



DOUTORADO PE-AERO



# Tópicos de Pesquisa

**Prof. Maurício Vicente Donadon ([donadon@ita.br](mailto:donadon@ita.br))**  
**Instituto Tecnológico de Aeronáutica**  
**Departamento de Engenharia Aeroespacial**



# Aplicação de Compósitos em Asa Alongada

## DESCRIÇÃO DO PROJETO

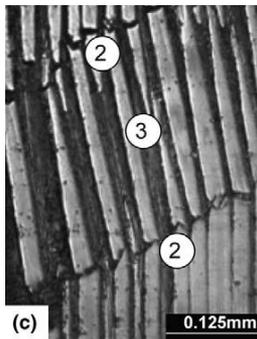
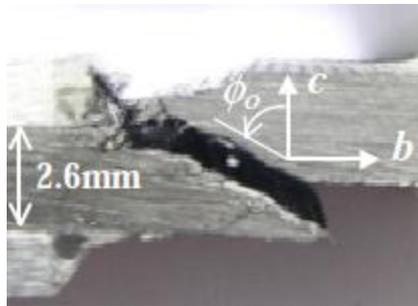
Esse projeto é um dos projetos estruturantes que compõem a plataforma de avião verde em desenvolvimento com a EMBRAER. O projeto tem como objetivos:

- (i) caracterização experimental do comportamento estático e dinâmico (fadiga) de junções coladas, co-coladas e obtidas via colagem secundária em estruturas de material compósito considerando efeitos higrotermoelásticos;
- (ii) formulação e implementação numérica de um modelo constitutivo de dano para prever o comportamento das junções citadas em (i),
- (iii) validação do modelo de dano proposto a níveis de coupon e subcomponentes.

**Instituições parceiras:** EMBRAER, ITA

# Modos de falha típicos observados em compósitos

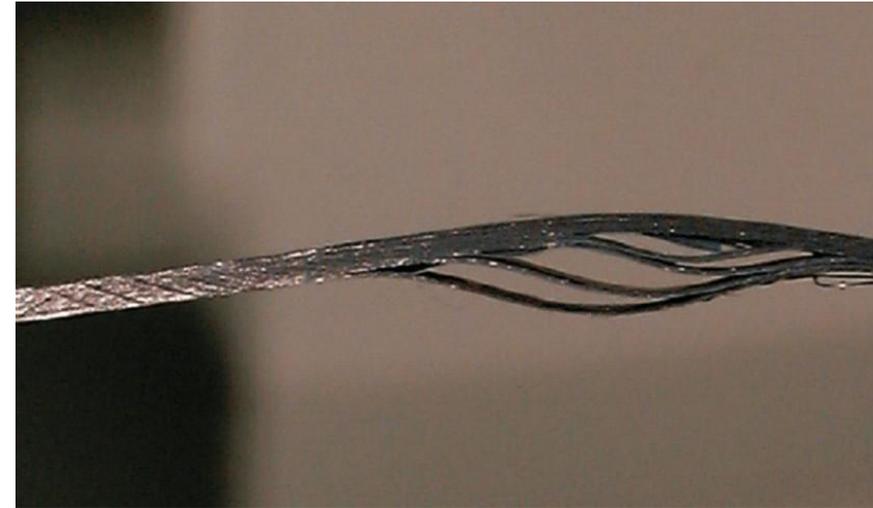
## Falha Intralaminar



(c)

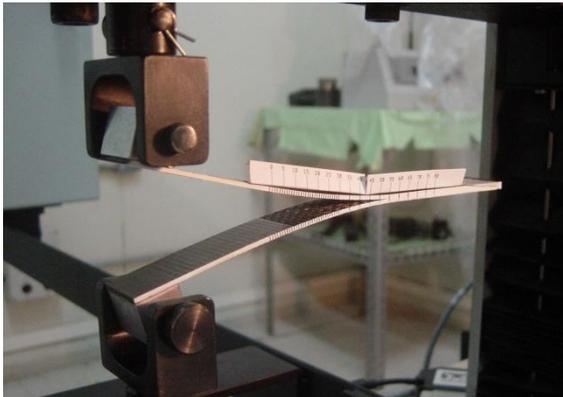
0.125mm

## Falha Interlaminar

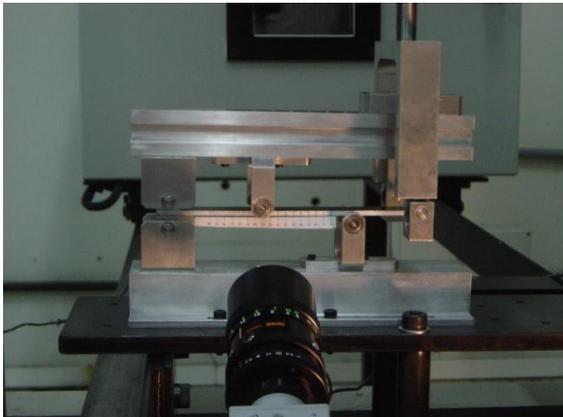
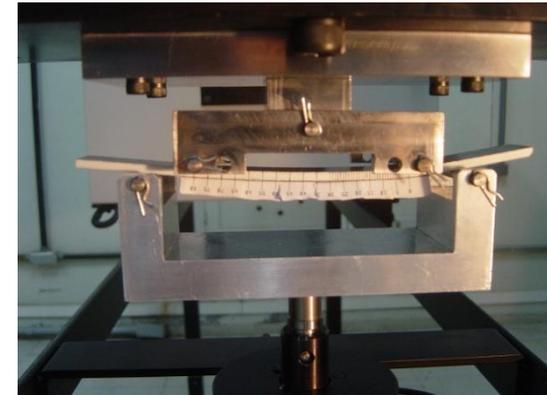


