



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Hugo Holz Ruela

São José dos Campos, 24 de novembro de 2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

Relatório Final de Estágio Curricular aceito em 24/11/2010 pelos abaixo assinados:

Hugo Holz Ruela

Eliseu Lucena Neto
Orientador/Supervisor do ITA

Francisco Alex Correia Monteiro
Orientador/Supervisor do ITA

Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil Aeronáutica

INFORMAÇÕES GERAIS

Estagiário

Nome do Aluno: Hugo Holz Ruela

Curso: Engenharia Civil-Aeronáutica

Empresa

EMBRAER/ITA-IEE

Orientadores/Supervisores do ITA

Francisco Alex Correia Monteiro

Eliseu Lucena Neto

Período

05/04/2010 a 30/07/2010

Total de horas: 160 horas

Introdução

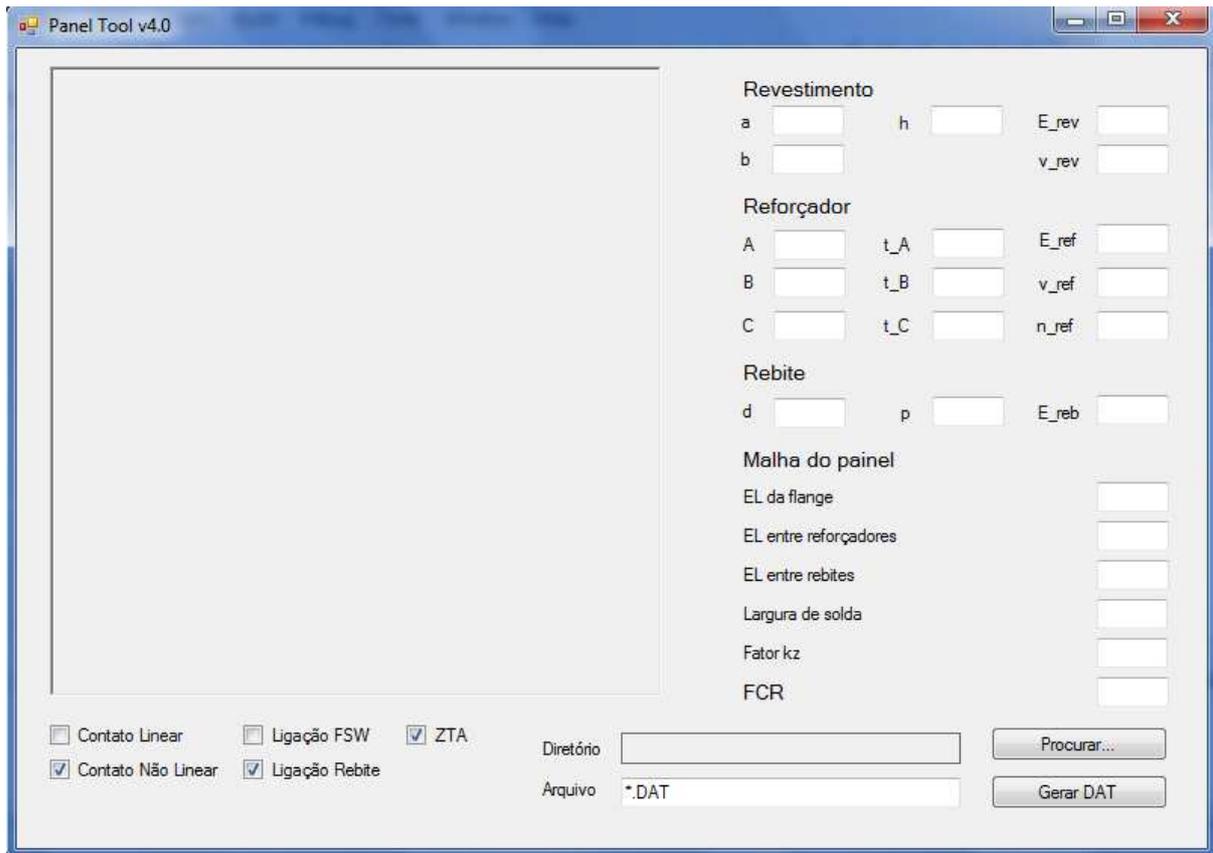
Este estágio foi realizado no Projeto Métodos e Critérios de Análise e Cálculo Estrutural Usando Novas Tecnologias patrocinado pela Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. – EMBRAER e parte executado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. O estágio abordou apenas uma etapa desse projeto: o estudo comparativo da flambagem de painéis reforçados utilizando ligações rebitadas e ligações soldadas por fricção.

