

# ANÁLISE DE SUBCOMPONENTES COLADOS DE ESTRUTURAS AERONÁUTICAS

Kevin Julian Nakabashi, Paulo Sollero

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA – UNICAMP

Departamento de Mecânica Computacional

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC

Palavras-Chave: Subcomponentes, Adesivo, ARCAN



## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho teve como objetivo a análise da propagação de trincas em modo misto (I e II) em estruturas de alumínio 2024-T3 unidas com o adesivo FM-73<sup>®</sup> da CYTEC e apresentar uma metodologia de ensaio para os corpos de prova ARCAN.

No ensaio experimental foi utilizado o dispositivo ARCAN (Figura 1), que permite a rotação do corpo de prova (CDP), ou seja, foi possível alterar a proporção dos modos de sollicitação de trinca, indo do modo I puro para o modo II puro gradativamente.

Com os resultados deste ensaio foi possível obter as propriedades do material e calcular a sua taxa de liberação de energia em modo misto.

Além disso, foi realizada uma simulação numérica com o *software* ABAQUS<sup>®</sup>, que permite a utilização da técnica da integral *J* e obter uma aproximação da taxa de liberação de energia através do Método dos Elementos Finitos.



Figura 1 – CDP e dispositivo montados na máquina de tração.

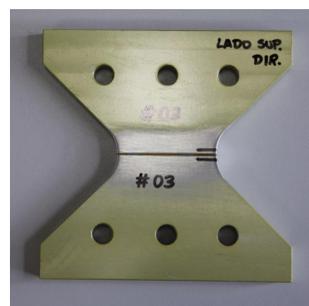


Figura 2 – CDP ARCAN.

## 2. METODOLOGIA

A sequência de passos tomados para a realização e conclusão do ensaio experimental estão descritos a seguir:

- Escolha do melhor modelo de CDP (Figura 2) e dispositivo;
- Determinação do deslocamento controlado da máquina de tração (1,27mm/min);
- Variação do ângulo de tração a cada ensaio (15° em 15°);
- Aquisição dos dados de deslocamento e força aplicada;
- Cálculo da Taxa de Liberação de Energia para cada ângulo de sollicitação;

Posteriormente, simulações numéricas foram feitas com o *software* ABAQUS<sup>®</sup>, seguindo as especificações listadas:

- Ensaio 2D;
- Por não ser possível sobrepor materiais, foi necessário criar uma adaptação visando melhores resultados;
- Utilização de elementos quadriláteros, quadráticos de oito nós;
- Refino da malha ao redor da trinca com técnica de varredura (Figura 3);
- Introdução de pré-trinca;
- Utilização da integral *J* para a determinação da Taxa de Liberação de Energia, com a aproximação de que o material é linear elástico

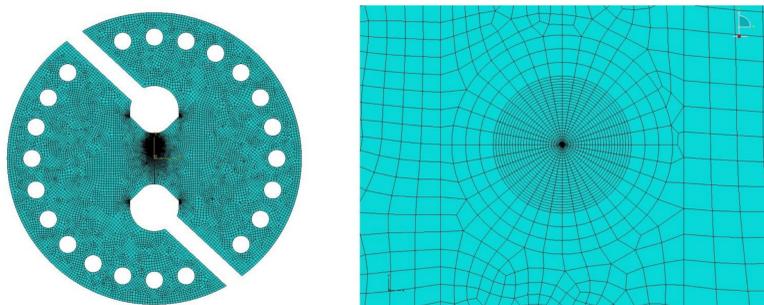


Figura 3 – Malha utilizada e detalhe no refinamento na ponta da trinca.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para todos os ensaios experimentais foram notadas falhas catastróficas dos CDPs, ou seja, a propagação de trinca foi instável para todos.

Com os dados coletados a partir da máquina de tração, foi possível obter a curva de Força X Deslocamento (Figura 4) e com estes dados obter a Taxa de Liberação de Energia para cada um dos CDPs. No entanto, as curvas não apresentaram o formato esperado, uma vez que os CDPs tinham vazios no adesivo, como visto na Figura 5.

No método numérico, obteve-se diretamente, a partir da técnica da integral *J*, os valores para a Taxa de Liberação de Energia, além do campo de tensões na ponta da trinca de cada ângulo de sollicitação, evidenciados na Figura 6.

Com os valores de cada uma das análises, foram feitos gráficos de Taxa de Liberação de Energia por ângulo de sollicitação, para efeito de comparação (Figuras 7).

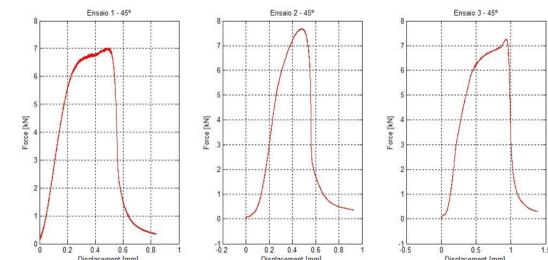


Figura 4 – Gráfico Força X Deslocamento de três CDPs para o ângulo de 45°



Figura 5 – CDP ARCAN e vazios no adesivo

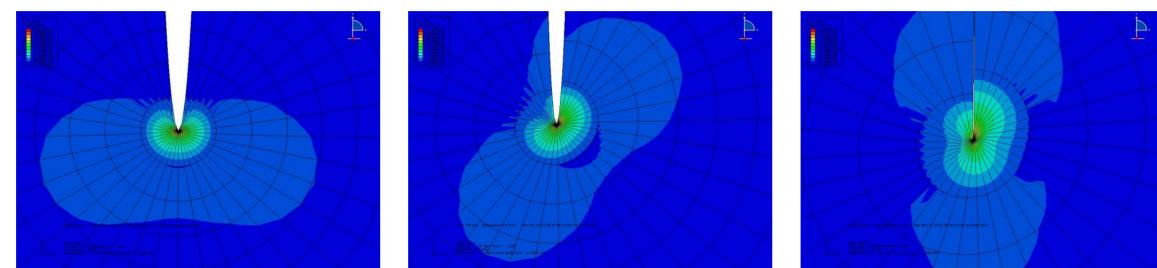


Figura 6 – Campos de tensões para os ângulos de 0°, 45° e 90° respectivamente

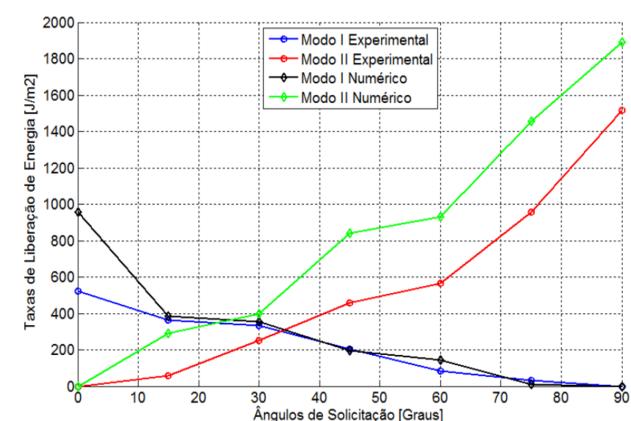


Figura 7 – Taxas de Liberação de Energia para modos I e II separadamente.

## 4. CONCLUSÕES

A partir da observação dos gráficos de Taxa de Liberação de Energia percebe-se que o adesivo tem uma resistência maior para tensões de cisalhamento do que para tensões normais.

Além disso, é possível notar uma concordância razoável entre o experimental e a simulação numérica, possibilitando concluir que a metodologia aplicada pode ser usada para ensaiar corpos de prova tipo ARCAN.