# Caracterização do tenacidade à fratura interlaminar em laminados compósitos

**DCB-ASTM D 5528-94a**

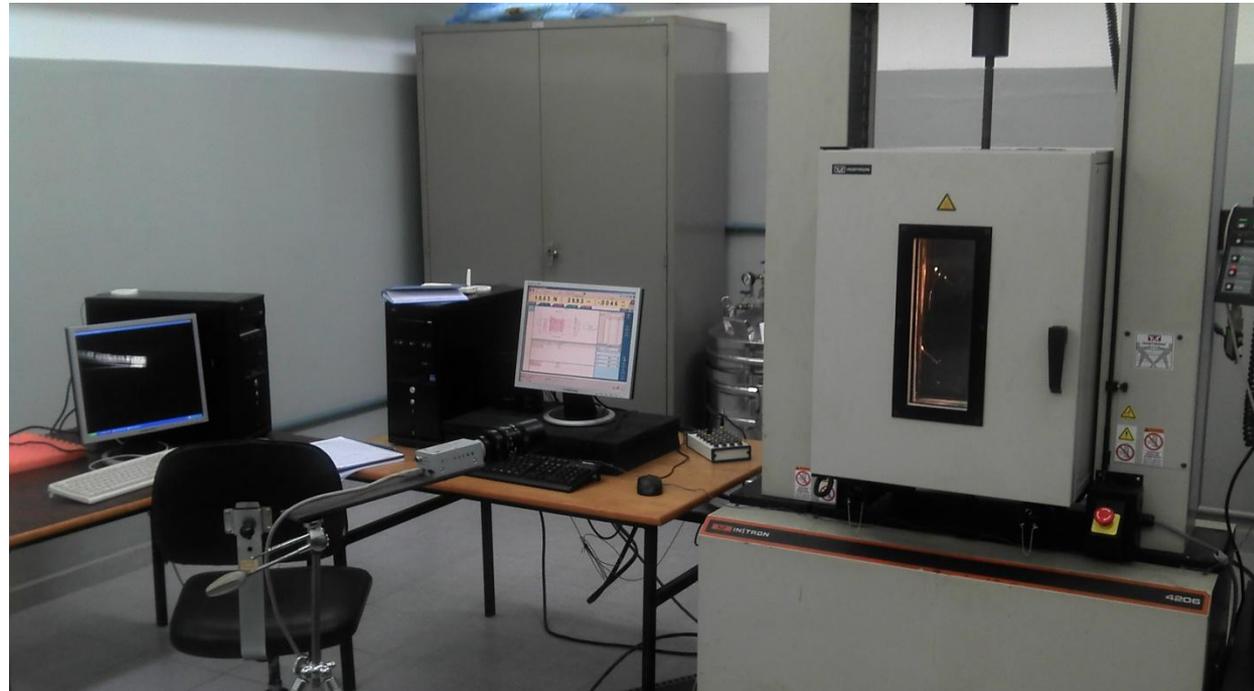
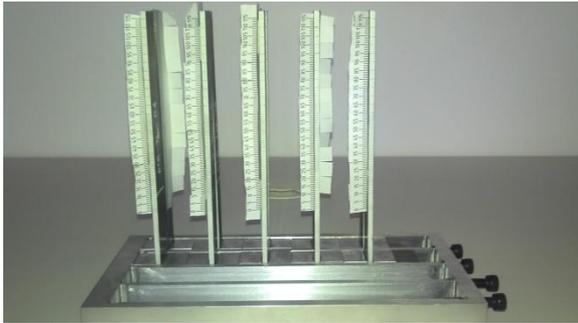


**4 ENF - MERL**



**MMB - ASTM D 6671-01**

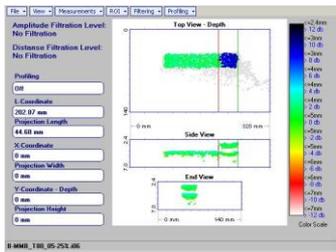
# Caracterização do tenacidade à fratura interlaminar em laminados compósitos



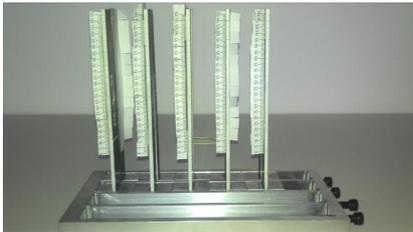
# Caracterização do tenacidade à fratura interlaminar em laminados compósitos

## Redução de dados (ambiente MATLAB)

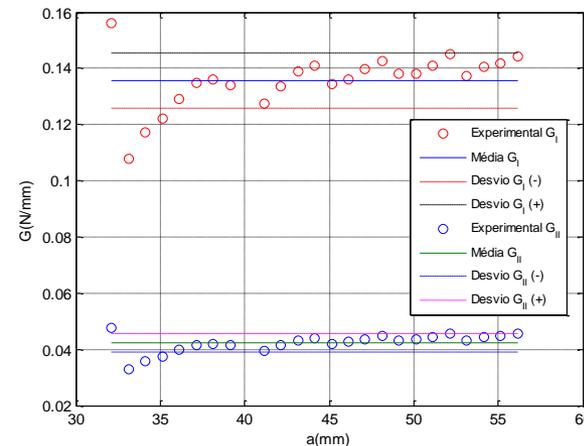
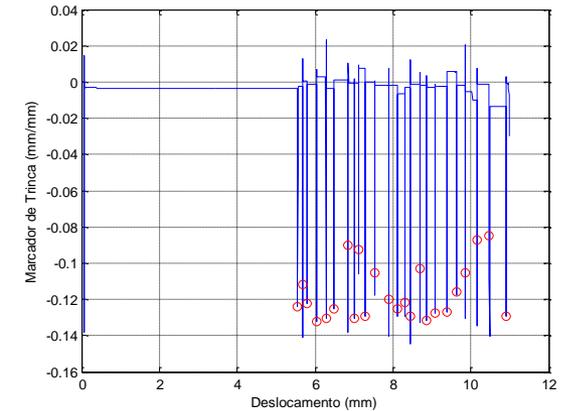
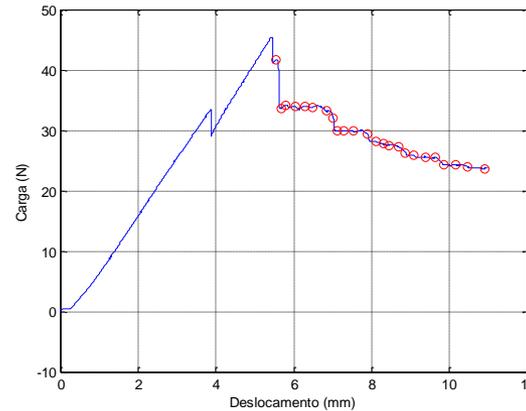
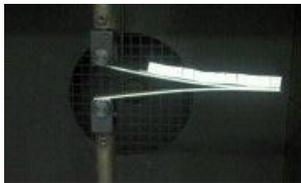
### Inspeção CDPs



