

**HIONE DE AQUINO SPINELLI**

**ANÁLISE ESTRUTURAL DE JUNTAS REBITADAS DE USO  
AERONÁUTICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Câmpus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Projetos e Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva

Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Chaves

Guaratinguetá

2004

**unesp**



**Governo do Estado de São Paulo  
Universidade Estadual Paulista**

FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ

*Análise estrutural de juntas rebitadas de uso aeronáutico*

HIONE DE AQUINO SPINELLI

PUBLICAÇÃO

**2004**

GUARATINGUETÁ – SP

BRASIL

Spinelli, Hione de Aquino

S757a Análise estrutural de juntas rebitadas de uso aeronáutico/ Hione de Aquino Spinelli. – Guaratinguetá: [s.n], 2004  
170f. : il.

Bibliografia: f. 120 - 121

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2004

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Carlo Eduardo Chaves

1. Elementos Finitos. I. Título

CDU 519.6

UNESP  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Engenharia do Câmpus de Guaratinguetá

**ANÁLISE ESTRUTURAL DE JUNTAS REBITADAS DE USO  
AERONÁUTICO**

**HIONE DE AQUINO SPINELLI**

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE

**“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

ESPECIALIDADE: ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETOS E MATERIAIS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA.

Prof. Dr. José Luz Silveira  
Coordenador do programa de  
Pós-graduação

***BANCA EXAMINADORA:***

---

Prof. Dr. FERNANDO DE AZEVEDO SILVA  
Orientador/ UNESP-FEG

---

Prof. Dr. MÁRCIO TADEU DE ALMEIDA  
UNIFEI

---

Prof. Dr. LUIS ROGÉRIO DE OLIVEIRA HEIN  
UNESP-FEG

02 de Março de 2004

## **DADOS CURRICULARES**

### **HIONE DE AQUINO SPINELLI**

NASCIMENTO 12.01.1977 – ARARAQUARA / SP

FILIAÇÃO Antonio Vicente Spinelli  
Leonilda Thomaz de Aquino Spinelli

1997/2002 Curso de Graduação em Engenharia Mecânica  
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP

2002/2004 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica,  
nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia de  
Guaratinguetá – UNESP

Dedico este trabalho aos meus pais Antonio e Leonilda, à minha avó Conceição e ao meu namorado Reinaldo, que sempre me incentivaram.

“O que não nos mata, nos fortalece”

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Antonio e Leonilda, à minha avó Conceição e aos meus tios Leonardo, Mônica, Reynaldo e Geralda por sempre terem me apoiado e, me incentivado nesta jornada.

Ao meu namorado Reinaldo, que sem sua paciência e compreensão não teria conseguido enfrentar as adversidades pelas quais passei.

Agradeço também aqueles que me deram apoio moral, filosófico e técnico:

Ao meu orientador Fernando de Azevedo Silva;

Ao meu co-orientador Carlos Eduardo Chaves;

Ao engenheiro Silvio Sugimoto, que gentilmente cedeu os dados experimentais para que esta dissertação pudesse ser realizada;

À minha amiga MSc.Alexandra de Oliveira França Hayama pelo auxílio prestado.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.



O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

SPINELLI, H.A., *Análise estrutural de juntas rebitadas de uso aeronáutico* – 2004. 170f. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Câmpus de Guaratinguetá, Universidade Paulista, Guaratinguetá.

## RESUMO

Revestimentos de estruturas aeronáuticas são, em sua maioria, unidos por meio de juntas rebitadas. Para o dimensionamento dessas juntas deverão ser consideradas não somente a resistência das mesmas diante de condições limites de carregamento estático, mas também sua resistência à fadiga quando sujeitas a carregamento cíclico e sua resistência residual no eventual surgimento de trincas.

Nesta Dissertação são estudadas duas juntas: sobreposta e de topo simples. A modelagem das juntas é feita no *software* de elementos finitos *ANSYS*. O objetivo das simulações é reproduzir, de maneira satisfatória, o comportamento das mesmas quando submetida a esforços de tração monotônica. Há uma grande preocupação com simulação do comportamento dos rebites durante o tracionamento das juntas. Comparando os resultados das análises e os resultados dos ensaios (extensômetros e fotoelasticidade), é então proposta uma nova modelagem para os rebites.

Por fim, é estudada a excentricidade que as juntas sobreposta e de topo simples apresentam, através da análise teórica do comportamento da tensão do momento secundário e do fator de momento não linear.

**PALAVRAS CHAVES:** Elementos Finitos, Juntas Rebitadas, Extensômetro, Fotoelasticidade, Excentricidade, Momento Secundário.

SPINELLI, H.A., *Structural Analysis of riveted joints of aeronautic use* – 2004. 170f. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Câmpus de Guaratinguetá, Universidade Paulista, Guaratinguetá.

## ABSTRACT

Aerospace structure surface are mostly, united with rivet joint. These joint specifications must include the limit resistance within static charging conditions as well the limit resistance for fatigue within cyclic charging and residual resistance in eventual crack show up.

In this paper two type of joint were studied; overlap and top. The modelings were done in ANSYS, infinity element software. The main objective in these simulations is to reproduce, in a satisfactory manner, the behavior of these joint when subject to monotonic traction stress. There is a major concern about the rivet behavior simulation during joint traction experiments. Comparing the analyses and the results of these essay (strain gages and photoelasticity) a new rivet modeling is proposal.

In this paper, it is also studied the overlap joint and top joint eccentricity behavior thru a theoretical secondary moment tension behavior analysis and also the non-linear moment factor.

**KEYWORDS:** Finite Elements, Riveted Joints, Strain Gage, Photoelasticity, Eccentricity, Secondary Bending.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IV
LISTA DE TABELA.....	X
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
1.1 Objetivos do trabalho.....	05
1.2 Revisão bibliográfica.....	05
1.3 Estrutura da dissertação.....	08
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>10</b>
2.1 Junta sobreposta.....	10
2.2 Junta de topo.....	10
2.3 Equações específicas para juntas rebitadas.....	11
2.4 Fotoelasticidade.....	14
2.4.1 Cálculo das tensões e deformações na fotoelasticidade.....	16
2.5 Momento secundário em juntas com excentricidade.....	18
2.5.1 Análise analítica para o momento secundário.....	20
2.5.2 Aproximação linear do momento secundário.....	22
2.5.3 Aproximação não linear do momento secundário.....	25
2.6 Método dos elementos finitos .....	30
2.6.1 Um breve histórico do MEF.....	30
2.6.2 Áreas de aplicação do MEF.....	32
2.6.3 Teoria do MEF.....	33
2.6.3.1 Matriz de rigidez.....	33
2.6.3.2 Matriz de rigidez para o elemento mola .....	33
2.6.3.3 Matriz de rigidez (1D) para o elemento barra.....	34
2.6.4 Processo de análise com MEF.....	36

<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	39
3.1 Corpo de prova da junta sobreposta.....	39
3.2 Corpo de prova da junta de topo.....	41
3.3 Ensaio de tração monotônico.....	42
3.4 Ensaio de fotoelasticidade.....	46
<b>4. MODELAGEM DAS JUNTAS SOBREPOSTA E DE TOPO</b> .....	51
4.1 Modelagem da junta sobreposta.....	51
4.2 Modelagem da junta de topo.....	70
4.3 Conexão chapa-rebite.....	71
4.3.1 Equação de restrição do tipo rígido – <i>CERIG</i> .....	73
4.3.2 Equação de restrição do tipo flexível – <i>RBE3</i> .....	74
4.4 Carregamento.....	76
4.5 Condições de contorno.....	76
4.5.1 Condições de contorno para a junta sobreposta.....	76
4.5.2 Condições de contorno para a junta de topo.....	77
4.6 Modelagem do rebite.....	78
4.6.1 Modelagem do rebite viga.....	79
4.6.2 Modelagem do rebite mola.....	81
4.6.3 Modelagem do rebite misto.....	81
4.7 Modelo sólido da junta sobreposta.....	82
4.8 Modelo sólido da junta de topo.....	88
4.9 Contato.....	89
4.10 Carregamento.....	92
4.11 Condições de contorno.....	93
4.11.1 Condições de contorno para a junta sobreposta.....	93
4.11.2 Condições de contorno para a junta de topo.....	94
4.12 Aplicação do carregamento.....	95
4.13 Solução.....	95

<b>5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>97</b>
5.1 Resultados experimentais e numéricos para a simulação do rebite como elemento de viga e elemento de mola.....	98
5.2 Resultados experimentais e numéricos para a simulação do rebite “misto”.....	104
5.3 Resultados experimentais e numéricos para a simulação do modelo sólido da junta sobreposta.....	106
5.4 Resultados experimentais e numéricos para a fotoelasticidade.....	109
5.5 Resultados numéricos para o momento secundário.....	115
<b>6. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS.....</b>	<b>118</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>120</b>
<b>8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>123</b>
A. PROPRIEDADES DOS ELEMENTOS.....	122
B. PROGRAMAS PARA SIMULAÇÃO.....	131