Ferramenta de Modelo

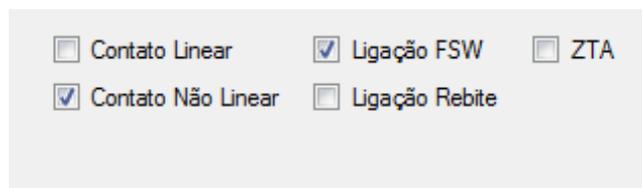
Devido ao grande número de painéis analisados neste estágio tornou-se necessário, afim de otimizar a confecção dos modelos, o desenvolvimento de uma ferramenta de trabalho. Esta ferramenta permite a criação de arquivos DAT que contém todos os dados necessários para a análise utilizando o código comercial NASTRAN (MSC, 2008). O programa permite a criação de painéis planos reforçados soldados ou rebitados sob compressão uniforme e axial.

Descrição

O *Panel Tool v4.0* possui uma simples interface que permite a inserção dos dados do revestimento, dados do reforçador, dados da ligação reforçador-revestimento e refinamento do modelo.



Primeiramente devem ser selecionados o tipo de ligação entre reforçador e revestimento, as opções de contato e se devem ser levadas em conta os efeitos da soldagem como, a degradação do material da zona de solda. Os campos de entrada são descritos a seguir:



Campo	Significado
Contato Linear	Esta opção deve ser selecionada caso se queira utilizar elemento de contato linear.
Contato Não Linear	Esta opção deve ser selecionada caso se queira utilizar elemento de contato não linear.
Ligação FSW	Esta opção deve ser selecionada caso a ligação seja soldada.
Ligação Rebite	Esta opção deve ser selecionada caso a ligação seja rebitada.
ZTA	Esta opção deve ser selecionada casa se queira considerar a largura de solda e a degradação do material da zona de solda.

Os dados do revestimento podem ser inseridos nos seguintes campos:

Revestimento

a h E_rev

b v_rev

Campo	Significado
a	Comprimento do revestimento.
b	Largura do revestimento.
h	Espessura do revestimento.
E_rev	Módulo de Young do revestimento.
v_rev	Coefficiente de Poisson do revestimento.

Os dados do reforçador podem ser inseridos nos seguintes campos:

Reforçador

A t_A E_ref

B t_B v_ref

C t_C n_ref

Campo	Significado
A	Comprimento da flange do reforçador.
B	Comprimento da alma do reforçador.
C	Comprimento da aba do reforçador.
t_A	Espessura da flange do reforçador.
t_B	Espessura da alma do reforçador.
t_C	Espessura da aba do reforçador.
E_ref	Módulo de Young do reforçador.
v_ref	Coefficiente de Poisson do reforçador.
n_ref	Número de reforçadores incluindo os da borda (inteiro > 0).

Caso a ligação rebite seja selecionada, pode-se inserir os dados do rebite nos seguintes campos:

Rebite

d p E_reb

Campo	Significado
d	Diâmetro do rebite.
p	Passo da ligação rebitada em função do diâmetro do rebite.
E_reb	Módulo de Young do rebite.

Quando a ligação rebitada é selecionada, pode-se inserir os seguintes dados da malha do painel:

Malha do painel

EL da flange

EL entre reforçadores

EL entre rebites

Largura de solda

Fator kz

FCR

Campo	Significado
EL da flange	Número par de elementos utilizados na flange (inteiro > 0).
EL entre reforçadores	Número par de elementos utilizados entre reforçadores (inteiro > 0).
EL entre rebites	Número par de elementos utilizados entre dois rebites consecutivos (inteiro > 0).
FCR	Fator de carregamento (real, entre 0 e 1).