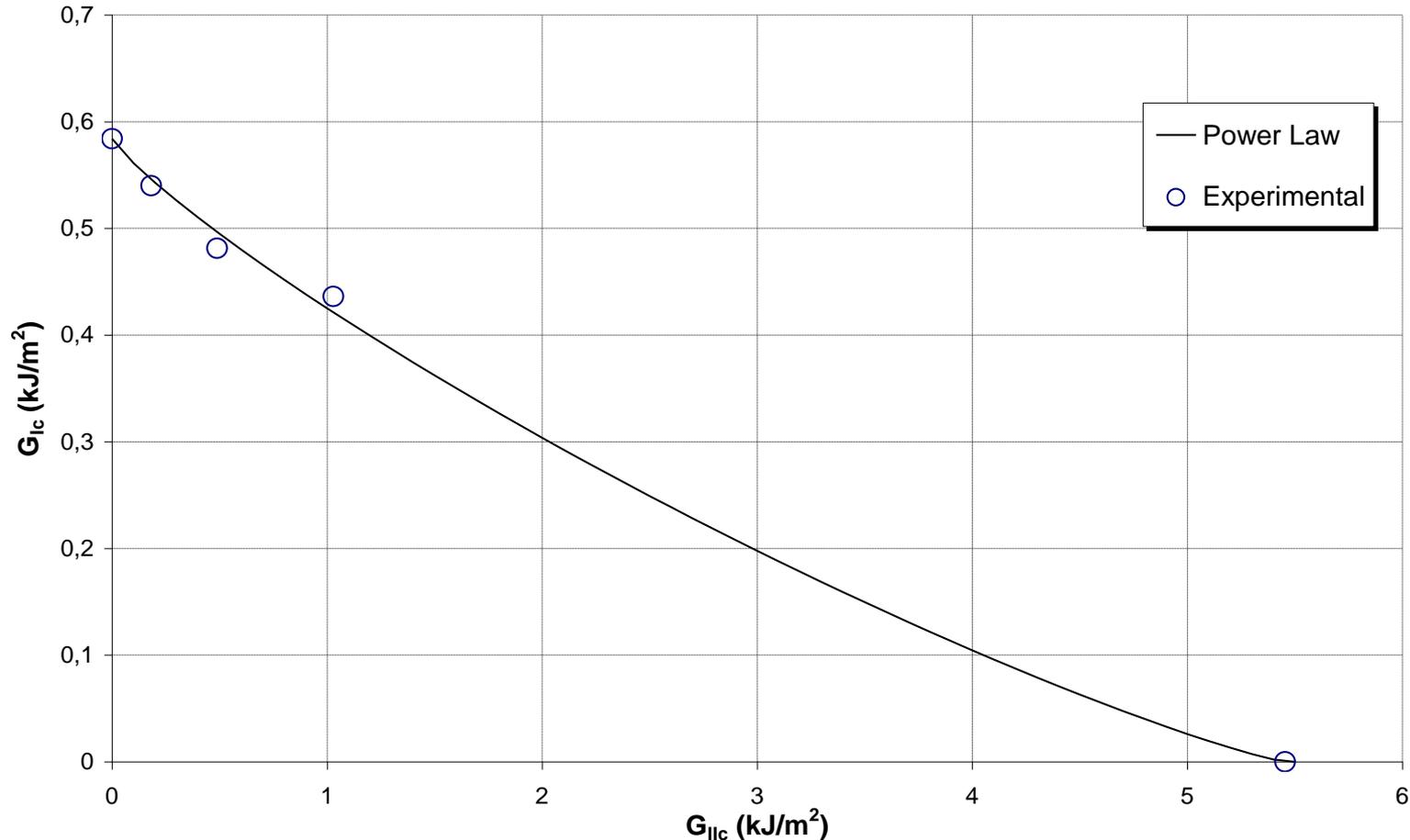
### Preparação CDPs



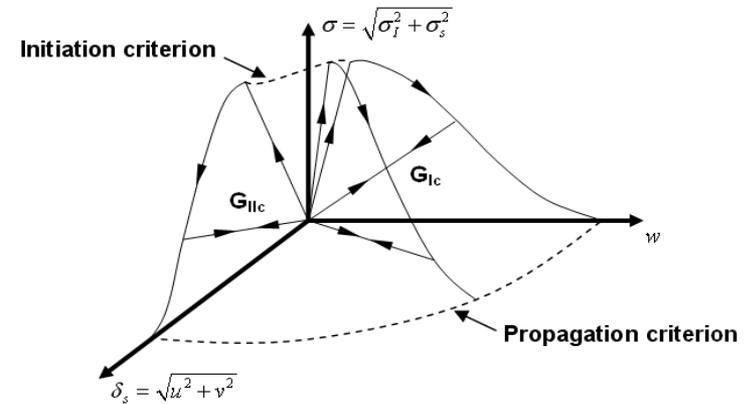
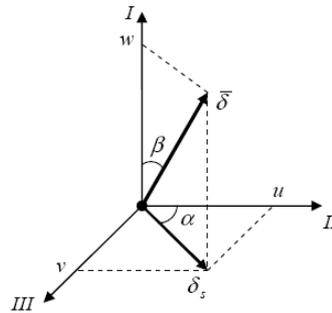
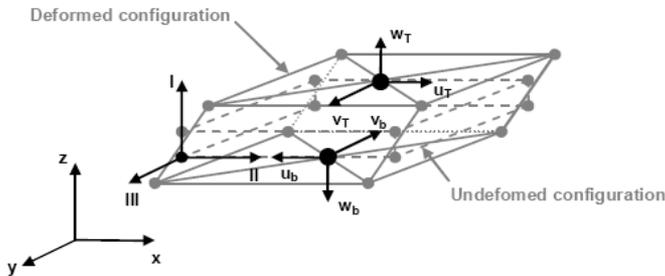
### Ensaio



# Caracterização do tenacidade à fratura interlaminar em laminados compósitos



# Modelo de dano para prever o comportamento de junções coladas, co-coladas e obtidas via colagem secundária



$$\left(\frac{\sigma_I}{\sigma_I^0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{II}}{\sigma_{II}^0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{III}}{\sigma_{III}^0}\right)^2 = 1 \quad \text{initiation criterion}$$

