

APS 4: PROJETO DE SOFTWARE PARA ANÁLISE DE TRELIÇAS PLANAS

OBJETIVO GERAL

O objetivo da atividade é desenvolver um software para análise de treliças planas.

CRONOGRAMA

- 17/05 – Apresentação e cronograma. Introdução ao método dos elementos finitos.
- 20/05 – Sistema de coordenadas local/global.
- 24/05 – Função para cálculo de tensão e deformação.
- 27/05 – Técnicas numéricas para solução de sistemas de equações.
- 31/05 – Estúdio.
- 03/06 – Estúdio.

RUBRICA PARA DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

1. O código deverá ser desenvolvido em *Python* de modo que os dados de entrada possam ser facilmente alterados a partir de uma planilha como descrito no Anexo 1.
2. O código deverá aplicar técnicas numéricas para solução de sistemas de equações (Método de Jacobi e/ou Gauss-Seidel).
3. O código deverá gerar um arquivo de saída com o pós-processamento dos dados de acordo com modelo descrito no Anexo 1.
4. O código deverá ser desenvolvido para aplicação geral em treliças 2D. Para isso, o grupo deverá validar os dados de saída, **usando a estrutura indicada no Anexo 2**.

IMPORTANTE: As funções para leitura do arquivo *.xlsx*, criação do gráfico para visualização da treliça e do arquivo de saída serão fornecidas. Todos os grupos deverão utilizar o mesmo modelo padrão fornecido. Procure reduzir o uso de laços de repetição ou recursão usando as ferramentas do pacote *Numpy* para vetorização das operações com matrizes.

RUBRICA DE AVALIAÇÃO

Cada grupo deverá preparar e enviar um poster com o tema “**Projeto de Software para análise de treliças planas**”, até às 23hs59 do dia **05/06** no formato “PDF” via Blackboard (Usar o template disponível no Blackboard).

1. [2%] **Título do trabalho:** Deve ser diferente do tema.
2. [10%] **Introdução:** Faça uma pesquisa e apresente uma breve revisão bibliográfica sobre o tema proposto (Use artigos e livros como referência).
3. [8%] **Estrutura do software:** Apresente uma descrição da arquitetura do software.
4. [60%] **Validação do código desenvolvido:** Apresente gráficos, tabelas, imagens... para validar os resultados obtidos com o código desenvolvido pelo grupo. Compare os resultados usando um outro software (Exemplo: Lisa). Justifique e comente os resultados. A validação deve ser feita usando a estrutura indicada no Anexo 2.
5. [15%] **Conclusão:** Apresente uma conclusão objetiva indicando os principais resultados do trabalho. Indique possibilidade futuras de melhorias e limitações do programa.
6. [5%] **Referências bibliográficas:** Apresente as referências utilizadas no trabalho. Envie o link do software desenvolvido.

Cada item será avaliado de acordo com a proficiência apresentada com base na rubrica de avaliação e objetivos de aprendizado da disciplina.

ANEXO 1: EXEMPLO

A seguir apresentamos um modelo de arquivo de entrada para análise da treliça ilustrada na Fig. 1.

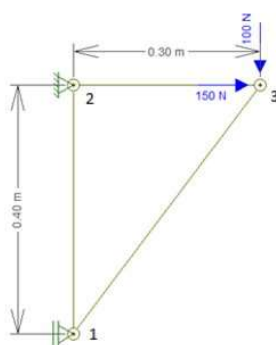


Figura 1 – Treliça com três elementos de barra.

Nesse exemplo, cada barra possui uma área de seção transversal $A = 2 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$, $E = 210 \text{GPa}$. A carga pontual aplicada ao nó três na direção y é $P_y = -100 \text{N}$. Na direção x a carga pontual aplicada é igual a $P_x = 150 \text{N}$. A tensão última a tração e compressão são iguais a $\sigma_{\text{tração}} = \sigma_{\text{compressão}} = 1570 \cdot 10^6 \text{Pa}$.

Arquivo de entrada:

Coordenadas dos nós:

	A	B	C	D
1	x [m]	y [m]		Número de nós
2	0	0		3
3	0	0.4		
4	0.3	0.4		

Incidência e materiais:

	A	B	C	D	E	F
1	nó 1	nó 2	E [Pa]	A [m²]		Número de membros
2	1	2	2.10E+11	2.00E-04		3
3	2	3	2.10E+11	2.00E-04		
4	3	1	2.10E+11	2.00E-04		
5						

Carregamento:

	A	B	C	D	E
1	nó	1 = x 2 = y	Carga [N]		Número de cargas
2	3	1	150		2
3	3	2	-100		

Restrições:

	A	B	C	D
1	nó	1 = x 2 = y		Número de apoios
2	1	1		3
3	2	1		
4	2	2		

Arquivo de saída:

