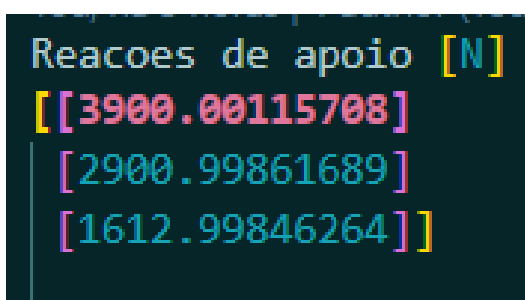


Figura7 – Comparativo do LISA com o Python das Internas

Figura8 – Comparativo do LISA com o Python das Forças Internas

Figura 9 – Reações de Apoio da estrutura no Python

CONCLUSÃO

Por fim, é possível observar através de tudo que foi apresentado anteriormente o funcionamento do nosso código. No tópico da validação do código é comprovada a eficiência do nosso software na análise de treliças planas. Ademais, ao compará-lo com o LISA 8.0, encontramos valores bem semelhantes podendo então concluir o sucesso do projeto. Poderíamos melhorar utilizar ao invés de um arquivo de texto para as saídas, gráficos que demonstrassem a evolução das forças, assim como uma interface gráfica melhor que o excel utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Capítulo 6 – Treliças – Acessado em: 05/06/2022 às 14:52. Acesso disponível em: <http://www.labciv.eng.uerj.br/rm4/trelicas.pdf>

[2] O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS EM TRELIÇAS PLANAS NA DISCIPLINA DE MECÂNICA COMPUTACIONAL - Acessado em: 05/06/2022 às 15:47. Acesso disponível em <lt.ly/gCpG>

[3] Aula 24: Sistemas de coordenadas local e global - Acessado em: 05/06/2022 às 16:54. Acesso disponível em: <Insper Blackboard – Transferência de Calor e Mecânica dos Sólidas – Aula 24>

[4] Stainless Steel – Grade 310 – Acessado em: 05/06/2022 às 15:47. Acesso disponível em: <lt.ly/tAfC>

[5] Python Truss Solver – Acesso disponível em: <https://github.com/BrunoSaboya/aps4-TransCal>