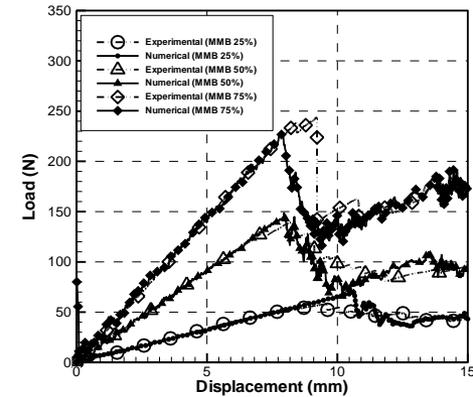
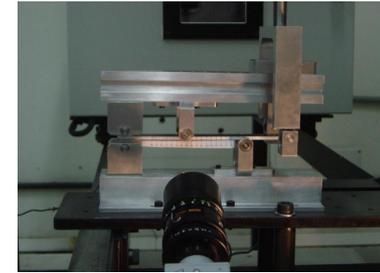
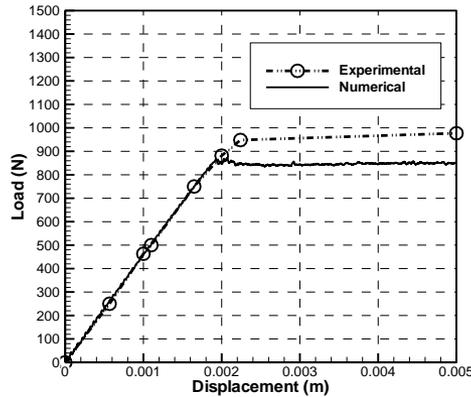
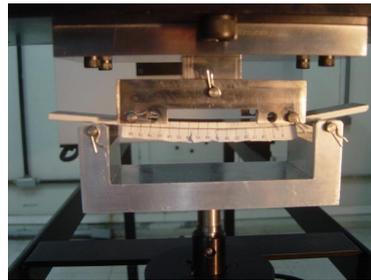
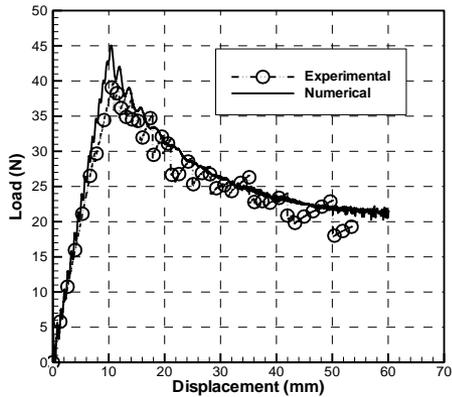
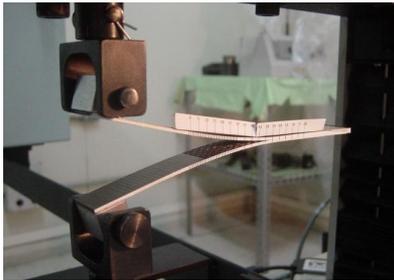
$$\left(\frac{G_I}{G_{Ic}}\right)^\lambda + \left(\frac{G_{II}}{G_{IIc}}\right)^\lambda + \left(\frac{G_{III}}{G_{IIIc}}\right)^\lambda = 1 \quad \text{propagation criterion}$$

$$G_i = \int_0^{\delta_i^f} \sigma_i d\delta_i \rightarrow \sigma_i = K_{ii}(1-d_i)\delta_i$$

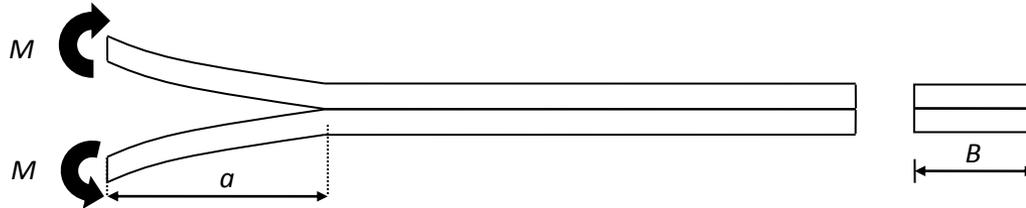
$$\bar{\delta}_0 = \left[ \left( \frac{K_{ww} \cos \beta}{\sigma_I^0} \right)^2 + \left( \frac{K_{uu} \sin \beta \cos \alpha}{\sigma_{II}^0} \right)^2 + \left( \frac{K_{vv} \sin \beta \sin \alpha}{\sigma_{III}^0} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\bar{\delta}_f = \frac{2}{\bar{\delta}_0} \left[ \left( \frac{K_{ww} \cos^2 \beta}{G_{Ic}} \right)^\lambda + \left( \frac{K_{uu} \sin^2 \beta \cos^2 \alpha}{G_{IIc}} \right)^\lambda + \left( \frac{K_{vv} \sin^2 \beta \sin^2 \alpha}{G_{IIIc}} \right)^\lambda \right]^{-\frac{1}{\lambda}}$$

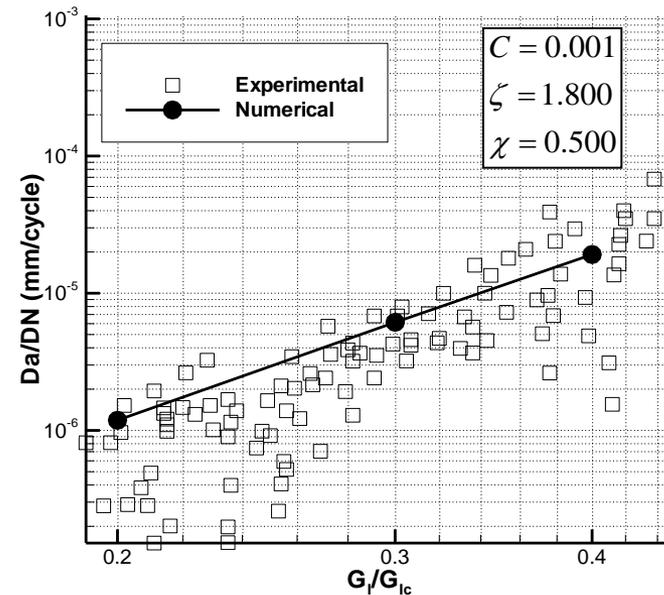
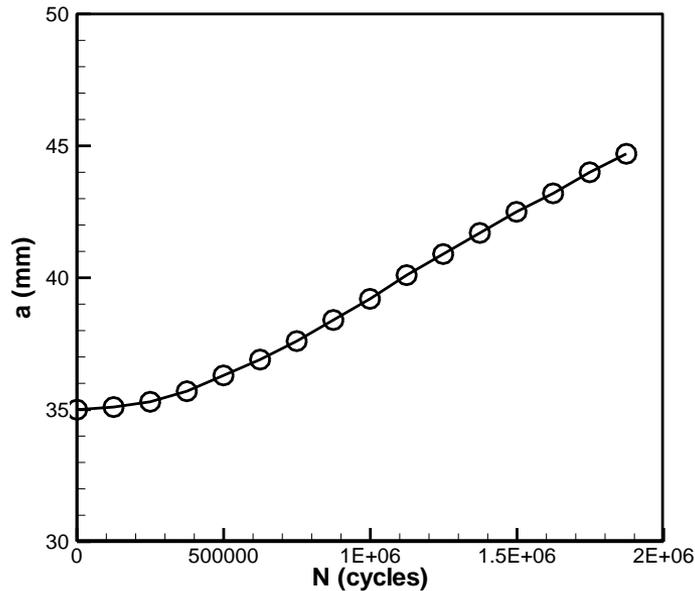
# Validação dos modelos de dano propostos (Regime Estático)