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Detalhe do esforço de compressão numa junta rebitada.....	01
FIGURA 1.2	Exemplos de juntas.....	02
FIGURA 1.3	Detalhe da linha neutra da junta sobreposta.....	03
FIGURA 1.4	Variação da espessura ao longo da chapa.....	04
FIGURA 1.5	Esquema da junta sobreposta e junta de topo.....	04
FIGURA 2.1	Desenho esquemático de uma junta sobreposta.....	10
FIGURA 2.2	Configuração da junta de topo simples com três chapas.....	11
FIGURA 2.3	Configuração da junta de topo simétrica com quatro chapas...	11
FIGURA 2.4	Valores de “k” para o cálculo da flexibilidade em juntas com rebites de titânio e chapas de alumínio.....	12
FIGURA 2.5	Ordem da franjas (N).....	15
FIGURA 2.6	Ordem de franja para diferentes níveis de carregamento.....	16
FIGURA 2.7	Ciclo de Mohr.....	17
FIGURA 2.8	Carregamento assimétrico nos rebites de uma junta.....	19
FIGURA 2.9	Junta com excentricidade.....	19
FIGURA 2.10	Diferentes tipos de juntas rebitadas com excentricidade.....	19
FIGURA 2.11	Modelo da linha neutra para uma junta sobreposta rebitada com três carreiras de rebite.....	21
FIGURA 2.12	Deflexão da linha neutra para a junta sobreposta.....	21
FIGURA 2.13	Deflexão da linha neutra para cada parte <i>i</i> da junta sobreposta.....	21
FIGURA 2.14	Nomenclatura para o cálculo do momento secundário.....	23
FIGURA 2.15	Deflexão da linha neutra para uma junta sobreposta com três carreiras de rebite.....	25
FIGURA 2.16	Modelo para obtenção do deslocamento $\delta$ na extremidade da viga.....	26
FIGURA 2.17	Detalhe da junta sobreposta presa na máquina de ensaio e de seu alinhamento.....	26
FIGURA 2.18	Comprimento <i>l</i> para o ponto de deflexão nulo.....	29
FIGURA 2.19	Elemento mola sujeita a aplicação de forças em suas extremidades.....	33
FIGURA 2.20	Comparação entre as constantes de rigidez da mola e barra...	35
FIGURA 2.21	Elemento barra sujeito a duas forças axiais em suas extremidades.....	35

FIGURA 2.22	Processo de análise pelo método dos elementos finitos.....	37
FIGURA 3.1	Esquema do <i>cdp</i> da junta sobreposta (medidas em milímetros).....	39
FIGURA 3.2	Esquema do <i>cdp</i> da junta de topo (medidas em milímetros)....	41
FIGURA 3.3	Máquina de testes universal MTS 25”.....	43
FIGURA 3.4	Detalhe do dispositivo de fixação do <i>cdp</i> .....	43
FIGURA 3.5	Esquema do carregamento na direção do eixo X.....	44
FIGURA 3.6	<i>Cdp</i> pronto para o ensaio de tração monotônico.....	44
FIGURA 3.7	Detalhe das posições e da numeração dos extensômetros no <i>cdp</i> .....	45
FIGURA 3.8	Esquema da distribuição dos extensômetros na junta sobreposta.....	45
FIGURA 3.9	Detalhe do polarioscópio.....	47
FIGURA 3.10	<i>Cdp</i> da junta de topo na máquina de testes.....	47
FIGURA 3.11	Luz polarizada sendo incidida sobre a placa fotoelástica.....	48
FIGURA 3.12	Posição dos pontos no <i>cdp</i> .....	48
FIGURA 3.13	Detalhe das franjas isoclínicas e da direção das tensões principais.....	49
FIGURA 3.14	Detalhe das franjas isocromáticas.....	49
FIGURA 3.15	Franja isocromáticas sobre os pontos de interesse.....	50
FIGURA 4.1	Dimensões do modelo numérico da junta sobreposta (medidas em milímetros).....	51
FIGURA 4.2	Sistema de coordenada adotado para as simulações.....	52
FIGURA 4.3	Detalhe das áreas do modelo numérico da junta sobreposta....	52
FIGURA 4.4	Detalhe das áreas da região sobreposta sem os furos.....	53
FIGURA 4.5	Seqüência de comandos para criação de áreas no <i>ANSYS</i> utilizando as barras de ferramentas.....	53
FIGURA 4.6	Seqüência de comandos para criação do novo sistema de coordenada local.....	54
FIGURA 4.7	Detalhe da posição do sistema de coordenada global e local...	55
FIGURA 4.8	Detalhe da “área base” para o furo.....	55
FIGURA 4.9	Seqüência de comandos para criação da área circular com o raio do furo.....	56
FIGURA 4.10	Detalhe da área circular e do sistema de coordenada local.....	57
FIGURA 4.11	Seqüência de comandos para subtrair áreas.....	57



FIGURA 4.12	Detalhe da subtração das áreas n° 27 e n° 28 gerando a nova área n°29.....	58
FIGURA 4.13	Detalhe da ativação do sistema de coordenada local através do “ <i>work plane</i> ”.....	58
FIGURA 4.14	Detalhe dos comandos para gerar áreas simétricas com o plano X.....	59
FIGURA 4.15	(a) Detalhe da área n°27 criada por simetria com o plano X. (b) Detalhe das áreas n°28 e n°30 criadas por simetria com o plano Y.....	59
FIGURA 4.16	Seqüência de comandos para criação para copiar as áreas n°27,28,29 e 30 para todos os outros furos.....	60
FIGURA 4.17	Detalhe de todas as áreas que formam a região sobreposta da chapa inferior.....	61
FIGURA 4.18	Mudança do sistema de coordenada local para a origem do sistema de coordenada global.....	61
FIGURA 4.19	Detalhe das áreas da junta sobreposta.....	62
FIGURA 4.20	Detalhe das (a) áreas com linhas não concatenadas e (b) áreas com linhas concatenadas.....	63
FIGURA 4.21	Seqüência de comandos para criação para concatenar as linhas das áreas irregulares.....	64
FIGURA 4.22	Seqüência de comandos para a criação do material das chapas.....	65
FIGURA 4.23	Seqüência de comandos para a escolha do elemento da malha.....	66
FIGURA 4.24	Seqüência de comandos para aplicação das propriedades do elemento <i>SHELL 63</i> .....	67
FIGURA 4.25	Detalhe dos comandos usados para a geração automática da malha. ....	68
FIGURA 4.26	Modelo numérico da junta sobreposta com malha mapeada.	69
FIGURA 4.27	Detalhe do comando “ <i>nummrg</i> ”. ....	69
FIGURA 4.28	Dimensões do modelo numérico da junta de topo (medidas em milímetros). ....	70
FIGURA 4.29	Detalhe da conexão entre chapa e rebite. ....	71
FIGURA 4.30	Detalhe da modelagem da conexão entre rebite e os elementos de casca. (a) <i>CERIG</i> ou <i>RBE3</i> em todo furo. (b) <i>CERIG</i> ou <i>RBE 3</i> em meio furo.....	72
FIGURA 4.31	Distribuição do fator de interpolação para o <i>RBE3</i> .....	72
FIGURA 4.32	Detalhe do “nó mestre” e dos “nós escravos” no furo.....	73
FIGURA 4.33	Seqüência de comandos usados para a criação do <i>CERIG</i> .....	74
FIGURA 4.34	Seqüência de comandos para o <i>RBE3</i> . ....	75
FIGURA 4.35	Representação do carregamento distribuído feita por <i>CERIG</i> .	76

FIGURA 4.36	Condições de contorno para a junta sobreposta.....	77
FIGURA 4.37	Condições de contorno para a junta de topo.....	78
FIGURA 4.38	Rebite modelado pelo: (a) elemento viga; (b) elemento mola.	79
FIGURA 4.39	Seqüência de comandos para a seleção do elemento viga <i>BEAM4.i</i> .....	79
FIGURA 4.40	Seqüência de comandos para as propriedades do elemento <i>BEAM4</i> .....	80
FIGURA 4.41	Seqüência de comandos para a criação do elemento <i>BEAM4</i> ..	81
FIGURA 4.42	Representação esquemática do rebite “misto”.....	82
FIGURA 4.43	Dimensões do modelo sólido da junta sobreposta (medidas em milímetros). .....	83
FIGURA 4.44	Detalhe das áreas do modelo sólido da junta sobreposta.....	83
FIGURA 4.45	Seqüência de comandos para a extrusão das áreas.....	84
FIGURA 4.46	Detalhe dos volumes do modelo sólido da junta sobreposta..	84
FIGURA 4.47	Detalhe dos volumes dos rebites.....	85
FIGURA 4.48	Detalhe da espessura das chapas formadas por três elementos sólidos. ....	87
FIGURA 4.49	Detalhe da espessura das chapas formadas por três elementos sólidos. ....	87
FIGURA 4.50	Detalhe da espessura das chapas formadas por três elementos sólidos. ....	88
FIGURA 4.51	Detalhe dos elementos a do modelo sólido da junta de topo..	89
FIGURA 4.52	Seqüência de comandos para a criação da malha do contato para o corpo do rebite. ....	90
FIGURA 4.53	Detalhe das áreas selecionadas para o contato do corpo do rebite. ....	90
FIGURA 4.54	Seqüência de comandos para gerar a malha das chapas.....	91
FIGURA 4.55	Detalhe da malha do contato e das normais dos elementos <i>TARGE170</i> e <i>CONTA174</i> .....	92
FIGURA 4.56	Detalhe das normais: (a) incorretas; (b) corretas.....	92
FIGURA 4.57	Detalhe do carregamento distribuído para os modelos sólidos.....	93
FIGURA 4.58	Condições de contorno para o modelo sólido com $\frac{1}{5}$ da largura do <i>cdp</i> da junta sobreposta.....	94
FIGURA 4.59	Condições de contorno para o modelo sólido com $\frac{1}{5}$ da largura e $\frac{1}{2}$ do comprimento do <i>cdp</i> da junta de topo.....	94
FIGURA 4.60	Detalhe da carga aplicada no “nó mestre” do <i>CERIG</i> que representa o carregamento distribuído.....	96
FIGURA 4.61	Seqüência de comandos para a execução da solução.....	96

