

MODELAÇÃO DINÂMICA DE UMA LIGAÇÃO APARAFUSADA

Fernando C. Batista

ESTG - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Politécnico de Leiria

CDRSP - Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produto,

Politécnico de Leiria

fernando.batista@ipleiria.pt



**POLITÉCNICO
DE LEIRIA**



Introdução

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

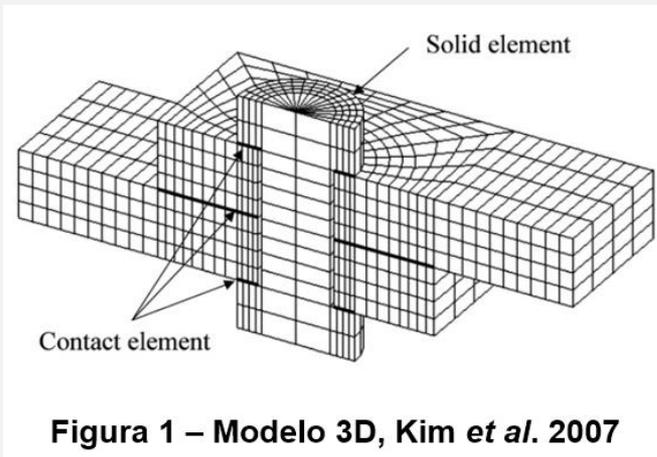


Figura 1 – Modelo 3D, Kim *et al.* 2007

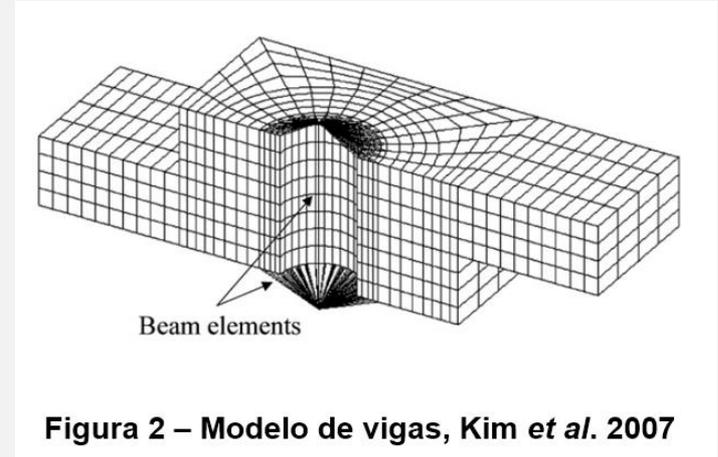
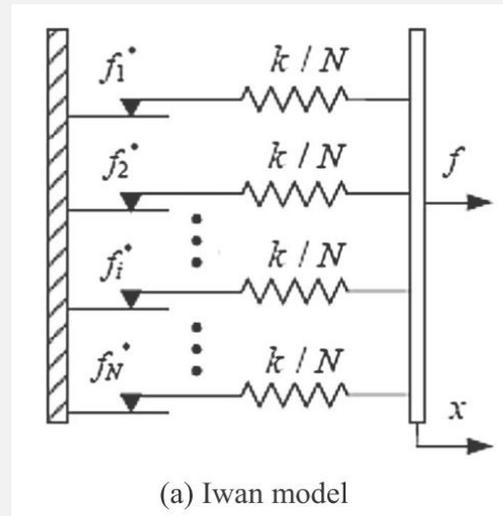