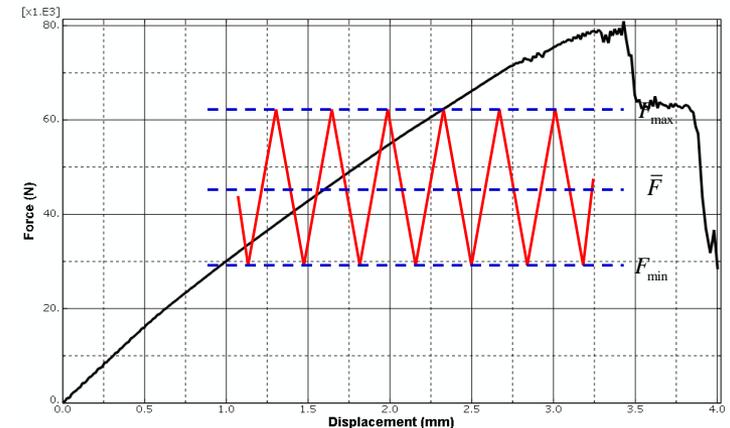
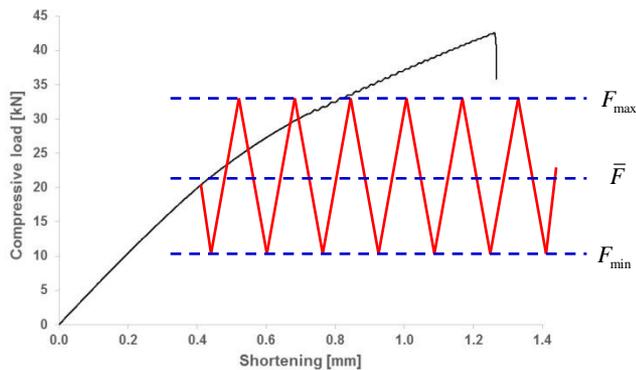
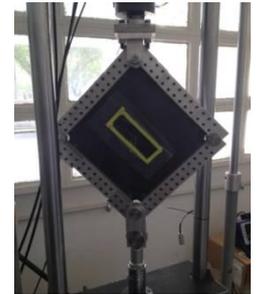
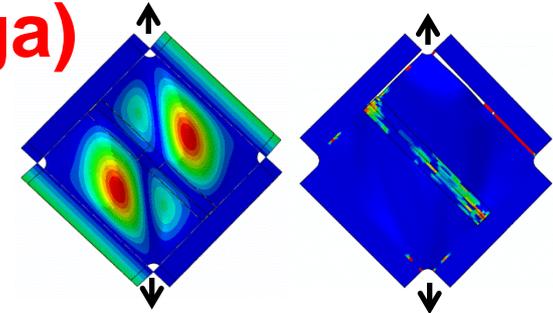
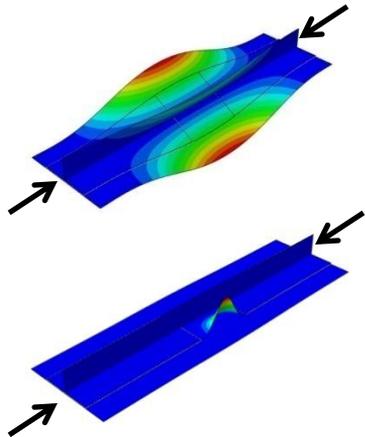
# Validação dos modelos de dano propostos (Regime Dinâmico-Fadiga)



$$G_I = \frac{M^2}{BEI}$$



# Validação dos modelos de dano propostos (Regime Dinâmico-Fadiga)





## Possíveis Temas de Doutorado

- (i) Caracterização experimental de junções coladas em estruturas laminadas de compósitos considerando efeitos higrotermoelásticos;
  
- (ii) Modelagem numérica de dano interlaminar induzido por fadiga em junções coladas aplicadas em estruturas aeronáuticas de material compósito.