FIGURA 4.62	Solução pronta.....	97
FIGURA 5.1	Representação esquemática da junta sobreposta simulada com: (a) rebite “viga”; (b) rebite “mola”.....	98
FIGURA 5.2	Elementos referentes às posições dos extensômetros no <i>cdp</i> da junta sobreposta.....	99
FIGURA 5.3	Gráfico da deformação na direção X para os extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9.....	100
FIGURA 5.4	Esquema do perfil das chapas deformadas para: (a) rebite viga; (b) rebite mola.....	101
FIGURA 5.5	Comportamento da deformação dos extensômetros 1 e 2 para vários carregamentos.....	102
FIGURA 5.6	Comportamento da deformação do extensômetro 1 para vários carregamentos para o modelo experimental e para os modelos numéricos rebite “viga” e rebite “mola”.....	102
FIGURA 5.7	Gráfico da deformação na direção X, para os extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9.....	105
FIGURA 5.8	Deformação na direção X para carregamento incremental para os extensômetros 7 e 9.....	106
FIGURA 5.9	Detalhe dos elementos que representam a posição dos extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9.....	107
FIGURA 5.10	Gráfico da deformação na direção X para os extensômetros 7, 8 e 9.....	108
FIGURA 5.11	Deformação na direção X para carregamentos incrementais para os extensômetros 7 e 9.....	109
FIGURA 5.12	Detalhe das posições dos pontos 1,2 5 e 6 na junta de topo e no modelo sólido.....	110
FIGURA 5.13	Representação do rebite deformado durante o tracionamento da junta de topo.....	112
FIGURA 5.14	Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite CERIG em todo o furo.....	113
FIGURA 5.15	Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite CERIG em meio o furo.....	113
FIGURA 5.16	Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite <i>RBE3</i> em todo o furo.....	114
FIGURA 5.17	Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite <i>RBE3</i> em meio o furo.....	114
FIGURA 5.18	Gráfico para o comportamento do fator de momento e para a tensão do momento secundário.....	116
FIGURA 5.19	Detalhe do deslocamento máximo e da linha de força na junta sobreposta.....	117
FIGURA A01	Esquema do elemento <i>SHELL63</i> .....	122
FIGURA A02	Esquema do elemento de casca <i>SHELL93</i> .....	123
FIGURA A03	Esquema do elemento de barra <i>BEAM4</i> .....	124
FIGURA A04	Esquema do elemento mola- amortecedor <i>COMBIN14</i> .....	125

FIGURA A05	Esquema do elemento de massa estrutural <i>MASS21</i> .....	126
FIGURA A06	Esquema do elemento sólido <i>SOLID73</i> .....	126
FIGURA A07	Tensões no elemento sólido <i>SOLID73</i> .....	127
FIGURA A08	Esquema do elemento <i>TARGE170</i> .....	127
FIGURA A09	Esquema do elemento de contato <i>CONTA174</i> .....	128
FIGURA A10	Pontos de Gaus de contato.....	129

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 3.1	Propriedades mecânicas para as ligas de alumínio 2024-T3 e 2117-T4.....	40
TABELA 3.2	Composição química das ligas de alumínio 2024 e 2117 (valores em porcentagem de peso).....	41
TABELA 3.3	Propriedades mecânicas para o titânio Ti-6Al-4V.....	42
TABELA 3.4	Composição do titânio Ti-6Al-4V (valores em porcentagem de peso).....	42
TABELA 5.1	Resultados experimentais e numéricos para deformação na direção X ( $\times 10^{-6}$ ). .....	99
TABELA 5.2	Resultados experimentais e numéricos para deformação na direção X ( $\times 10^{-6}$ ). .....	104
TABELA 5.3	Resultado das deformações experimentais e do modelo sólido na direção X ( $\times 10^{-6}$ ).....	106
TABELA 5.4	Resultados experimentais e numéricos de deformação máxima de cisalhamento ( $\gamma_{\text{máx}}$ ) [mm/mm].....	110

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Area	mm <sup>2</sup>
d	Diâmetro do corpo do rebite	mm
e	Excentricidade	mm
e <sub>0</sub>	Excentricidade máxima	mm
E <sub>Al</sub>	Módulo de elasticidade do alumínio	MPa
E <sub>Ti</sub>	Módulo de elasticidade do titânio	MPa
E <sub>X</sub>	Módulo de elasticidade do material	MPa
F	Flexibilidade do rebite	mm/N
F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub>	Força	N
G	Modulo de elasticidade em cisalhamento	MPa
I	Momento de inércia	mm <sup>4</sup>
k	Fator de momento	[1]
K	Rigidez do rebite	N/mm
K <sub>fs</sub>	Fator de sensibilidade da placa fotoelástica	[1]
[K]	Matriz de rigidez da estrutura	N/mm
l	Comprimento da viga	mm
L	Comprimento médio do rebite	mm
M <sub>B</sub>	Momento secundário	N.mm
n	Relação entre espessuras (t <sub>1</sub> e t <sub>2</sub> ) e diâmetro do corpo do rebite	[1]
N	Ordem de franja	[1]
ΔN	Variação da ordem de franja	[1]
P	Carga	N
ΔP	Variação do carregamento	N
{P}	Matriz coluna com todas as cargas	N
t <sub>1</sub>	Espessura da chapa 1	mm
t <sub>2</sub>	Espessura da chapa 2	mm
u <sub>1</sub> - u <sub>2</sub>	Deslocamento da mola	mm
{U}	Matriz coluna com todos os deslocamentos	mm
w	Deflexão	mm
W	Largura da chapa	mm
ε <sub>1</sub> , ε <sub>2</sub>	Deformações principais	mm/mm
φ	ângulo entre as tensões principais	°
γ <sub>máx</sub>	deformação de cisalhamento máxima	MPa
λ	comprimento de luz usado no polariscópio	mm
τ <sub>máx</sub>	Tensão de cisalhamento máxima	MPa
σ <sub>1</sub> - σ <sub>2</sub>	diferença entre as tensões principais	MPa
σ <sub>B</sub>	Tensão do momento secundário	MPa
σ <sub>n</sub>	Tensão normal	MPa
σ <sub>Tot,lim</sub>	Tensão total dos limites máximo e mínimo	MPa
δ	Deflexão	mm

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

Na indústria aeroespacial, a estrutura das aeronaves é constituída por uma série de elementos que são unidos de forma a atender a função e as necessidades existentes. Os elementos que fazem parte do conjunto de uma estrutura são unidos por meio de juntas, tornando possível à idealização dos engenheiros.

As juntas são as fontes mais comuns de falhas em estruturas aeronáuticas, por isso devem ser considerados uns dos mais importantes componentes de um projeto, requerendo um grande cuidado, para garantir uma máxima vida em fadiga, durante o período de uso da aeronave.

A principal função de uma junta é transmitir a carga de uma parte da estrutura para outra. Esta transferência se processa da seguinte maneira: a força é transmitida da chapa para o prendedor (parafuso ou rebite) como esforço de cisalhamento e, do prendedor para a chapa, sob a forma de esforço de compressão em sua área de contato (Figura 1.1).

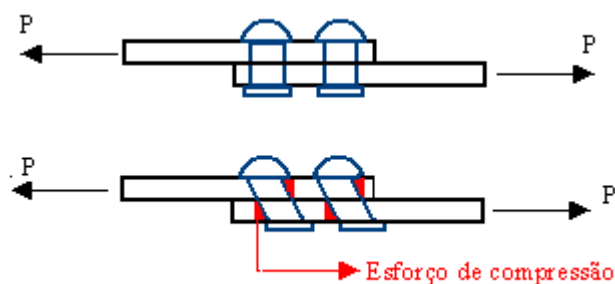


Figura 1.1 – Detalhe do esforço de compressão numa junta rebitada.

Dependendo do tipo de junta e do projeto de seu uso, uma concentração de tensão significativa pode ocorrer e trincas por fadiga podem

ser iniciadas. Tais trincas quando ocorrem podem ocasionar em graves falhas podendo inclusive causar graves acidentes.

Existe uma grande variedade de juntas que podem ser classificadas em dois tipos principais (Schijve, 1999):

1. Juntas que podem ser desmontadas e remontadas: são as juntas parafusadas, como mostra a Figura 1.2(a), que têm a finalidade de facilitar o transporte, a inspeção, os reparos ou a substituição de algum componente.
2. Juntas que não podem ser desmontadas: os exemplos destes tipos de juntas são as juntas soldadas, juntas rebitadas e juntas unidas por adesivos, como mostram as Figuras 1.2(b), 1.2(c) e 1.2(d). Estas juntas devem permanecer intactas em todo o tempo de vida em serviço.

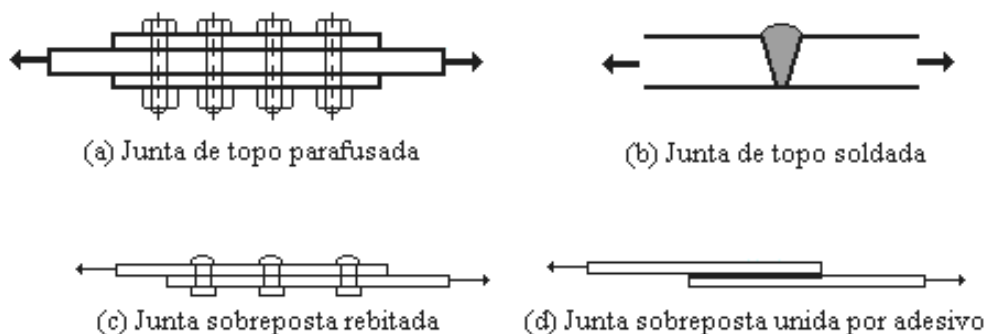


Figura 1.2 – Exemplos de juntas (adaptado de Schijve, 1999).

As juntas unidas por parafusos e por rebites apresentam uma diferença entre o uso destes prendedores: os rebites são colocados com interferência e preenchem totalmente os furos, enquanto que os parafusos são colocados com folga. Por essa razão, os rebites suportam toda a carga aplicada na estrutura, enquanto que os parafusos suportam apenas parte desta.



Uma das diferenças entre o uso de rebite e de solda, é que o ponto soldado é muito rígido para suportar carga de cisalhamento e de tração, enquanto que o rebite se deforma e consegue suportar estas cargas.

As falhas nas juntas rebitadas ocorrem pelas mais variadas razões como por exemplo: tensões secundárias devido à excentricidade, concentração de tensão, deflexões excessivas, desgaste por vibração, diferença muito grande entre o diâmetro dos rebites e as espessuras das chapas, tipo de material usado nas chapas e rebites, entre outros, ou alguma combinação destas condições. Esses fatores não somente afetam a resistência estática como também exercem grande influência na vida em fadiga da junta e de estruturas adjacentes.