Figura 2 – Modelo de vigas, Kim *et al.* 2007



Modelos não linear de contacto
Yuan. *et al.* 2019

Modelos dinâmicos

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

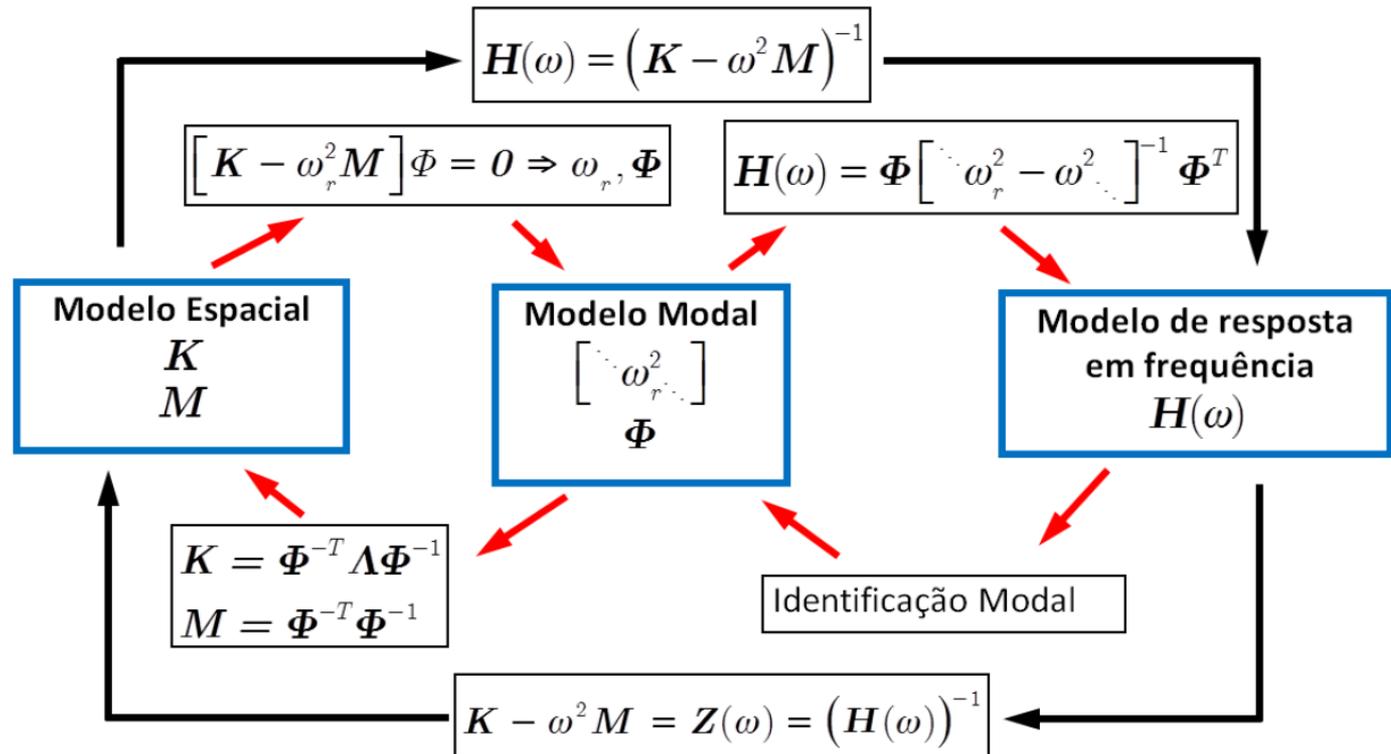


Figura 3 - Relação entre os três modelos dinâmicos (sem amortecimento), Batista, F.C., 2012



Critérios de Correlação Globais

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

Modal Assurance Criterion (MAC), Allemang e Brown (1982)

$$MAC(i, j) = \frac{|\{\Psi_A\}_i^H \{\Psi_X\}_j|^2}{(\{\Psi_A\}_i^H \{\Psi_A\}_i)(\{\Psi_X\}_j^H \{\Psi_X\}_j)}$$

Global Shape Criterion (GSC), Grafe (1998)

$$GSC(\omega, j) = \frac{|\{H_A(\omega)\}_j^H \{H_X(\omega)\}_j|^2}{(\{H_A(\omega)\}_j^H \{H_A(\omega)\}_j)(\{H_X(\omega)\}_j^H \{H_X(\omega)\}_j)}$$

$$GSC \text{ médio} \quad \overline{GSC}(j) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N GSC(\omega_k, j)$$



POLITÉCNICO
DE LEIRIA



Critério de Correlação Local

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

Local Amplitude Criterion (LAC), Grafe (1998)

$$LAC(\omega, i, j) = \frac{2|H_{Xij}(\omega)^* \cdot H_{Aij}(\omega)|}{(H_{Xij}(\omega)^* \cdot H_{Xij}(\omega)) + (H_{Aij}(\omega)^* \cdot H_{Aij}(\omega))}$$

LAC médio $\overline{LAC}(i, j) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N LAC(\omega_k, i, j)$