# Aplicação de materiais inteligentes em aeroservoelasticidade

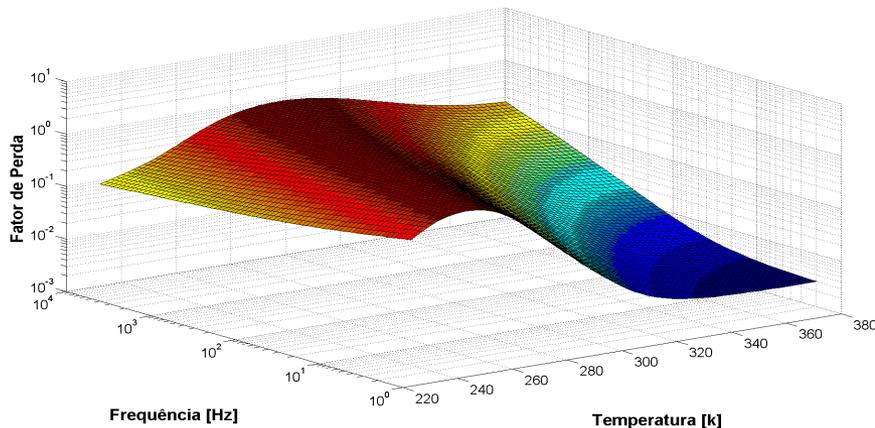
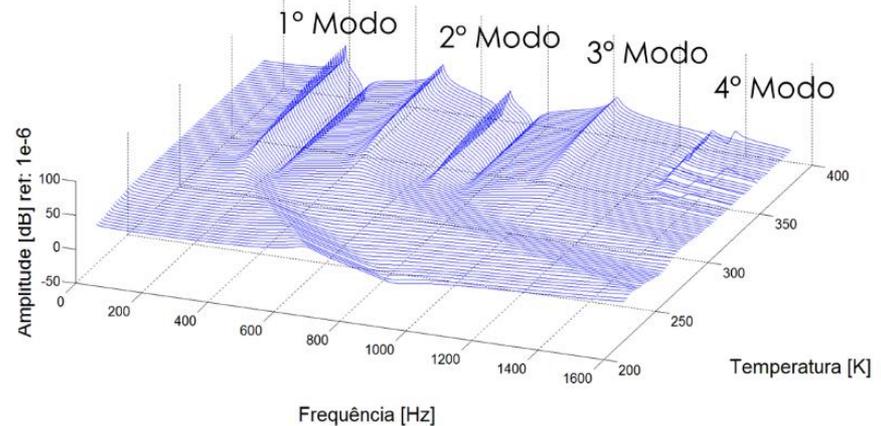
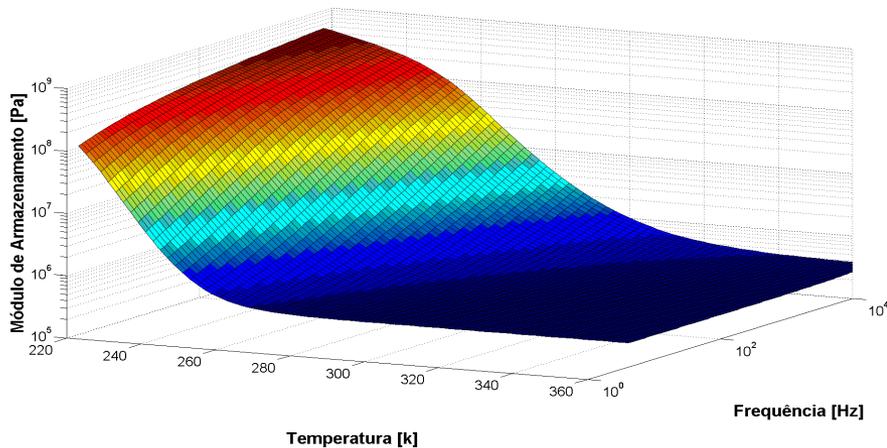


## DESCRIÇÃO DO PROJETO

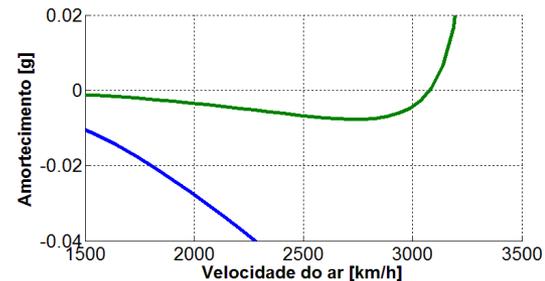
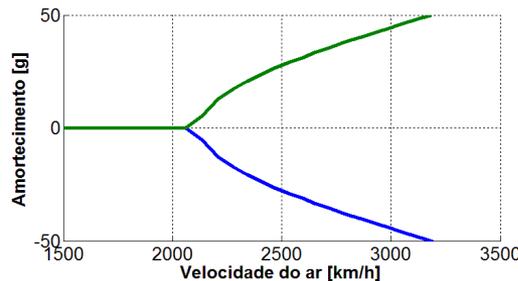
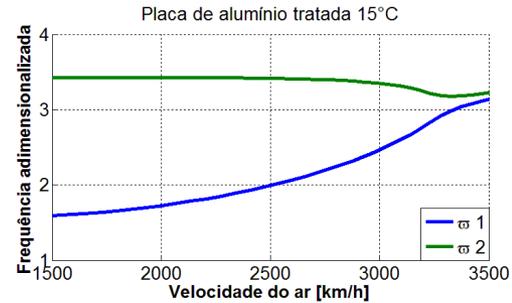
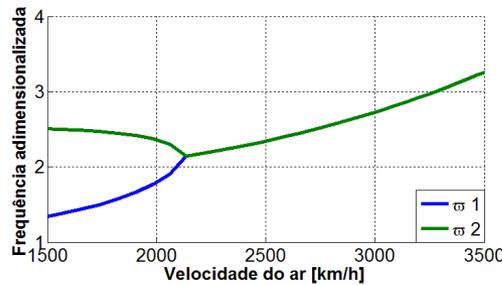
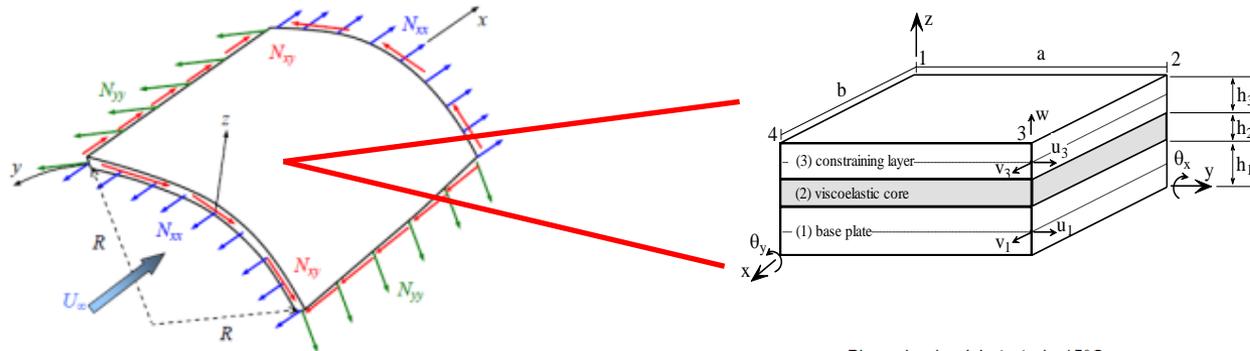
Esse projeto tem como objetivos investigar a aplicabilidade e efetividade do uso de materiais inteligentes (piezelétricos, viscoelásticos, ligas de memória de forma etc.) nos controles ativos e passivos para supressão de *flutter* em estruturas aeronáuticas.

