

Atividade 5

BESO *Complaince*

Renan Miranda Portela

10 de dezembro de 2018

1 OBJETIVO

O objetivo desta tarefa é implementar computacionalmente o algoritmo BESO (*Soft-Kill*) a fim de minimizar a *compliance* de uma estrutura sujeita a uma restrição de volume.

2 METODOLOGIA

O problema de otimização BESO assim como ESO propõe minimizar a equação 2.1 sujeita a restrição 2.2.

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

$$V^* - \sum_{i=1}^{nel} V_i x_i = 0 \quad (2.2)$$

onde f é o vetor de cargas aplicadas, u o vetor de deslocamentos nodais e C conhecido como *mean Compliance*. A variação do *mean Compliance* resulta no número de sensibilidade elementar mostrado na equação 2.3.

$$\alpha_i^e = \Delta C_i = \frac{1}{2} u_i^T K_i u_i \quad (2.3)$$

De posse dos valores do número de sensibilidade elementar, pode-se computar o número de sensibilidade nodal pela equação 2.4.

$$\alpha_j^n = \sum_{i=1}^M w_i \alpha_i^e \quad (2.4)$$

onde w_i é o peso do valor de cada elemento dado pela equação 2.5.

$$w_i = \frac{1}{M-1} \left(1 - \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^M r_{ij}} \right) \quad (2.5)$$

A partir do número de sensibilidade nodal, encontra-se o valor do número de sensibilidade elementar filtrado dado pela equação 2.6.

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^K w(r_{ij}) \alpha_j^n}{\sum_{j=1}^K w(r_{ij})} \quad (2.6)$$

onde $w(r_{ij})$ é o peso nodal dado pela diferença entre o raio mínimo do filtro e a distância entre o centro do elemento computado e o nó, mostrado pela equação 2.7.

$$w(r_{ij}) = r_{min} - r_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, K) \quad (2.7)$$

Para evitar problemas de convergência, faz-se a média do número de sensibilidade filtrado pela equação 2.8, onde k é a iteração corrente e i o elemento em questão.

$$\alpha_i = \frac{\alpha_i^k + \alpha_i^{k-1}}{2} \quad (2.8)$$

O *loop* é concluído decidindo quais os elementos entram ou saem da geometria pelas desigualdades apresentadas em 2.9 e 2.10.

$$\alpha_i \leq \alpha_{del}^{th} \quad (2.9)$$

$$\alpha_i > \alpha_{add}^{th} \quad (2.10)$$

A otimização é interrompida quando a restrição de volume e a condição apresentada na equação 2.11 são satisfeitas.

$$erro = \frac{|\sum_{i=1}^{nel} C_{k-i+1} - \sum_{i=1}^{nel} C_{k-nel-i+1}|}{\sum_{i=1}^{nel} C_{k-i+1}} \leq \tau \quad (2.11)$$

3 RESULTADOS

A geometria inicial tem 80 *mm* por 50 *mm*, engastada na extremidade esquerda e sofrendo uma carga vertical na extremidade direita.

propõe uma carga de 100 *N*, módulo de *Young* igual a 100 GPa e *Poisson* igual a 0,3. A geometria é dividida em 160 por 100 elementos quadrilaterais que foram reduzidos a 50% da quantidade de elementos inicial. A otimização topológica tem a taxa de evolução de 1%, taxa de retorno máximo de 5%, raio de distância do filtro de 3 *mm* e τ igual a 0,01%.

A figura 3.1 mostra a evolução topológica da geometria ao longo das iterações até a estrutura final.