POLITÉCNICO
DE LEIRIA



Elementos Finitos

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

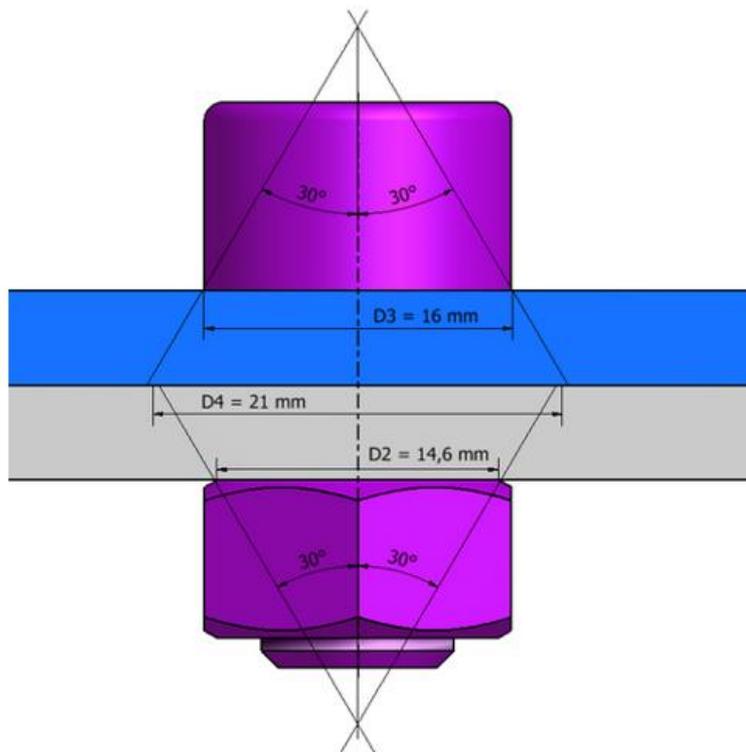


Figura 9 - Cone de pressão do parafuso

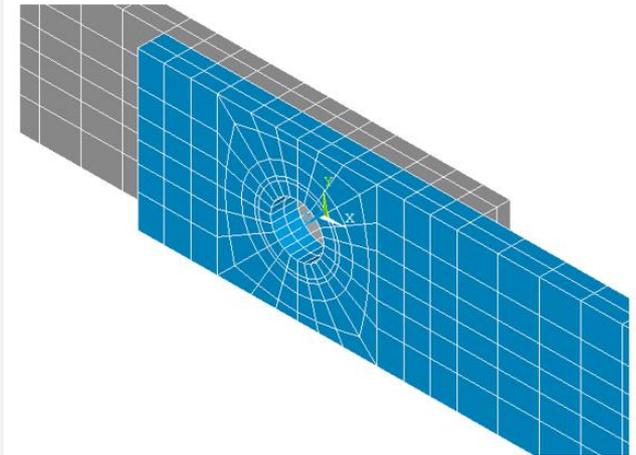


Figura 5 - Ligação sem parafuso

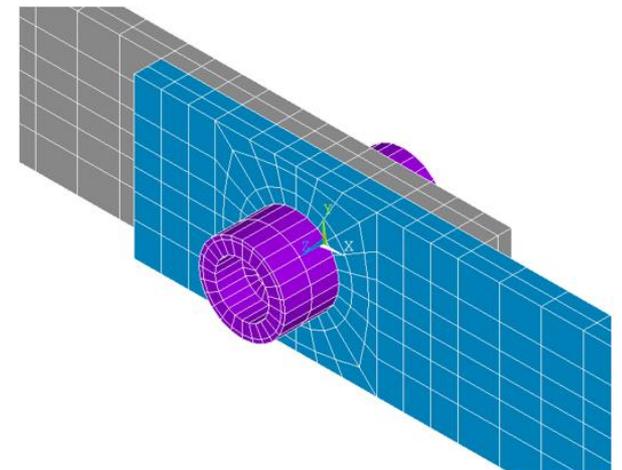


Figura 6 - Ligação com parafuso

Modelação dinâmica de uma ligação aparafusada

Fernando C. Batista

7



POLITÉCNICO
DE LEIRIA



12º CONGRESSO NACIONAL DE MECÂNICA EXPERIMENTAL

CNME 2020

13 Modelos - Ligações Rígidas

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

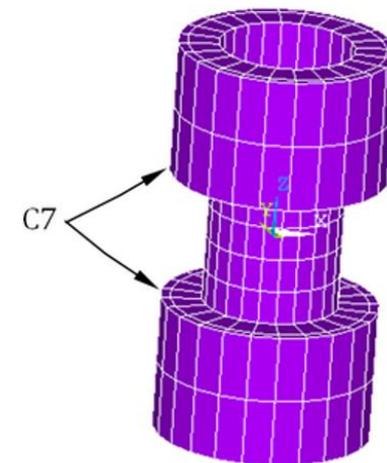