**Instituições parceiras:** ITA, UFU, EMBRAER

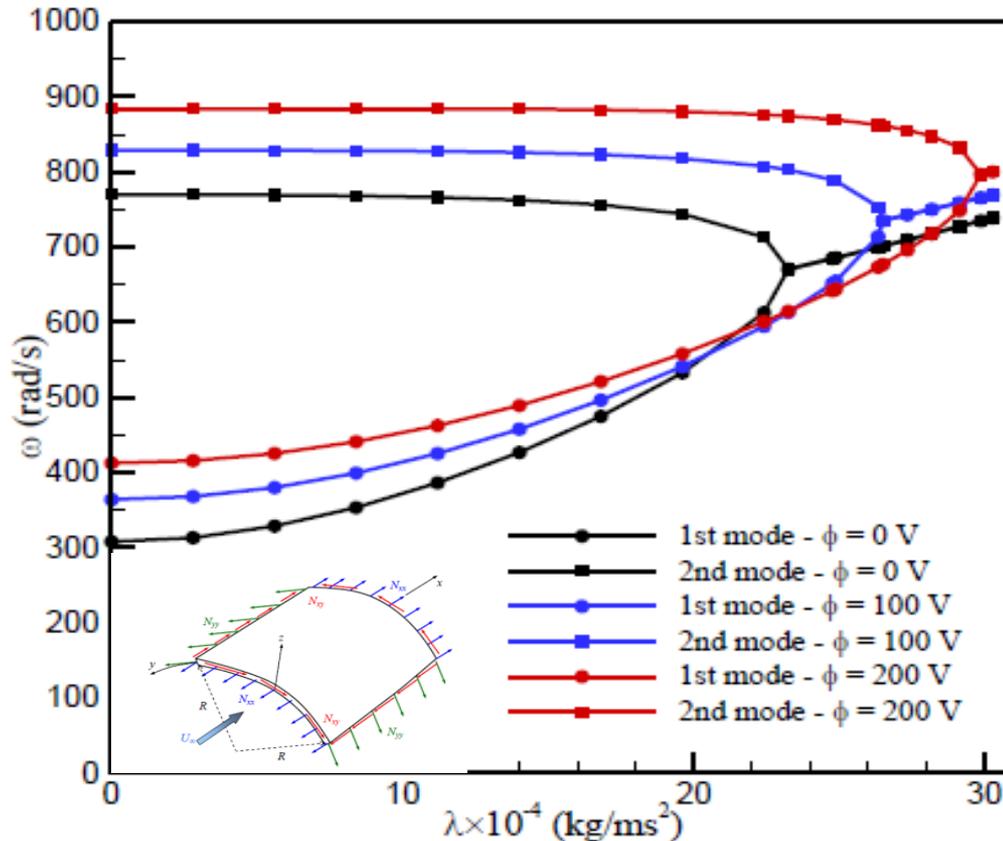
# Controle Passivo de Flutter em Painéis Aeronáuticos utilizando Materiais Viscoelásticos



# Controle Passivo de Flutter em Painéis Aeronáuticos utilizando Materiais Viscoelásticos



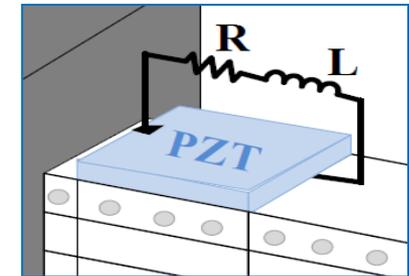
# Controle Passivo de Flutter em Painéis Aeronáuticos utilizando Materiais Piezoelétricos (Efeito Piezoelétrico Inverso)



# Controle Passivo de Flutter em Painéis Aeronáuticos utilizando Materiais Piezoelétricos (Efeito Piezoelétrico Direto – Shunt Circuits)

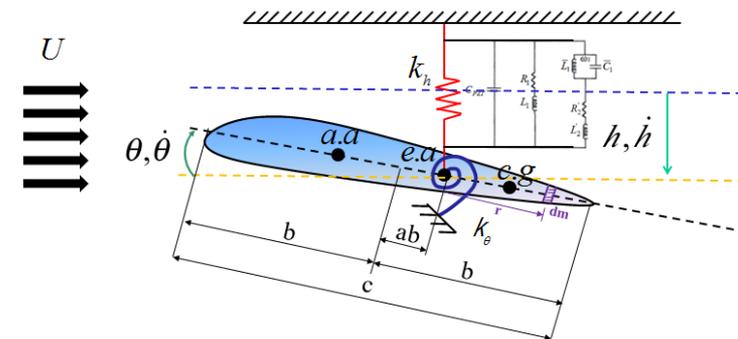
➤ Circuitos elétricos shunt ressonantes (R.L.C.) são análogos aos Absorvedores Dinâmicos de Vibração (A.D.V.), onde:

- *Indutância*                      *Massa (inércia);*
- *Capacitância*                    *Mola (acumulador de energia);*
- *Resistência*                        *Amortecedor (dissipador de energia).*