Após a análise, o programa deverá escrever um arquivo de saída como o indicado abaixo para o exemplo da treliça ilustrada na Fig. 1.

```
Reacoes de apoio [N]
[[ 75.]
 [-225.]
 [ 100.]]

Deslocamentos [m]
[[ 0.00000000e+00]
 [-9.52380952e-07]
 [ 0.00000000e+00]
 [ 0.00000000e+00]
 [ 1.60714286e-06]
 [-4.01785714e-06]]

Deformacoes []
[[ 2.38095238e-06]
 [ 5.35723254e-06]
 [-2.97617094e-06]]

Forcas internas [N]
[[ 100.      ]
 [ 225.00376672]
 [-124.99917969]]

Tensoes internas [Pa]
[[ 499999.99999911]
 [ 1125018.83359206]
 [-624995.89843168]]
```

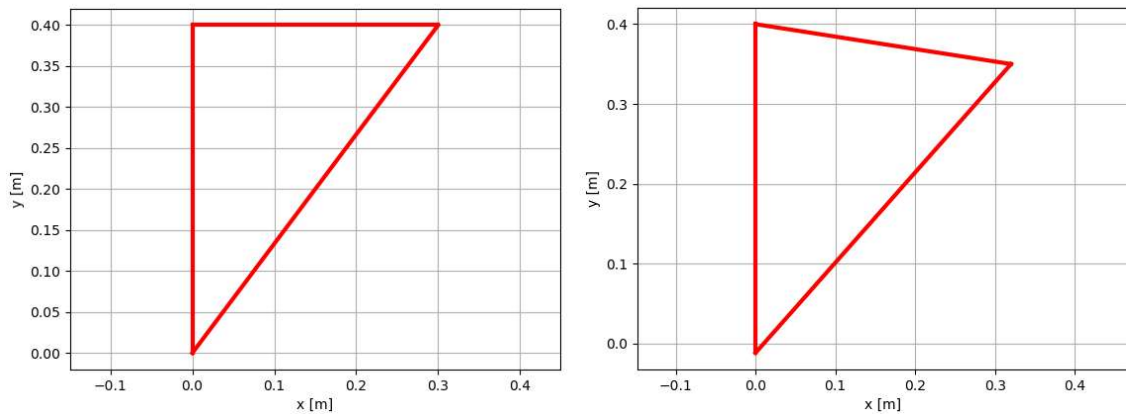


Figura 2 - A figura ilustra o pós-processamento para a análise da treliça plana com três elementos. (Esquerda) Treliça antes da aplicação das forças. (Direita) Treliça após a aplicação das forças.

ANEXO 2:

Considere a estrutura ilustrada na Fig 3. para validação do software desenvolvido. Adote a numeração indicada para os nós e elementos.

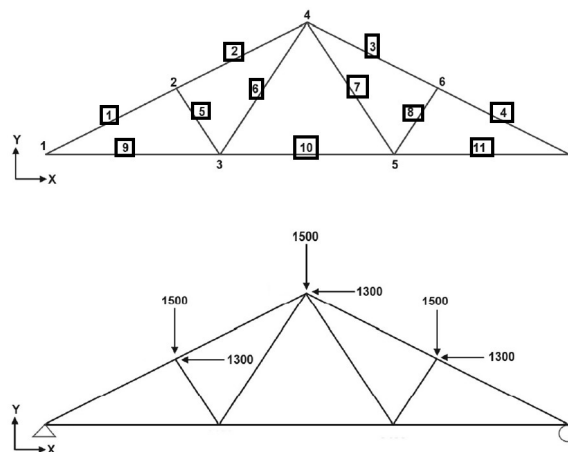


Figura 3 – Estrutura para validação

Descrição do Modelo;

- Estrutura bidimensional e conectada por juntas do tipo rótula (Trelliça).
- Estrutura pinada na esquerda, e apoiada na extremidade direita

- Material: AISI_310_SS
- $A = 5,25 \text{ mm}^2$.
- Coordenadas dos nós:

Nó	x[mm]	Y [mm]
1	0	0
2	144	72
3	192	0
4	288	144
5	384	0
6	432	72
7	576	0

BIBLIOGRAFIA:

- ✓ BITTENCOURT, M.L. COMPUTATIONAL SOLID MECHANICS: VARIATIONAL FORMULATION AND HIGH ORDER APPROXIMATION, 6A EDIÇÃO, CRC PRESS, 2014.
- ✓ CHAPRA, STEVEN C.; CANALE, RAYMOND P. NUMERICAL METHODS FOR ENGINEERS. 6TH ED. NEW YORK: MCGRAW-HILL HIGHER EDUCATION, C2010. 968 P. ISBN 9780073401065 (ENC.)
- ✓ NOTAS DE AULA E TEXTOS FORNECIDOS AO LONGO DO SEMESTRE.