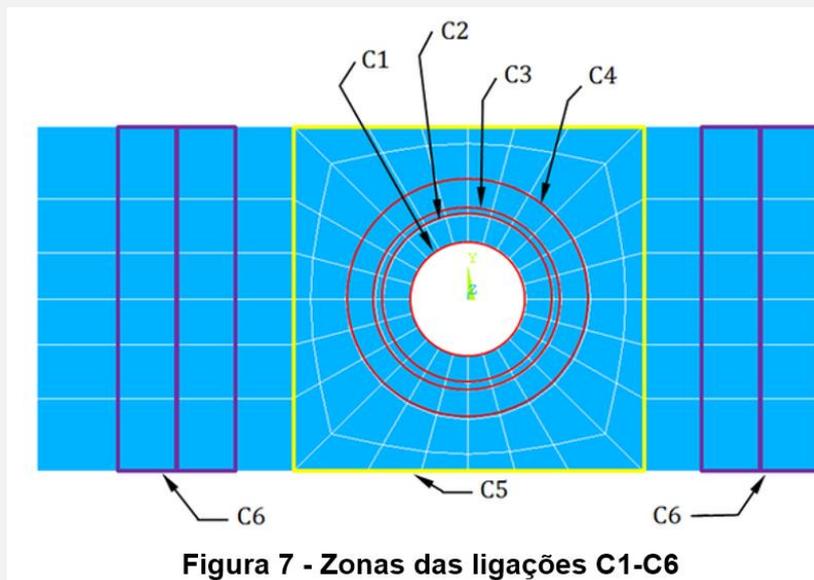


Tabela 2 - Ligações dos 13 modelos

Modelo	\varnothing [mm]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ligação C1	10	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Ligação C2	14,6		x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
Ligação C3	16			x	x	x	x				x	x	x	x
Ligação C4	21				x	x	x					x	x	x
Ligação C5	---					x	x						x	x
Ligação C6	---						x							x
Ligação C7	14,6/16								x	x	x	x	x	x

Resultados - Correlação Global

- Foram realizadas 36 FRF do triangulo superior da matriz de aceleração.
- Fui escolhido um espectro de 0 a 2000 Hz