Em juntas em que a sua linha neutra não coincide com a linha de carga, como por exemplo junta sobreposta (Figura 1.3), ocorrem deformações fora do plano da linha neutra, provocadas pela excentricidade. Esta gera tensões e devido às deformações fora do plano ocorrem momentos, chamados de momentos secundários, os quais deverão ser suportados pelas estruturas adjacentes (Schijve,1972), (Niu, 1999).

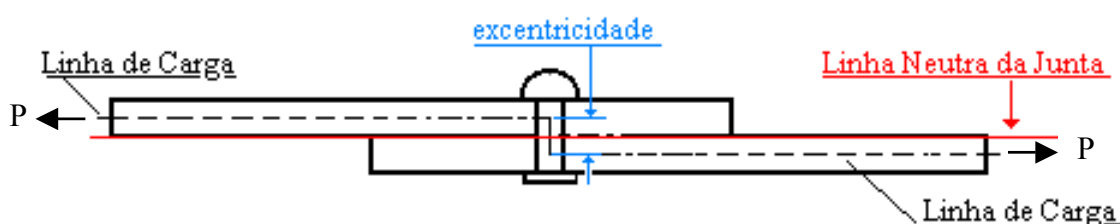


Figura 1.3 – Detalhe da linha neutra da junta sobreposta e da linha de carga.

Para juntas que possuem variação de espessura em suas chapas (Figura 1.4), deve-se eliminar os cantos vivos para evitar concentração de tensão e conseqüentemente trincas nestas regiões.

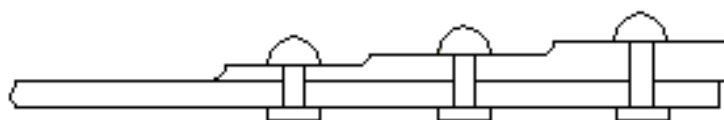


Figura 1.4 – Variação da espessura ao longo da chapa.

As deflexões excessivas devidas à rigidez insuficiente da estrutura provocam mudança na direção e na magnitude da carga (Niu, 1999).

O desgaste por vibração em juntas rebitadas ocorre devido à existência de vibrações de pequena amplitude, que podem ser combinadas com uma oxidação local. A fricção das chapas produz pequenos fragmentos metálicos, que se oxidam e se transformam em partículas abrasivas e, são pontos de concentração de tensão propícios para a nucleação de trincas por fadiga.

Uma junta rebitada com rebites de material tenaz, como por exemplo titânio, em chapa de material dúctil, como por exemplo alumínio, falhará no apoio das chapas. Ao contrário, se for empregado rebite de material dúctil em uma chapa de material tenaz, esta penetrará no rebite, cisalhando-o.

Se na união da junta for utilizado um rebite de grande diâmetro numa junta de chapa relativamente fina, esta falhará no apoio antes do rebite falhar por cisalhamento. Entretanto, se for usado um rebite de pequeno diâmetro em chapas de grande espessura, este falhará em cisalhamento, muito antes de ser atingida a resistência máxima ao apoio (Ribeiro, 1998).

Nesta dissertação são estudados dois tipos de juntas rebitadas: junta sobreposta e junta de topo. A junta sobreposta é constituída de chapas e rebites de alumínio e a de topo possui chapas de alumínio e rebites de titânio. A Figura 1.5 mostra o esquema da junta sobreposta e da junta de topo, respectivamente.

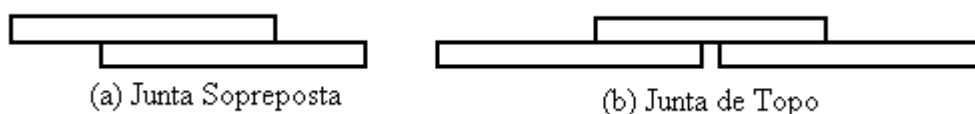


Figura 1.5 – Esquema da junta sobreposta e junta de topo.

## 1.2 Objetivos e justificativas do trabalho

Os objetivos desta dissertação consistem em avaliar o comportamento estático de duas juntas rebitadas (sobreposta e de topo) usadas na indústria aeronáutica. Para isso, faz-se necessário o entendimento do comportamento das juntas rebitadas submetidas a esforços da tração. A partir deste entendimento, é elaborado um modelo numérico representativo para cada junta, através do método dos elementos finitos com o uso do *software ANSYS 6.0*.

A elaboração do modelo numérico consiste em estudar e verificar a influência do tipo de elemento usado na modelagem do rebite e o tipo de conexão usado entre as chapas e os rebites e para validar experimentalmente este estudo, através de medição por extensômetros e fotoelasticidade.

Apesar de haver uma série de estudos relativos a esse assunto desde a década de 40 (vide item 1.3), ainda há dúvidas com respeito à representatividade dos modelos numéricos.

O assunto abordado é um pré-requisito para análise de fadiga e propagação de trincas em juntas rebitadas.

## 1.3 Revisão bibliográfica

A seguir é apresentada uma revisão bibliográfica referente aos temas envolvidos neste trabalho.

Chaves *et al* (2003) apresentaram um procedimento para análise numérica de juntas rebitadas baseado no método dos elementos finitos, usando como exemplo uma junta sobreposta típica de fuselagem de aeronaves. O trabalho mostra que a escolha dos elementos utilizados para a modelagem dos prendedores é de suma importância para a representação adequada dos campos de tensão ao redor dos furos e para avaliação da carga transferida para cada fileira de prendedores. Neste trabalho foi estudado o efeito da não linearidade geométrica e do momento secundário nas juntas sobrepostas. Utilizaram a

proposta de Rijck & Fawaz (2000) (equação da linha elástica e a teoria de viga no cálculo do momento secundário) para obter os resultados do momento secundário e, validaram estes resultados com o uso de extensômetros.

Spinelli *et al* (2002) fizeram um estudo sobre um modelo numérico de uma junta sobreposta padrão, com três fileiras de rebites, reproduzindo, de maneira satisfatória, o comportamento da mesma quando submetida a esforços de tração monotônica.

Compararam dois tipos de elementos usados para a simulação dos rebites durante o tracionamento da junta: elemento de viga e elemento de mola, separadamente e em conjunto. Verificaram através dos resultados da análise numérica e da comparação com os resultados experimentais de tração monotônica, que uma boa correlação é obtida utilizando-se elementos de viga juntamente com elementos de mola.

Viisoreanu *et al* (2000) afirmaram que a análise de elementos finitos de juntas rebitadas depende muito da forma como são modelados os rebites. Propuseram um modelo numérico de prendedores utilizando elemento de viga com elemento de mola e elemento rígido e, os números dos elementos de viga, mola e rígido do prendedor variam de acordo com o número de chapas que compõem a junta, sendo que esse número de chapas não tem limitações. Esta proposta vai contra as propostas tradicionais de modelagem de prendedores que são válidas apenas para juntas com duas ou três chapas.

Rijck & Fawaz (2000) utilizaram o método dos elementos finitos para conseguir uma boa aproximação da tensão na fileira crítica de rebites de juntas sobrepostas e de topo. Foi aplicada uma equação da linha elástica e a teoria de viga na teoria de momento secundário proposta por Schijve (1972). Utilizaram as simulações numéricas e calcularam as tensões em cada elemento estrutural das juntas sobreposta e de topo.

Santagerma *et al.* (1999) pesquisaram a intensidade de carga transferida em cada fileira de rebite de uma junta de topo circunferencial com três carreiras de rebites. Demonstraram, por meio de ensaio de fadiga e de

modelos de elementos finitos, que a porcentagem de carga transferida para cada carreira de rebite é de 41% para a primeira carreira (próxima à carga aplicada), 27% para a segunda e de 32% para a terceira que se localiza próximo à borda.

Jones *et al.* (1999) estudaram a intensidade da tensão e do mecanismo de transferência de carga, para a carreira de rebites mais próxima da carga aplicada de uma junta sobreposta com três carreiras de rebites.

Para este estudo fizeram uma investigação experimental por meio de ensaio de varredura por emissão térmica (Termografia) e, utilizaram modelos numéricos. Demonstram que a primeira carreira de rebites recebe cerca de 45% do carregamento total. Com este resultado, conseguiram explicar porque a carreira de rebites mais próxima ao carregamento tende a fraturar primeiro, comparada com as outras.

Müller (1995) desenvolveu um estudo sobre projetos, fabricação e manutenção de juntas rebitadas e pressurizadas. Utilizou-se das conclusões de Schijve e fez um estudo completo sobre o comportamento em fadiga, análise de tensão, momento secundário em juntas sobrepostas rebitadas e implementou seu trabalho com simulação numérica.

Schijve (1972) observou experimentalmente que uma junta sobreposta apresenta excentricidade devido a um alinhamento deficiente entre as chapas e que, quando submetida a esforços de tração, há formação de momentos devido a deformações permanentes provenientes de sua excentricidade. Este momento foi chamado de momento secundário e a partir desta observação desenvolveu um modelo analítico para avaliar os efeitos do momento secundário e da deformação permanente.

Swift (1971) propôs muitos modelos de juntas rebitadas para análise de tolerância de dano. Inicialmente, aplicou elementos de mola para simular os prendedores, e em seguida aplicou modelos com elementos de viga, as quais tiveram seus momentos de inércia ajustados de acordo com uma observação experimental, isto é, Swift desenvolveu uma fórmula experimental

para cálculo do momento de inércia para deflexão do corpo dos rebites em chapas de alumínio.

Fefferman & Langhaar (1947) estudaram as diferenças entre as concentrações de tensões nos rebites de junta sobreposta e junta de topo, através de fatores experimentais de concentração de tensão. Correlacionaram uma forma modificada da teoria elementar de tensões em junta através dos seguintes fatores: efeito das espessuras das chapas, efeito da distância entre os rebites e as bordas das chapas, efeito do espaçamento entre os rebites, efeito da largura das chapas. A modificação na teoria se deu em assumir que os rebites de diâmetros variáveis em uma junta transferem igualmente as tensões de apoio, assim como as tensões de cisalhamento.

