

## Atividade 3

### *ESO-Compliance*

---

Renan Miranda Portela

14 de outubro de 2018

## 1 OBJETIVO

O objetivo desta atividade foi realizar uma implementação computacional do processo de otimização topológica em uma viga curta, mostrada na figura 1.1, pelo método ESO (*Evolutionary Structural Optimization*) usando o critério de *compliance* ou conformidade.

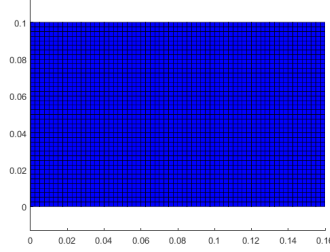


Figura 1.1: Malha inicial 64x40

## 2 METODOLOGIA

Nesse método, escolhe-se um número fixo de elementos a serem retirados em cada iteração. Esse número, geralmente corresponde a uma porcentagem do número total de elementos. O parâmetro utilizado para a remoção dos elementos é o número de sensibilidade de cada elemento representado por  $\alpha_i^e$ . Esse valor é decorrente de uma variação da conformidade.

A conformidade pode ser definida pela energia total de deformação ou pelo trabalho realizado pela força aplicada como na equação 2.1, onde  $f$  é o vetor força e  $u$  é o vetor deslocamento.

A equação de equilíbrio da estrutura pela equação 2.2, onde  $K$  é a matriz de rigidez global. A variação da matriz de rigidez pela retirada do  $i$ -ésimo elemento é dada pela equação 2.3, onde  $K^*$  é a matriz de rigidez resultante depois que um elemento é retirado e  $-K_i$  é a matriz de rigidez local do elemento retirado.

$$C = \frac{1}{2} f^T u \quad (2.1)$$

$$f = Ku \quad (2.2)$$

$$\Delta K = K^* - K = -K_i \quad (2.3)$$

Fazendo a variação da equação 2.2, encontra-se a variação do vetor de deslocamentos em função da rigidez e do próprio vetor de rigidez.

Fazendo a variação da equação 2.1, encontra-se a equação 2.5. Da variação da conformidade, pode-se substituir o  $\Delta u$  da equação 2.4 e  $\Delta K$  da equação 2.3.

$$\Delta u = -K^{-1} \Delta K u \quad (2.4)$$

$$\Delta C = \frac{1}{2} f^T \Delta u = -\frac{1}{2} f^T K^{-1} \Delta K u = \frac{1}{2} u_i^T K_i u_i \quad (2.5)$$

Finalizamos definindo o número de sensibilidade pela equação 2.6.

$$\alpha_i^e = \frac{1}{2} u_i^T K_i u_i \quad (2.6)$$

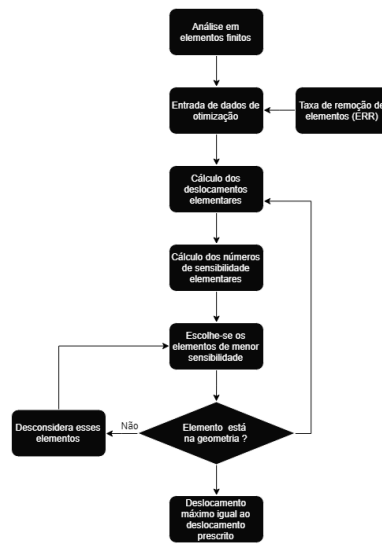


Figura 2.1: Algoritmo do método ESO-*Compliance*

### 3 RESULTADOS

Na simulação realizada foram retirados apenas 2 elementos por iteração, o que elevou o tempo de computação uma vez que o número de elementos da geometria é 2560 elementos e terminando com apenas 788 elementos. Entretanto a remoção de poucos elementos por iteração dá à otimização maior estabilidade e melhora a escolha dos elementos que devem sair da geometria.

O critério de parada utilizado na otimização foi o de deslocamento máximo permitido. Ou seja, quando o deslocamento máximo de um nó qualquer alcança  $0,5 \text{ mm}$  ou outra medida qualquer a otimização para.

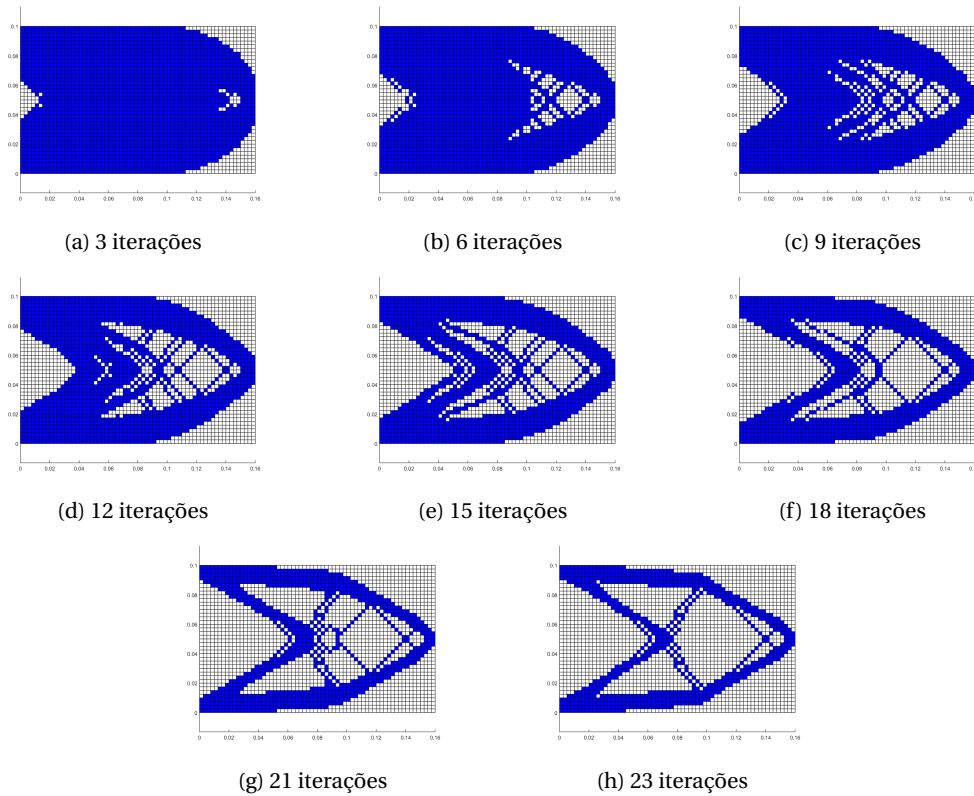


Figura 3.1: Desenvolvimento da otimização topológica

### 4 CONCLUSÃO

O processo de otimização de geometria por *compliance* se mostrou eficaz, porém o processo deve ser feito vagarosamente para melhor estabilização do processo.

Outra forma é atualizar o número de elementos a serem retirados a cada iteração, atribuindo uma porcentagem da quantidade de elementos remanescente na geometria.

## REFERÊNCIAS

- [1] Huang, X., Xie, Y.M., *Evolutionary Topology Optimization Of Continuum Structures Methods And Applications*, Wiley, 2010.
- [2] Buchanan, G. R., *Finite Element Analysis*, McGraw-Hill, 1994.