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

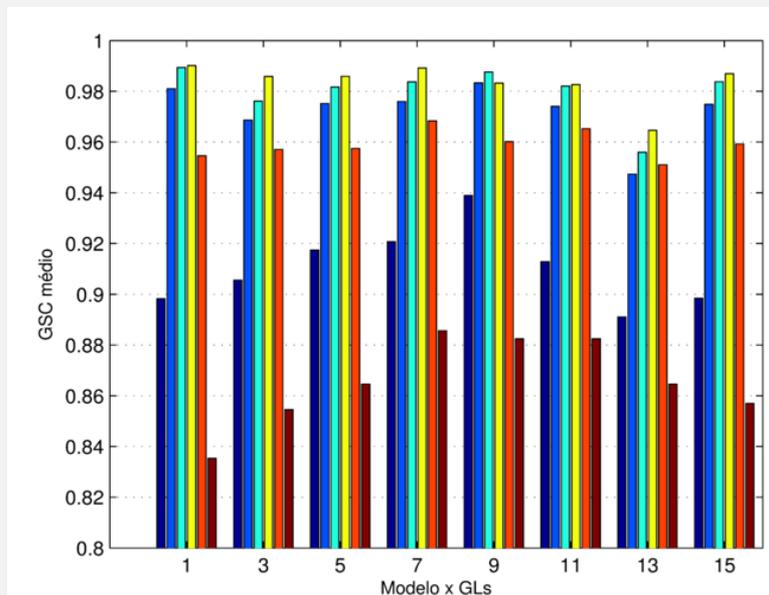


Figura 11 - Correlação GSC média dos modelos 1, 2, 3, 4, 5 e 6

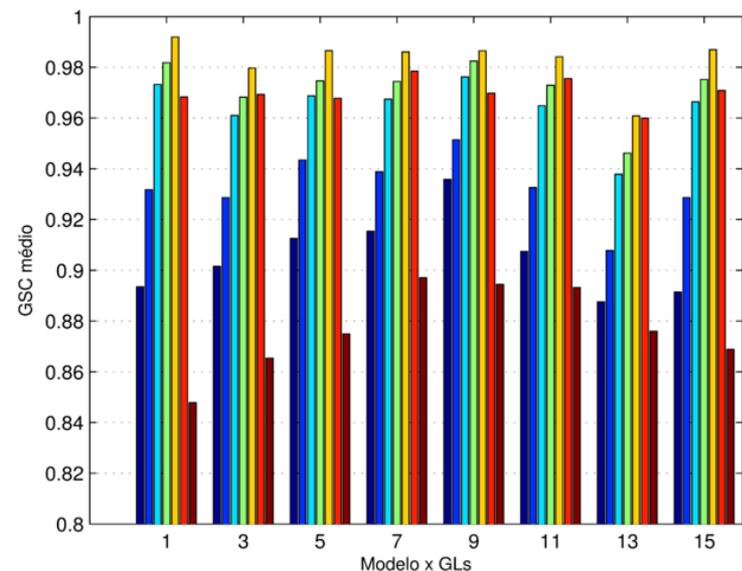


Figura 12 - Correlação GSC média dos modelos 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13

O modelo 4 e o modelo 11 apresentam valores mais próximos de 1 para todos os graus de liberdade.

Resultados - Correlação Global

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

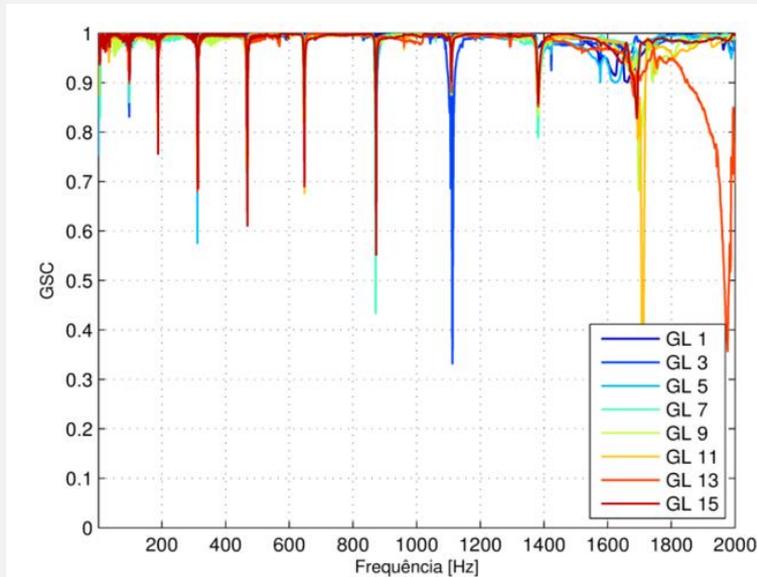


Figura 13 - Correlação GSC - modelo 4

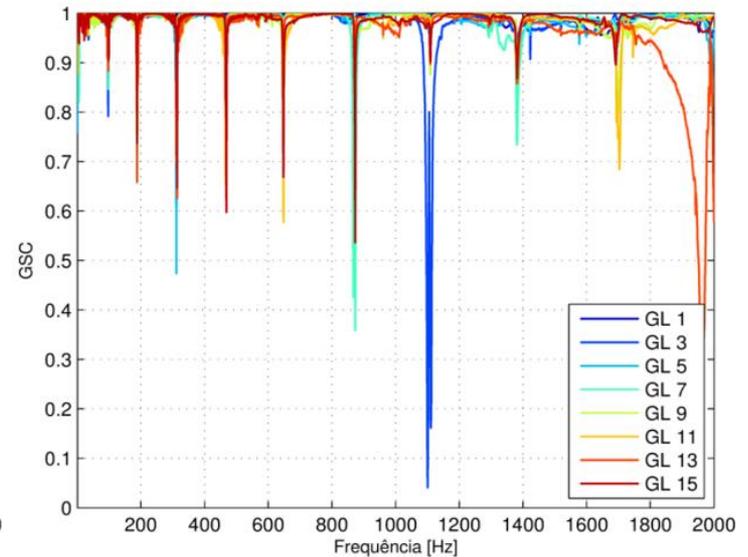


Figura 14 - Correlação GSC - modelo 11

É visível uma correlação mais baixa para frequências mais altas.