Caso a ligação seja soldada e a opção ZTA esteja selecionada os seguintes campos podem ser preenchidos:

Malha do painel

EL da flange

EL entre reforçadores

EL ao longo do painel

Largura de solda

Fator kz

FCR

Campo	Significado
EL da flange	Número par de elementos utilizados na flange (inteiro > 0).
EL entre reforçadores	Número par de elementos utilizados entre reforçadores (inteiro > 0).
EL ao longo do painel	Número par de elementos utilizados entre dois rebites consecutivos (inteiro > 0).
Largura de solda	Largura da junta de solda em função da espessura da flange ($1 \leq \text{inteiro} \leq 3$)
Fator kz	Fator de degradação do material da zona de solda (real, entre 0 e 1).
FCR	Fator de carregamento (real, entre 0 e 1).

Por último, deve-se escolher o local e o nome do arquivo DAT através dos seguintes campos:

Campo	Significado
Diretório	Diretório onde será salvo o arquivo DAT.
Arquivo	Nome do arquivo DAT.

Clicando-se no botão **Gerar DAT**, será criado o arquivo DAT que contém todas as informações do painel. Em seguida o arquivo pode ser importado e analisado no NASTRAN (MSC, 2008).

Criação do Modelo

Neste tópico será abordado, passo a passo, a criação do modelo com a utilização da ferramenta descrita anteriormente. O painel indicado na Figura 1.1 possui as seguintes especificações:

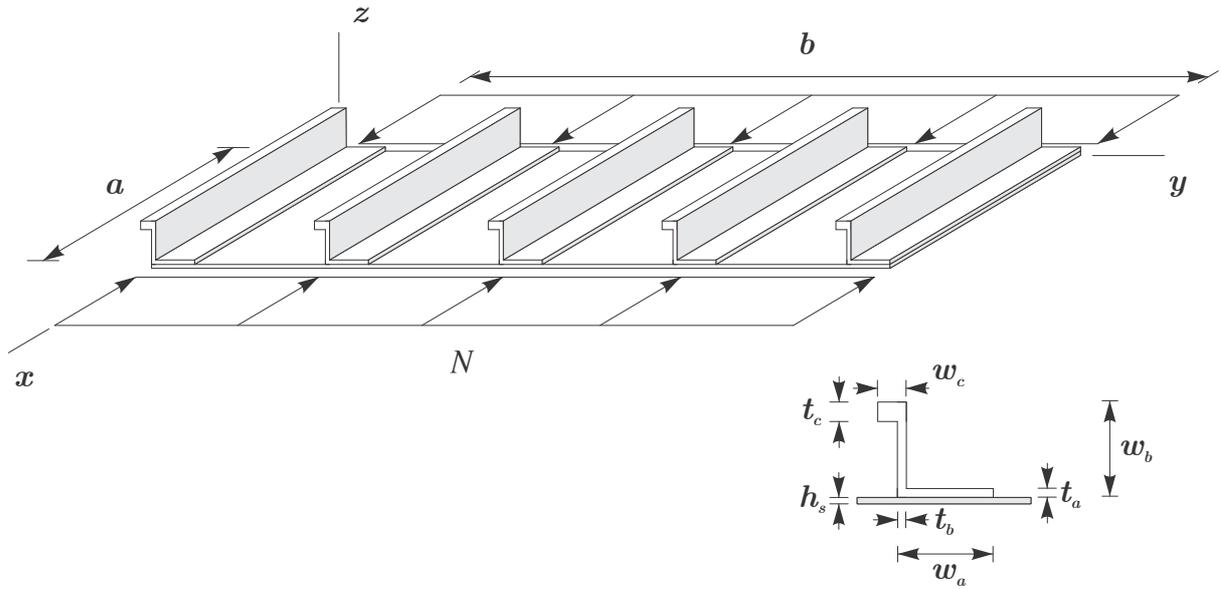
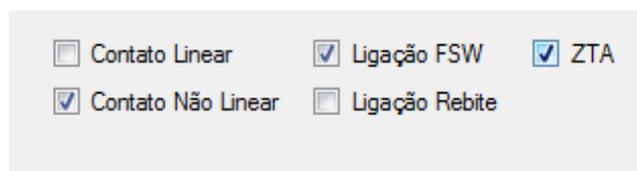


Figura 1.1 Painel com cinco reforçadores.