Tate & Rosenfeld (1946) estudaram a quantidade de carga transferida nos rebites de juntas aeronáuticas. Inicialmente, presumiram que a quantidade de carga transferida era praticamente a mesma para todas as filas de prendedores. Usaram de modelos de viga para simular a junta e também, impuseram um deslocamento compatível entre as chapas e as conexões. Demonstraram que para chapas com a mesma espessura, a carga transferida foi maior para a fila de prendedores mais próxima ao carregamento.

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação é composta por sete capítulos.

No capítulo 1, é feito um panorama sobre juntas rebitadas, em seguida, são apresentados os objetivos e a revisão bibliográfica.

O capítulo 2, explica as teorias usadas neste trabalho. Neste capítulo, são apresentadas as definições das juntas sobreposta e de topo; as equações experimentais usadas para o cálculo do momento de inércia, flexibilidade, rigidez para juntas com chapas e rebites de alumínio e ábacos para o cálculo da flexibilidade para juntas com chapas de alumínio e rebites de titânio; a teoria de fotoelasticidade e suas equações usadas para o cálculo da deformação

e tensão de cisalhamento máxima; a teoria do momento secundário que ocorre em juntas com excentricidade (juntas sobrepostas) e a teoria do método dos elementos finitos.

No capítulo 3, são apresentados os corpos de prova das juntas sobreposta e de topo, os procedimentos experimentais para os ensaios de tração monotônica e fotoelasticidade.

No capítulo 4, são apresentados os modelos numéricos da junta sobreposta e da junta de topo; os tipos de elementos usados para modelar as chapas e os rebites; a modelagem da conexão entre chapa-rebite, do contato entre chapa-rebite, dos carregamentos, das condições de contorno específicas para cada junta.

No capítulo 5, são apresentados os resultados experimentais e numéricos dos ensaios de tração monotônica e fotoelasticidade.

No capítulo 6, são feitos os comentários e as conclusões gerais do trabalho.

No capítulo 7, são apresentadas as referências bibliográficas.

No capítulo 8, são apresentadas as sugestões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Junta sobreposta

A junta sobreposta (também conhecida por *lap joint*) é definida pela união entre duas chapas que podem ser metálicas ou não, nas quais as pontas e bordas são sobrepostas e unidas de forma a produzir um fluxo ou uma superfície contínua. Esta união pode ser feita através de rebites, solda, colagem, parafusos, entre outros. A Figura 2.1 mostra esquematicamente uma junta sobreposta.

Uma das juntas estudadas nesta dissertação é uma junta sobreposta de chapas de alumínio 2024-T3, unida por quinze rebites de alumínio 2117-T4.

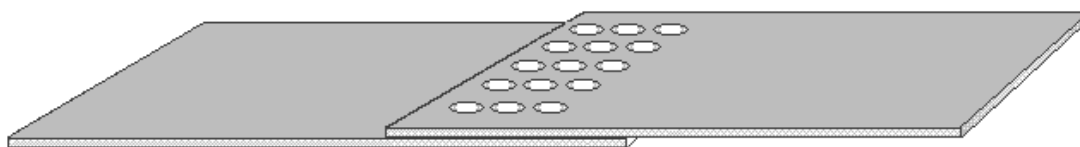


Figura 2.1 – Desenho esquemático de uma junta sobreposta.

#### 2.2 Junta de topo

Uma junta de topo (também conhecida por *butt joint*) é formada pela união de três ou quatro chapas, sendo que duas estão dispostas frente a frente.

As demais possuem uma largura menor que as outras, fazendo a união entre elas e são chamadas de cintas. A união dessas chapas forma uma superfície contínua e um plano de simetria junto à linha média da cinta. As Figuras 2.2 e 2.3 mostram esquematicamente a configuração da junta de topo simples, com três chapas e da junta de topo simétrica, com quatro chapas, respectivamente.



Uma das juntas estudadas nesta dissertação é uma junta de topo. Essa junta é composta por três chapas de alumínio 2024-T3 e trinta rebites de titânio Ti-6Al-4V.

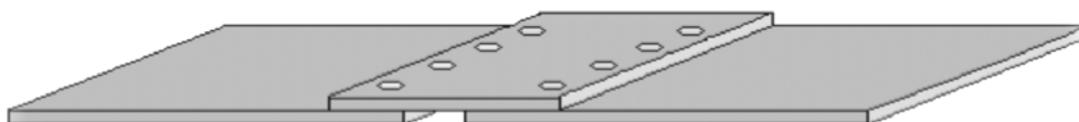


Figura 2.2 – Configuração da junta de topo simples com três chapas.

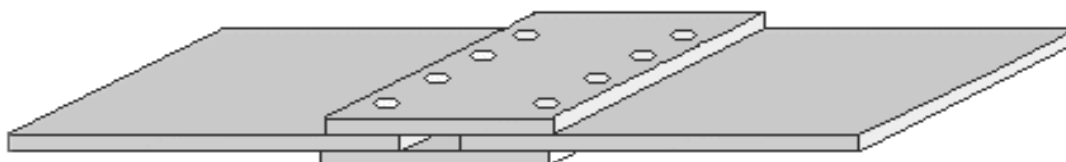


Figura 2.3 – Configuração da junta de topo simétrica com quatro chapas.

### 2.3 Equações específicas para juntas rebitadas.

Para o cálculo da flexibilidade e rigidez dos rebites de juntas rebitadas, é necessário o conhecimento de algumas equações específicas. As juntas rebitadas que possuem chapas e rebites de alumínio têm, segundo Swift (1972), a flexibilidade do rebite dada pela seguinte equação experimental:

$$F = \frac{1}{E_{Al} d} \left[ 5,0 + 0,8 \left( \frac{d}{t_1} + \frac{d}{t_2} \right) \right] \quad (2.1)$$

Sendo:

- F: flexibilidade do rebite [mm/N];
- $E_{Al}$ : módulo de elasticidade [MPa];
- d: diâmetro do corpo do rebite [mm];
- $t_1$  e  $t_2$  : espessuras das chapas [mm].

A Equação (2.1) é válida somente para juntas com chapas e rebites de liga de alumínio, porque as ligas de alumínio apresentam pouca variação do módulo de elasticidade, coeficiente de dilatação, entre outros;

Para juntas com chapas de alumínio e rebites de titânio ou aço é necessária a utilização de ábacos específicos para o cálculo da flexibilidade do rebite (Boeing Design Manual, 2002). A Figura 2.4 mostra o ábaco para o cálculo da flexibilidade da junta de topo.

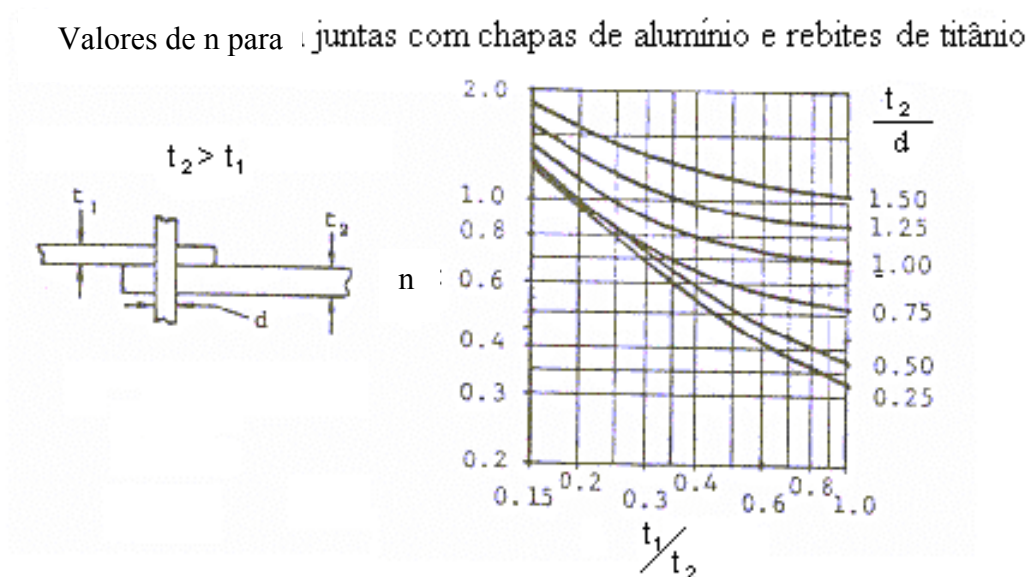


Figura 2.4 – Valores de “n” para o cálculo da flexibilidade em juntas com rebites de titânio e chapas de alumínio (adaptado de Boeing Design Manual, 2002).

A Figura 2.4 mostra curvas que relacionam a razão de espessuras das chapas de alumínio da junta  $\left(\frac{t_1}{t_2}\right)$  e, a razão entre a maior espessura da chapa e o diâmetro do corpo do rebite  $\left(\frac{t_2}{d}\right)$ . Com estas razões é possível obter “n” usado no cálculo da flexibilidade dos rebites de titânio em chapas de alumínio.

A flexibilidade do rebite de titânio em chapas de alumínio é dada pela seguinte expressão:

$$F = \frac{n}{t_2 10^6} \quad (2.2)$$

A rigidez (K) do rebite para ambas as juntas, é dada por:

$$K = \frac{1}{F} \quad (2.3)$$

Sendo:

- K: rigidez do rebite [N/mm].

Para ambas as juntas, o momento de inércia (I) para o rebite é dado por:

$$I = \frac{L^3}{12E_x F} \quad (2.4)$$

Sendo:

- I: momento de inércia [mm<sup>4</sup>];
- L: comprimento médio do rebite [mm];
- E<sub>x</sub>: módulo de elasticidade do material (alumínio para a junta sobreposta e titânio para a junta de topo) [MPa];
- F: flexibilidade do rebite [mm/N].