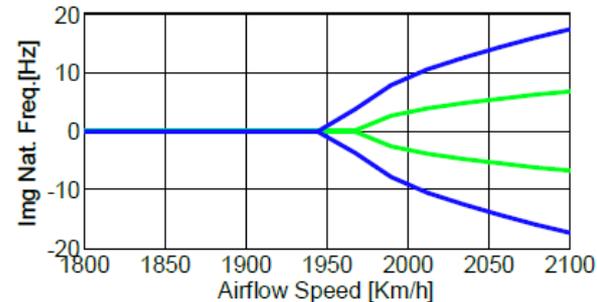
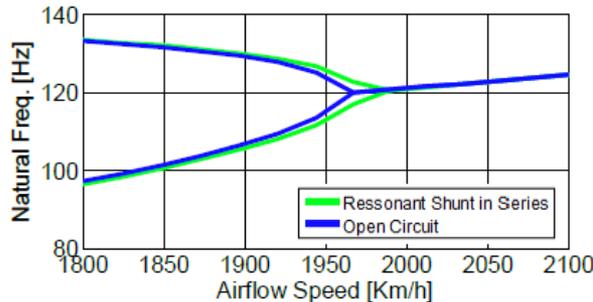
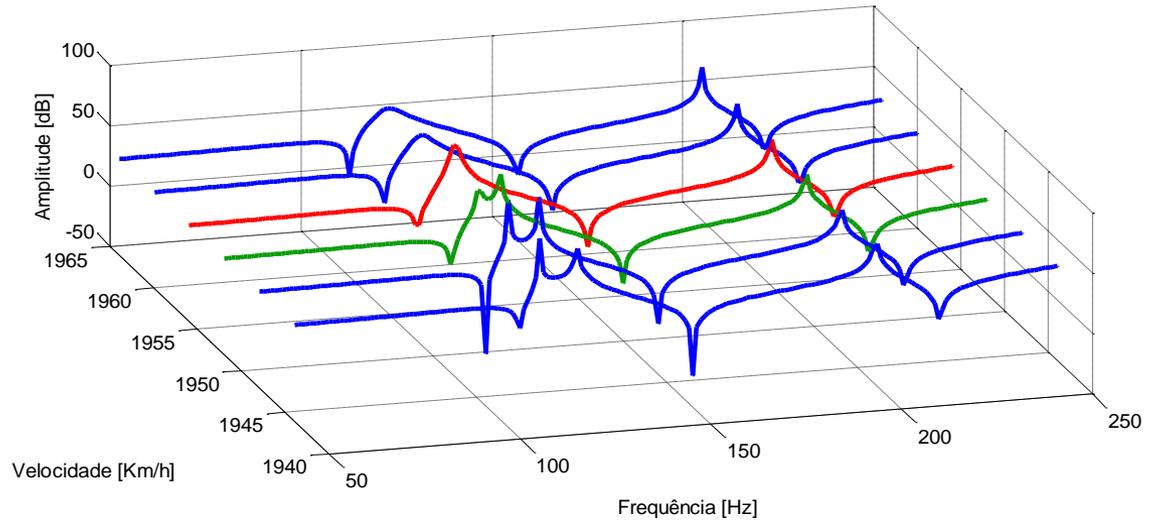
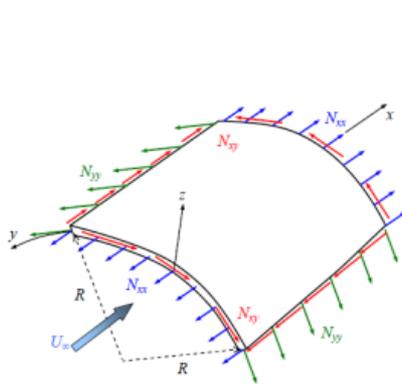


- Shunt multi-modal, usando uma única pastilha piezoelétrica.
- Assim, o circuito elétrico shunt deve ser “sintonizado” para amortecer os modos de vibração desejados.
- O pzt se comporta como um capacitor. Sintonizar o circuito shunt é, portanto, encontrar:

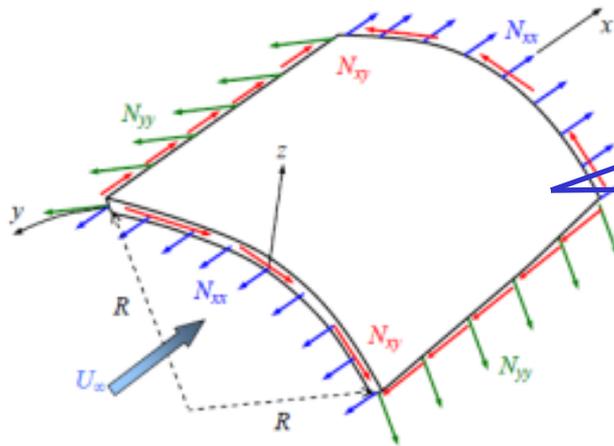
- Indutância ótima;
- Resistência ótima, para os modos desejados.



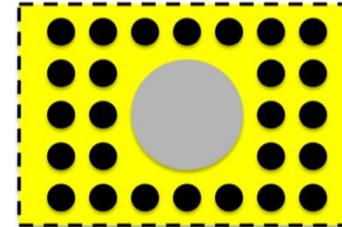
# Controle Passivo de Flutter em Painéis Aeronáuticos utilizando Materiais Piezoelétricos (Efeito Piezoelétrico Direto – Shunt Circuits)



# Controle Passivo de Flutter em Painéis Aeronáuticos utilizando Ligas de Memória de Forma



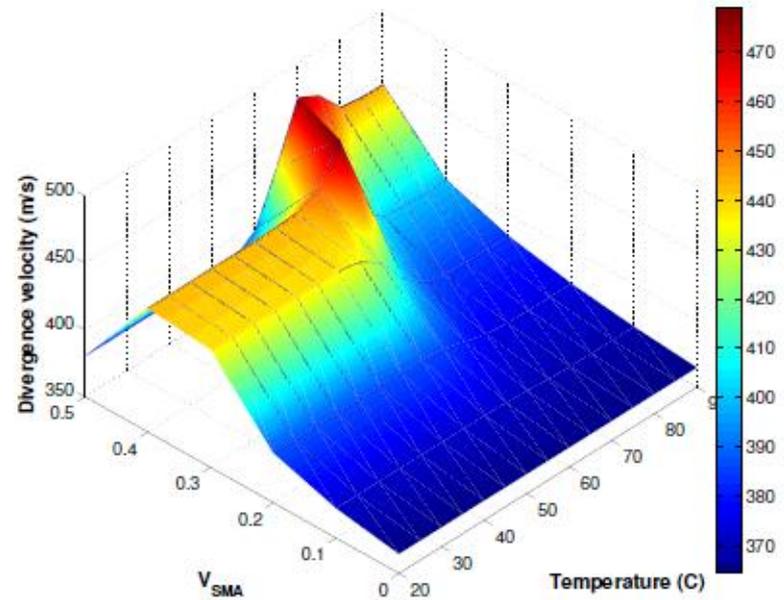
Forma



- Carbon Fiber
- SMA wire
- Matrix (Resin)

Volume representativo de material

Variação da velocidade de flutter de painéis planos com a temperatura e fração volumétrica de SMA





## Possíveis Temas de Doutorado

- (i) Comportamento aeroelástico de laminados compósitos híbridos reforçados com fibra de carbono e ligas de memória de forma;
- (ii) Aplicação de circuitos elétricos shunt para controle de estabilidade aeroelástica de placas laminadas de material compósito com camadas viscoelásticas
- (iii) Aplicação de materiais inteligentes em aeroacústica



**Obrigado!**

[www.Inca.ita.br](http://www.Inca.ita.br)