$a = 700 \text{ mm}$	$b = 840 \text{ mm}$	$h_s = 1 \text{ mm}$
$w_a = 19.05 \text{ mm}$	$w_b = 19.05 \text{ mm}$	$w_c = 5.50 \text{ mm}$
$t_a = 1.27 \text{ mm}$	$t_b = 1.27 \text{ mm}$	$t_c = 3.00 \text{ mm}$
$E_{rev} = 72400 \text{ MPa}$	$\nu = 0.33$	
$E_{ref} = 71020 \text{ MPa}$	$\nu = 0.33$	

O painel é considerado simplesmente apoiado e submetido a cargas de compressão unitária somente sobre o revestimento. A ligação é feita por FSW e o contato é não linear.

Primeiramente, seleciona-se o tipo de contato e a ligação utilizada. Seleciona-se então a opção **Contato Não Linear** e a opção **Ligação FSW**. Para este modelo será considerada a degradação do material da ZTA e portanto ativa-se a opção **ZTA**.



Inserir-se os dados do revestimento:

Revestimento					
a	700	h	1	E_rev	72400
b	840			v_rev	0.33
Reforçador					
A	19.05	t_A	1.27	E_ref	71020
B	19.05	t_B	1.27	v_ref	0.33
C	5.5	t_C	1.27	n_ref	5

a	<input type="text" value="700"/>
b	<input type="text" value="840"/>
h	<input type="text" value="1"/>
E_rev	<input type="text" value="72400"/>
v_rev	<input type="text" value="0.33"/>

E logo após, insere-se os dados do reforçador:

A	<input type="text" value="19.05"/>
B	<input type="text" value="19.05"/>
C	<input type="text" value="5.5"/>
t_A	<input type="text" value="1.27"/>
t_B	<input type="text" value="1.27"/>
t_C	<input type="text" value="3"/>
E_ref	<input type="text" value="71020"/>
v_ref	<input type="text" value="0.33"/>
n_ref	<input type="text" value="5"/>

Em seguida passa-se para a definição da malha utilizada. Para este modelo, cria-se uma malha de 2×24 para os reforçadores e uma malha de 12×24 para o revestimento entre reforçadores. A largura de solda foi considerada igual a $2 \times t_{af}$ e o fator de degração k_z igual a 70%. Como o carregamento é aplicado somente sobre o revestimento, o fator de carregamento FCR é igual a zero.

Malha do painel	
EL da flange	<input type="text" value="2"/>
EL entre reforçadores	<input type="text" value="12"/>
EL ao longo do painel	<input type="text" value="24"/>
Largura de solda	<input type="text" value="2"/>
Fator k_z	<input type="text" value="0.7"/>
FCR	<input type="text" value="0"/>

EL da flange	<input type="text" value="2"/>
EL entre reforçadores	<input type="text" value="12"/>
EL ao longo do painel	<input type="text" value="24"/>
Largura da solda	<input type="text" value="2"/>
Fator kz	<input type="text" value="0.7"/>
FCR	<input type="text" value="0"/>

Por fim, escolhe-se o diretório e o nome do arquivo DAT. Clicando-se em **Gerar DAT** o arquivo será criado. Este modelo será salvo no diretório *C:* com o nome de *Painel1.DAT*.



Diretório	<input type="text" value="C:\"/>	<input type="button" value="Procurar..."/>
Arquivo	<input type="text" value="Painel1.DAT"/>	<input type="button" value="Gerar DAT"/>

Conclusão

Durante o estágio foi possível colocar em prática conhecimentos adquiridos durante o curso, principalmente na área de estruturas e modelamento em elementos finitos. Os resultados obtidos durante o estágio possibilitaram a confecção e a publicação de um artigo, além do trabalho final de graduação.