O comprimento médio do rebite é dado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (2.5)$$

A flexibilidade, a rigidez, o momento de inércia e o comprimento médio do rebite são dados essenciais para análise com método dos elementos finitos.

## 2.4 Fotoelasticidade

Em 1816, David Brewster descobriu que substâncias transparentes isotrópicas podiam se tornar anisotrópicas quando submetidas a esforços mecânicos que produzissem tensões. A este fenômeno foram dados os seguintes nomes: fotoelasticidade, birrefringência por tensão ou birrefringência mecânica, (Strabus,1966).

A fotoelasticidade é o fenômeno óptico de dupla refração. Um material é dito fotoelástico, quando atravessado por um raio de luz, apresenta dois índices de refração que dependem do material e da espessura da peça.

A fotoelasticidade é um método experimental de análise de tensões e deformações para avaliação, validação e desenvolvimento de peças estruturais as quais são submetidas a um carregamento.

É possível examinar por meio da fotoelasticidade a distribuição das deformações ou tensões em qualquer ponto de interesse do componente.

Uma explicação para o fenômeno da fotoelasticidade pode ser feita por um modelo mecânico representado por uma rede de molas, com valores das constantes de rigidez diferentes entre si.

Uma perturbação eletromagnética, como por exemplo, um feixe de luz incidindo sobre estas molas, viajaria com diferentes velocidades dependendo de sua orientação na rede.

Esta orientação diferente seria responsável pelo aparecimento de uma gama de cores, que representa as tensões ou deformações sofridas pelo modelo mecânico.

A informação fornecida pela fotoelasticidade é na forma de faixa de cores ou franjas. Estas se dividem em duas classes: a primeira chamada de isóclinas ou isoclínicas que representam a região na qual todas as tensões principais têm a mesma direção e a segunda, chamada de isocromáticas que representa a região na qual é possível obter o ângulo entre as tensões principais, (Miyake, 2002).

As franjas isoclínicas ocorrem sempre que qualquer direção da tensão principal coincide com o eixo de polarização do polarizador. As franjas isoclínicas, portanto, fornecem informações sobre as direções das tensões principais em um modelo, quando combinadas com os valores das tensões principais a partir do padrão de tensão fotoelétrico, (Miyake, 2002).

As franjas isocromáticas são linhas da diferença das tensões principais.

A análise é realizada a partir da ordem de franjas ( $N$ ), que é diretamente proporcional à diferença entre as tensões principais ( $\sigma_1 - \sigma_2$ ). A seqüência de cores para identificar a ordem da franja é mostrada na Figura 2.6.

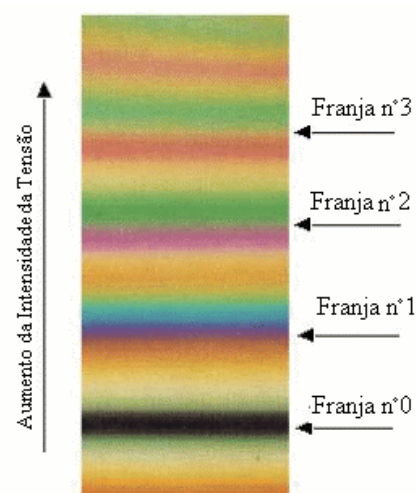


Figura 2.6 – Ordem da franjas ( $N$ ).

O número de ordem de franja ( $N$ ) na placa fotoelástica aumenta de acordo com a intensidade do carregamento, como mostra a Figura 2.7, na qual ilustra a ordem de franja para diferentes níveis de carregamento.

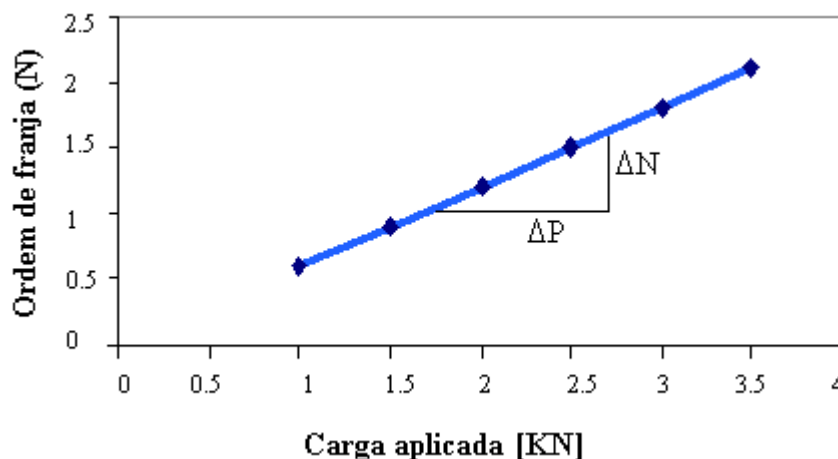


Figura 2.6 - Ordem de franja para diferentes níveis de carregamento.

A utilização do gráfico tem a finalidade de diminuir o erro das leituras de ordem de franja, devido a possíveis tensões residuais que possam ter ocorrido na placa fotoelástica. Para cada ponto de leitura, é necessário traçar uma curva diferente. A curva da Figura 2.6 é exclusiva para o *cdp* da junta de topo avaliado neste estudo.

O valor da ordem de franja ( $N$ ) é obtido pela seguinte expressão:

$$N = \frac{\Delta N}{\Delta P} P \quad (2.10)$$

Sendo:

- $\Delta N$ : variação da ordem de franja;
- $\Delta P$ : variação do carregamento [N];
- $P$ : carga aplicada [N].

#### 2.4.1 Cálculo das tensões e deformações na fotoelasticidade

A fotoelasticidade permite obter a diferença entre as deformações principais ou tensões principais e é calculada pela teoria da fotoelasticidade.

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = N \cdot \frac{\lambda}{2 \cdot t_c \cdot K_{fs}} \quad (2.11)$$

Sendo:

- $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$ : deformações principais [mm/mmm];
- $\lambda$ : comprimento de onda da luz, usada no polariscópio [mm];
- $t_c$ : espessura da placa fotoelástica [mm];
- $K_{fs}$ : Fator de sensibilidade da placa fotoelástica.

Considerando a teoria da Resistência dos Materiais, a máxima deformação de cisalhamento ( $\gamma_{máx}$ ) corresponde à diferença entre as deformações principais, segundo o Círculo de Mohr na Figura 2.7.

$$\frac{\gamma_{máx}}{2} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2} \quad (2.12)$$

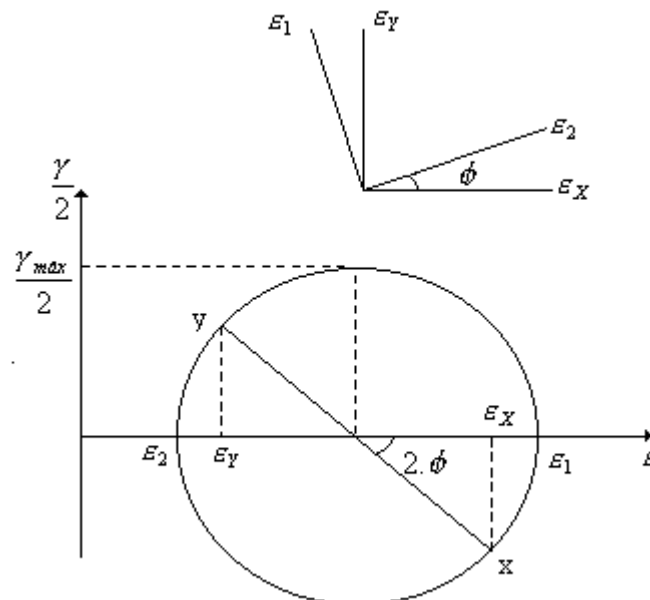


Figura 2.7 – Círculo de Mohr.

Substituindo a Equação (2.12) em (2.11), a deformação máxima de cisalhamento é dada por:

$$\gamma_{máx} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = N \cdot \frac{\lambda}{2 \cdot t_c \cdot K} \quad (2.13)$$

A máxima tensão de cisalhamento ( $\tau_{máx}$ ) é obtida pela Lei de Hooke:

$$\tau_{máx} = G \cdot \gamma_{máx} \quad (2.14)$$

Sendo:

- G: módulo de elasticidade em cisalhamento (módulo de rigidez) [MPa].

A partir das Equações (2.13) e (2.14), pode-se calcular a deformação e a tensão de cisalhamento máxima experimentais observadas na fotoelasticidade.

A determinação das tensões principais em um componente estrutural é a parte principal da avaliação de sua integridade; nesta dissertação, a fotoelasticidade é usada para validar os resultados da distribuição de tensão e de seu valor pontual ao redor dos furos dos rebites dos modelos numéricos da junta de topo.

## 2.5 Momento secundário em juntas com excentricidade

A importância do estudo do momento secundário em juntas rebitadas que apresentam excentricidade é que, o momento secundário provoca uma maior concentração de tensão na última carreira de rebites através da transferência assimétrica da carga, quando a junta é submetida a esforços de tração. A Figura 2.8 mostra o carregamento assimétrico nos rebites.



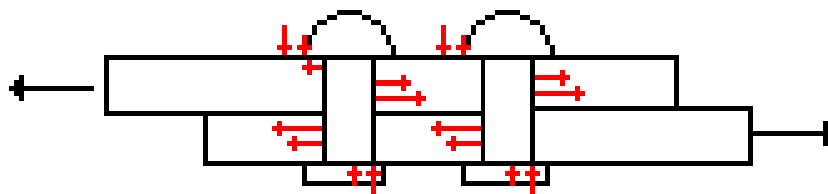


Figura 2.8 – Carregamento assimétrico nos rebites de uma junta.

A excentricidade em uma junta ocorre quando o eixo de aplicação do carregamento não coincide com o eixo neutro da junta, como mostra a Figura 2.9.