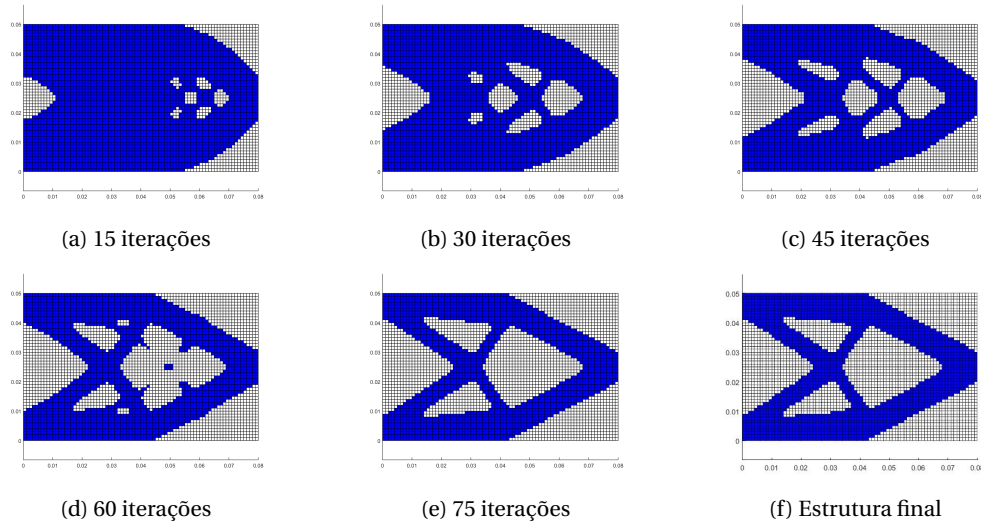


Figura 3.1: Evolução da topologia

A figura 3.2 mostra a evolução da *mean Compliance* ao longo das iterações, repetindo o resultado mostrado por

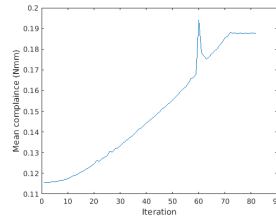


Figura 3.2: Valores da *compliance* ao longo das iterações

No segundo problema, o autor propõe uma viga bi-apoiada com carga no nó central. A convergência é rápida visto que com 15 iterações a geometria já é próxima o suficiente da geometria final, demorando apenas para satisfazer a condição de convergência do código.

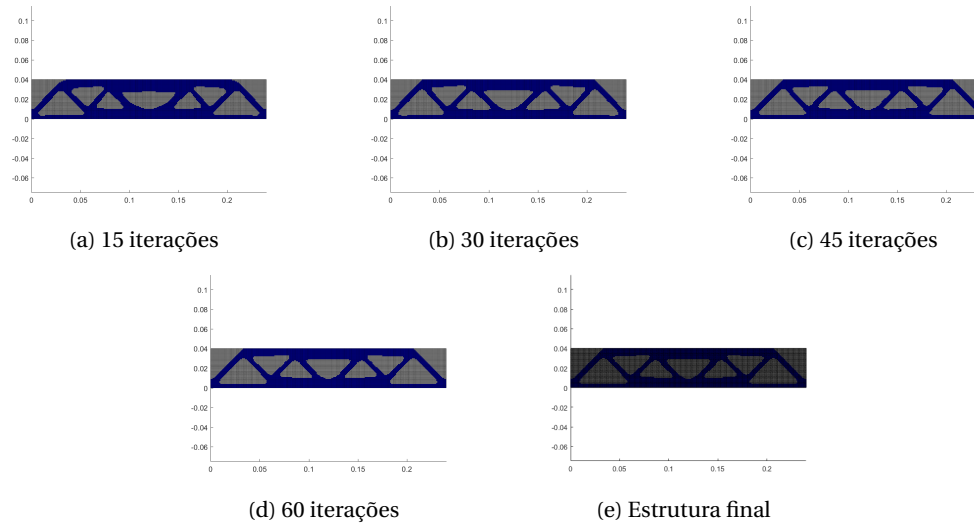


Figura 3.3: Evolução da topologia

A figura 3.4 mostra o comportamento da *mean compliance* ao longo das iterações.

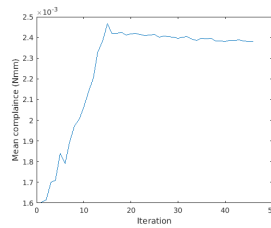


Figura 3.4: Valores da *mean compliance* ao longo das iterações

4 CONCLUSÃO

Embora os valores da *mean complaine* do segundo problema tenham sido diferentes dos resultados apresentados pelo autor, a geometria final dos dois problemas propostos convergem para a mesma solução mostrada.

REFERÊNCIAS

- [1] Huang, X., Xle, Y.M., *Evolutionary Topology Optimization Of Continuum Structures Methods And Applications*, Wiley, 2010.
- [2] Notas de aula.