Resultados - Correlação Local

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

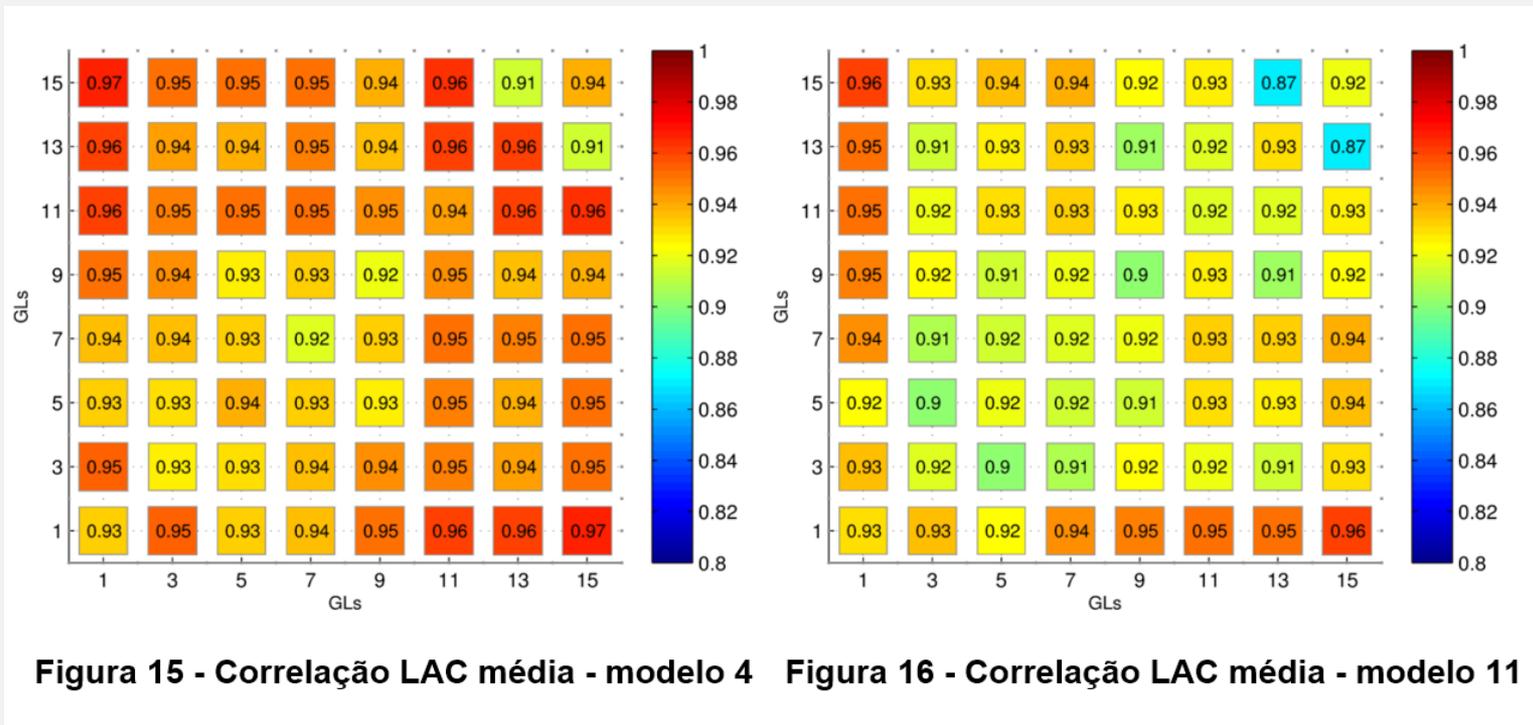


Figura 15 - Correlação LAC média - modelo 4 Figura 16 - Correlação LAC média - modelo 11

O modelo 4 apresenta melhor correlação para todos os GL do que o modelo 11.

INTRODUÇÃO

FORMULAÇÃO

- Modelos
- Critérios

CASO DE ESTUDO

- Modelos
- Resultados
- Conclusão

Conclusões

- Os modelos que apresentaram melhor resultados foram os modelos que tinham as ligações rígidas até ao diâmetro do cone de aperto.
- A massa do parafuso não se revelou importante.

Trabalhos futuros

- Verificar se podemos substituir a circunferência de aperto por um quadrado com a mesma área para assim facilitar a construção da malha.
- Validar se este modelo tem resultados aceitáveis no planos xy .
- Validar em estruturas com mais ligações.



POLITÉCNICO
DE LEIRIA



APAET

OBRIGADO

Fernando Batista