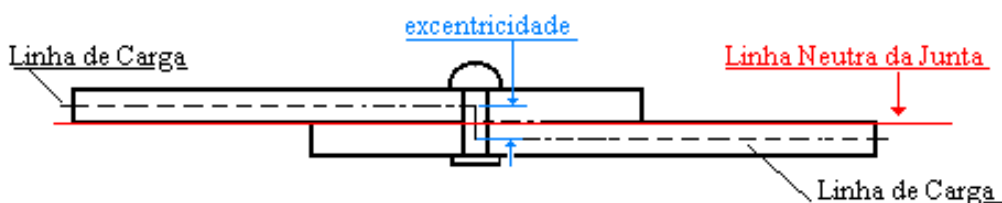


Figura 2.9 – Junta com excentricidade.

A Figura 2.9 mostra que existem duas linhas de carga, uma em cada chapa e a excentricidade é dada pela diferença entre as linhas de carga.

Alguns exemplos de juntas com excentricidade são mostrados na Figura 2.10.

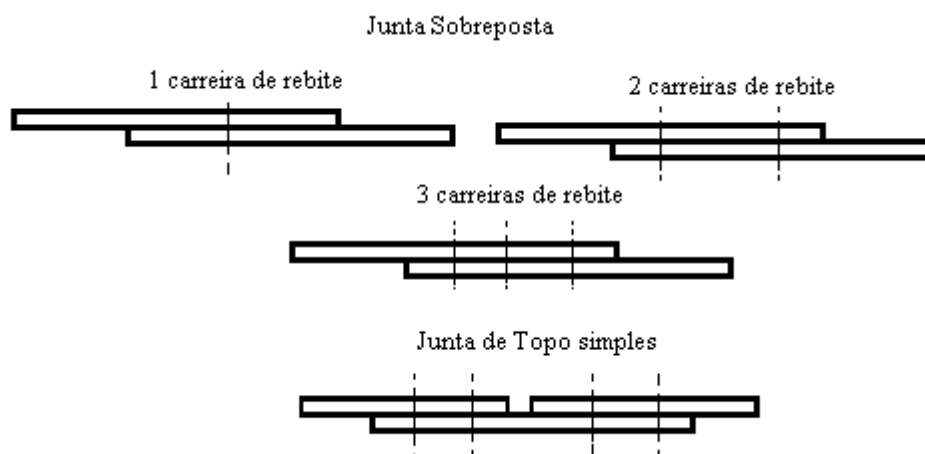


Figura 2.10 – Diferentes tipos de juntas rebitadas com excentricidade (adaptado de Schijve, 1999).

As juntas sobrepostas e as juntas de topo simples apresentam excentricidade e, se for aplicado um carregamento de tração nessas juntas, ocorre uma não linearidade na geometria das juntas provocada pelas pequenas deformações fora do eixo neutro da junta, gerando flexão nas chapas e, conseqüentemente, há formação do momento secundário na junta.

### 2.5.1 Análise para o momento secundário

A teoria usada para os modelos analíticos do momento secundário é baseada na teoria de vigas e, os procedimentos adotados seguem a teoria de conceito da linha neutra. Isto significa que a resposta estrutural das chapas é determinada pela sua linha neutra e, a resposta estrutural da junta é determinada pela linha neutra da junta.

Schijve (1972) estudou o momento secundário em juntas sobreposta com três carreiras de rebite; para seu estudo, dividiu a junta em quatro partes  $i$  (I, II, III e IV), como mostra a Figura 2.11, e cada parte  $i$  foi considerada como uma viga. Para cada parte  $i$  da junta, a tensão na membrana da chapa e a rigidez  $EI$  são diferentes.

Quando a junta sobreposta é tracionada, ocorre deflexão da linha neutra das chapas, como mostra a Figura 2.12, e para seu cálculo foram usadas equações diferenciais de segunda ordem para correlacionar a deflexão  $w$  de uma junta sobreposta durante o tracionamento, com a tensão do momento secundário  $\sigma_B$ , como mostra a Figura 2.13. Os rebites não foram modelados e as chapas entre estes foram consideradas como vigas.

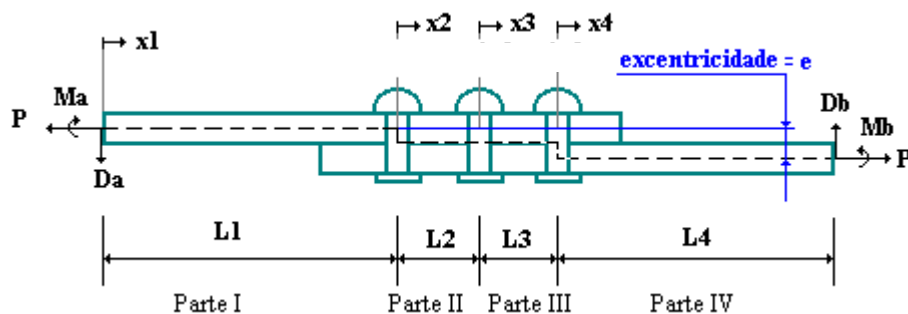


Figura 2.11 – Modelo da linha neutra para uma junta sobreposta rebitada com três carreiras de rebite (adaptado de Rijck e Fawaz, 2000).



Figura 2.12 – Deflexão da linha neutra para a junta sobreposta (adaptado de Rijck e Fawaz, 2000).

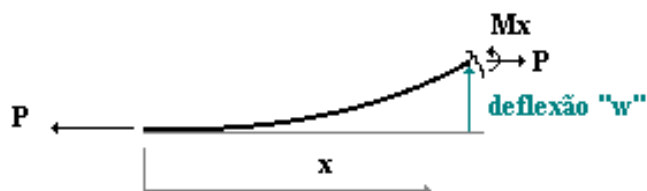


Figura 2.13 – Deflexão da linha neutra para cada parte  $i$  da junta sobreposta (adaptado de Schijve, 1972).

A equação diferencial da deflexão  $w$  para a Figura 2.13 é dada por:

$$M_B = Pw = EI_i \frac{d^2 w}{dx^2} \quad (2.15)$$

Sendo:

- $M_B$ : momento secundário [N.mm];
- $P$ : carga [N];
- $w$ : deflexão [mm].

Reescrevendo a Equação 2.15 da forma mais usual:

$$\frac{d^2 w}{dx^2} - \alpha_i^2 w = 0 \quad (2.16)$$

Com: 
$$\alpha_i^2 = \frac{P}{EI_i} \quad (2.17)$$

A solução da Equação Diferencial 2.16 resulta na equação linear de segunda ordem para a deflexão  $w$  de cada parte  $i$  da “viga”:

$$w_i = A_i \sinh(\alpha_i x_i) + B_i \cosh(\alpha_i x_i) \quad (2.18)$$

Aplicando as condições de contorno de cada parte  $i$  da junta tracionada da Figura 2.12 e, considerando os deslocamentos e idênticos declives da deflexão da curva para ambos os lados das fileiras de rebites, pode-se resolver os valores de  $A_i$  e  $B_i$ . Pode-se então calcular o valor da deflexão  $w$  para cada parte  $i$  da junta.

Com o valor da deflexão  $w$ , obtém-se o valor do momento secundário  $M_B$  e da tensão do momento secundário  $\sigma_B$ .

### 2.5.2 Aproximação linear do momento secundário

Primeiramente para o cálculo do momento secundário é considerada uma aproximação linear.

Para uma junta sobreposta rebitada com três carreiras de rebites, com largura  $W$ , espessuras das chapas  $t_1$  e  $t_2$ , com rebites e chapas do mesmo material, como mostra a Figura 2.14, a variação do momento secundário com uma carga de tração é definida pelo fator de momento “ $k$ ”, que é a relação entre a tensão que gera o momento e a tensão nominal, (Schijve, 1971):

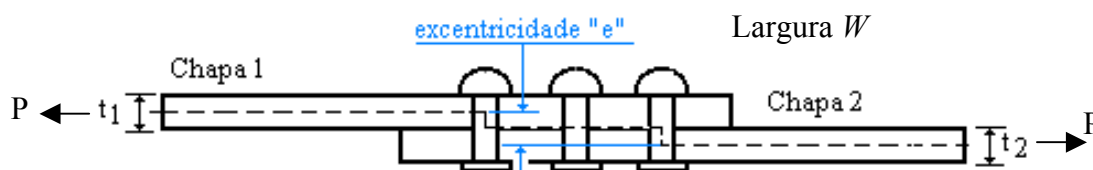


Figura 2.14 – Nomenclatura para o cálculo do momento secundário.

$$k = \frac{\sigma_B}{\sigma_n} \quad (2.19)$$

Com:

$$\sigma_n = \frac{P}{Wt} \quad (2.20)$$

Sendo:

- $k$ : fator de momento;
- $\sigma_B$ : tensão do momento secundário [MPa];
- $\sigma_n$ : tensão normal [MPa];
- $W$ : largura da chapa [mm];
- $t$ : espessura da chapa [mm].

Usando a Teoria da Viga de Eixo Neutro para a junta sobreposta com chapas de espessuras  $t_1$  e  $t_2$ , tem-se que o Momento Secundário  $M_B$  é dado por:

$$M_B = P.e = P\left(\frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2}\right) = \frac{P}{2}(t_1 + t_2) \quad (2.21)$$

O momento de inércia para cada chapa é:

$$I = \frac{Wt_i^3}{12} \quad (2.22)$$

A tensão que gera o momento para a chapa com espessura  $t_i$  pode ser obtida pela seguinte equação:

$$\sigma_B = \frac{M_B.c}{I} \quad (2.23)$$

A máxima tensão do momento ocorre para a região convexa da junta com a maior distância  $c$  igual à metade da espessura da chapa do eixo neutro ( $c = t/2$ ), (Müller,1995).

