OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA DE TRELIÇAS 2D E 3D CONSIDERANDO A RESPOSTA MODAL[1]

Verônica Caroline Herbst Pazda[2], Eduardo Lenz Cardoso[3]

[1] Vinculado ao projeto "Otimização Topológica de meios contínuos"
[2] Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PIBIC/CNPq
[3] Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica – CCT – eduardo.cardoso@udesc.br

As treliças possuem uma ampla variedade de aplicações na engenharia, caracterizadas pela capacidade de suportar grandes vãos, eficiência estrutural e flexibilidade de design. A otimização dessas estruturas tem sido objeto de estudo no campo da otimização topológica ao longo do tempo. Vários estudos abordam a otimização topológica de treliças considerando estabilidade nodal e flambagem local, enquanto outros consideram restrições de tensão na formulação do problema de otimização. No entanto, trabalhos envolvendo a otimização topológica de treliças considerando parâmetros estruturais dinâmicos são limitados. Isso é problemático, pois muitas estruturas estão sujeitas a fontes de excitação dinâmica, o que pode resultar em vibrações indesejadas. Nesse contexto, o presente estudo concentra-se na otimização topológica de treliças 2D e 3D, levando em consideração sua resposta modal, quando utilizadas para suportar um conjunto de massas externas concentradas. O problema de otimização estudado objetiva a minimização de volume com restrição de frequência (imposição de um valor mínimo para o menor autovalor). Uma norma é utilizada na restrição de frequência com o intuito de evitar autovalores repetidos. O método dos elementos finitos é utilizado para discretizar o problema de equilíbrio, e o método do Lagrangiano aumentado é aplicado para a formulação do problema de otimização. Para validar a formulação, são utilizados problemas da literatura. Os resultados evidenciam que a utilização de massas concentradas tem pouca influência na topologia final das estruturas.

O problema de minimização de volume com restrição de frequência (imposição de um valor mínimo para o menor autovalor) é dado por:

$$P_1 \begin{cases} Min & V(\mathbf{x}) \\ T.q. & (\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M})\,\boldsymbol{\varphi} = \mathbf{0} \\ & -\frac{||\boldsymbol{\omega}||_{min}}{\alpha \omega_{\text{min}}^{\text{full}}} + 1 \leq 0 \\ & \underline{\mathbf{x}} \leq \mathbf{x} \leq \bar{\mathbf{x}} \end{cases} \tag{1}$$

onde a norma que considera o menor autovalor entre as *n* primeiras frequências naturais da estrutura

$$||\boldsymbol{\omega}||_{min} = \left(\sum_{i=1}^{n} \omega_i^{-P_d} \right)^{-\frac{1}{P_d}} \tag{2}$$

O volume da estrutura, função objetivo do problema, é dado pela soma das contribuições de uma das barras

$$V\left(\mathbf{x}\right)=\sum_{i=1}^{n_e}\rho_i(\mathbf{x})A_iL_i, \tag{3}$$

e a restrição de frequência (normalizada), considerando a menor frequência natural da estrutura cheia (com todas as variáveis de projeto unitárias) e um fator de proporção, é dada por:

$$-\frac{||\boldsymbol{\omega}||_{min}}{\alpha\omega_{\text{min}}^{\text{full}}}+1\leq 0. \tag{4}$$

Para validação da formulação proposta, 4 problemas da literatura foram estudados. Um dos problemas estudados foi o problema da coluna, com dimensões 2m x 2 x 4 (discretização 2x2 x6), com apoio de segundo gênero em todos os nós da sua base e massas concentradas no topo da estrutura, em x, y e z. A Figura 1 evidencia a estrutura e os resultados obtidos na otimização com massas concentradas de 1000.0 kg:

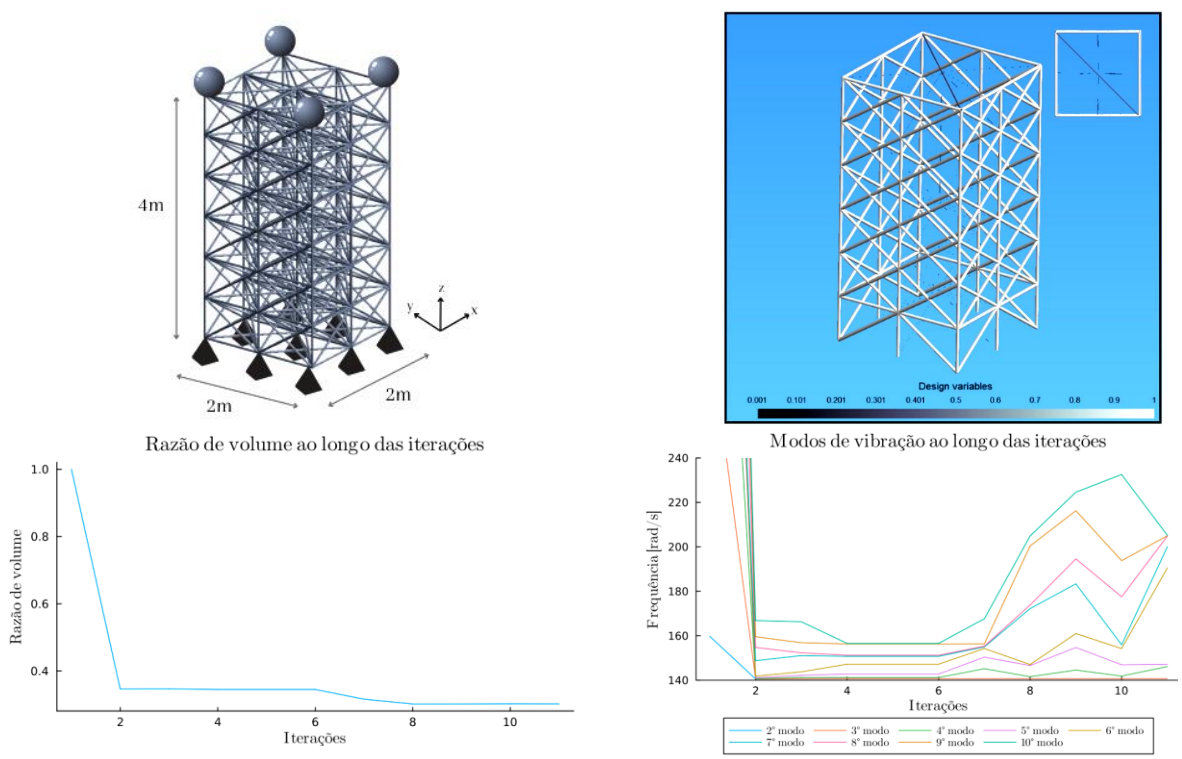

Figura 1. *Resultados obtidos – Problema da coluna.*

Já nas 2 primeiras iterações a razão de volume tem um decaimento acelerado. O resultado evidencia a importância da utilização da norma (espaçamento dos autovalores da estrutura).

Palavras-chave: Análise Modal. Treliças. Otimização Topológica. Autovalores. Frequência