A tensão máxima para cada chapa é dada por:

$$\sigma_{B,\max} = \frac{M_B \frac{t_i}{2}}{\frac{Wt_i^3}{12}} = 6 \frac{M_B}{Wt_i^2} = \frac{6}{Wt_i^2} \frac{P}{2} (t_1 + t_2) = \frac{3P(t_1 + t_2)}{Wt_i^2} \quad (2.24)$$

Considerando  $t_1 = t_2 = t$ , tem-se:

$$\sigma_{B,\max} = \frac{6P}{Wt_i^2} \quad (2.25)$$

E a tensão total máxima pode ser expressa por:

$$\sigma_{Tot,\max} = \sigma_{B,\max} + \sigma_n \quad (2.26)$$

$$\sigma_{Tot,\max} = \frac{3P(t_1 + t_2)}{Wt_i^2} + \frac{P}{Wt_i} \quad (2.27)$$

$$\sigma_{Tot,\max} = 6 \frac{P}{Wt} + \frac{P}{Wt_i} = 7\sigma_n \quad (2.28)$$

A tensão máxima é igual a 7 vezes o valor da tensão normal para a aproximação linear e, substituindo as Equações 2.25 e 2.20 em 2.19, encontra-se o valor do fator de momento  $k$  para esta aproximação linear:

$$k = \frac{\sigma_B}{\sigma_n} = \frac{\frac{6P}{Wt^2}}{\frac{P}{Wt_i^2}} = 6 \quad (2.29)$$

Para a análise linear, o valor do fator de momento  $k$  é igual a seis.

A deformação da junta sobreposta para a análise linear é mostrada na Figura 2.15.



Figura 2.15 – Deflexão da linha neutra para uma junta sobreposta com três carreiras de rebite.

Na prática, o momento secundário é uma função não linear do carregamento na junta sobreposta. A não linearidade é relativamente grande para baixos carregamentos aplicados.

### 2.5.3 Aproximação não linear do momento secundário

Na prática, é observado que a estrutura nunca será infinitamente rígida e pequenas deformações acontecerão na estrutura. Estas pequenas deformações podem gerar grandes deslocamentos na junta e a linha elástica se deformará como mostrado na Figura 2.12.

Os deslocamentos diminuem com o valor da excentricidade “e”, reduzindo o valor do momento secundário e conseqüentemente da sua tensão. Estes deslocamentos grandes em pequenas deformações ocorrem na estrutura e podem ser simulados com ajuda do método dos elementos finitos como sendo uma estrutura de geometria não-linear. Analiticamente esta não linearidade pode ser explicada pela teoria da viga elástica.

Resolvendo a equação 2.18 e impondo condições de contorno mostradas esquematicamente na Figura 2.18, tem-se que o máximo deslocamento  $\delta$  no ponto A é igual a  $y$ :

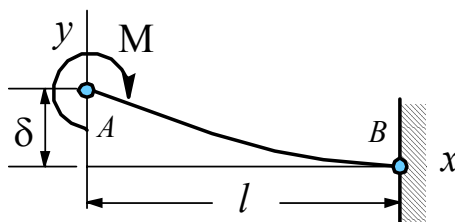


Figura 2.16 – Modelo para obtenção do deslocamento  $\delta$  na extremidade da viga.

A equação do deslocamento  $\delta$  é dada por

$$\delta = \frac{1}{2} \frac{Ml^2}{EI} \quad (2.30)$$

Sendo:

- $\delta$ : deslocamento [mm];
- M: momento no ponto “A” [Nmm];
- l: comprimento da viga [mm];
- E: módulo de elasticidade [MPa];
- I: momento de inércia da viga [mm].

Considerando a linha de ação da força exatamente na superfície de contato das chapas como mostra a configuração da junta sobreposta na Figura 2.17 e com perfeito alinhamento na máquina de ensaio.

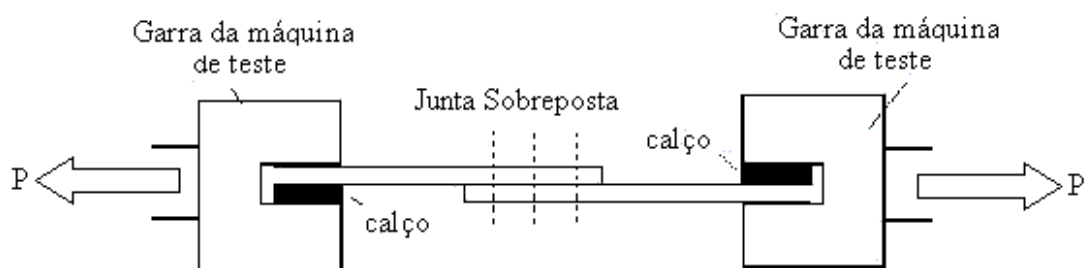


Figura 2.17 - Detalhe da junta sobreposta presa na máquina de ensaio e de seu alinhamento.

Neste caso, a distância do eixo neutro da placa descarregada à linha de ação de força é definida como a metade da espessura para ambas as chapas



( $t/2$ ). O máximo valor do momento secundário aplicado é o momento gerado pelo máximo deslocamento, ou seja, quando o deslocamento  $\delta$  for igual à metade da espessura ( $\delta_{\text{máx}} = t/2$ ):

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{1}{2} \frac{Ml^2}{EI} = \frac{t}{2} \quad (2.31)$$

Reescrevendo a Equação 2.31:

$$M = \frac{EIt}{l^2} = \frac{E \left( \frac{wt^3}{12} \right) t}{l^2} = \frac{Ewt^4}{12l^2} \quad (2.32)$$

Resolvendo a Equação 2.25 para a máxima tensão do momento:

$$\sigma_{B,\text{max}} = \frac{Mc}{I} = \frac{EIt}{l^2} \cdot \frac{t_i}{2} = \frac{Et^2}{2l^2} \quad (2.33)$$

Com os valores da tensão normal  $\sigma_t$  e da máxima tensão do momento secundário  $\sigma_{B,\text{max}}$ , é possível obter os limites máximo e mínimo para as tensões nas chapas:

$$\sigma_{Tot,\text{lim}} = \sigma_n \pm \sigma_{B,\text{max}} \quad (2.34)$$

Substituindo os valores de  $\sigma_t$  e  $\sigma_{B,\text{max}}$  em 2.34, tem-se:

$$\sigma_{Tot,\text{lim}} = \frac{P}{Wt} \pm \frac{Et^2}{2l^2} \quad (2.35)$$

Para a avaliação da função tensão real, é necessário considerar que a excentricidade “e” é dada por:

$$e = e_0 - \delta \quad (2.36)$$

Dado:  $e_0$  é máximo valor da excentricidade ( $t/2$ ).

Substituindo os valores de  $e_0$  e  $\delta$  na Equação 2.36:

$$e = \left(\frac{t}{2}\right) - \left(\frac{1}{2} \frac{Ml^2}{EI}\right) \quad (2.37)$$

$$e = \left(\frac{t}{2}\right) - \left[\frac{1}{2} \frac{(Pe)l^2}{EI}\right] \quad (2.38)$$

Com algumas manipulações algébricas a Equação 2.38 pode ser reescrita como:

$$e = \frac{Elt}{2EI + Pl^2} \quad (2.39)$$

Multiplicando a Equação 2.39 por  $\frac{6EI}{6}$  (a constante 6 é referente ao valor de  $k$  para análise linear), tem-se que:

$$e = \frac{t}{6} \left( \frac{6EI}{2EI + Pl^2} \right) \quad (2.40)$$

Fazendo:

$$\gamma = \left( \frac{6EI}{2EI + Pl^2} \right) \quad (2.41)$$

Tem-se que a excentricidade é dada por:

$$e = \frac{t}{6} \gamma \quad (2.42)$$

Para a tensão do momento secundário (Equação 2.23), tem-se que:

$$\sigma_B = \frac{Mc}{I} = \frac{Pe \left(\frac{t}{2}\right)}{\frac{Wt^3}{12}} = \frac{6Pe}{Wt^2} = \frac{6P}{Wt^2} \left(\frac{t}{6} \gamma\right) = \frac{P}{Wt} \gamma \quad (2.43)$$

Substituindo o valor da tensão do momento secundário  $\sigma_B$  da Equação 2.43 na Equação 2.19 do fator de momento  $k$ , pode-se concluir a partir que o fator de momento  $k = \gamma$ :

$$k = \frac{\frac{P}{Wt}\gamma}{\frac{P}{Wt}} \quad (2.44)$$

$$k = \gamma \quad (2.45)$$

$$k = \frac{6EI}{2EI + Pl^2} = \frac{6}{2 + \left(\frac{Pl^2}{EI}\right)} \quad (2.46)$$

O fator de momento  $k$  para a Equação 2.46, mostra que tem um comportamento não linear e que depende da carga aplicada.

O comprimento  $l$  da Equação 2.46 é referente ao ponto no qual a deflexão é igual a zero, como mostra a Figura 2.18.

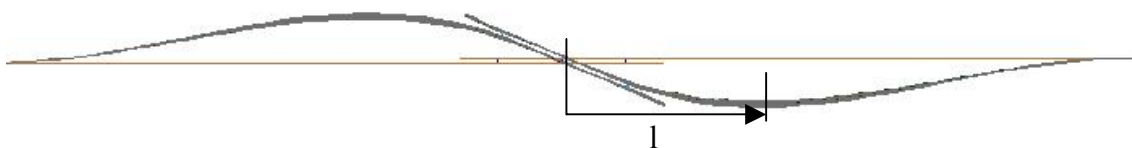


Figura 2.18 – Comprimento  $l$  para o ponto de deflexão nulo.

E finalmente, a tensão total na junta sobreposta é dada por:

$$\sigma_{Tot} = \sigma_n \pm \sigma_B \quad (2.47)$$

$$\sigma_{Tot} = \frac{P}{Wt}(1 \pm \gamma) \quad (2.48)$$

$$\sigma_{Tot} = \sigma_t(1 \pm \gamma) \quad (2.49)$$

No capítulo 5, o resultado da tensão total na junta sobreposta (Equação 2.49) e das análises do momento secundário é aplicado ao modelo numérico da junta sobreposta.

## 2.6 Método dos elementos finitos

O Método dos elementos finitos (MEF) é um método matemático/computacional para análise de problemas do contínuo que parte do princípio da discretização, isto é, o MEF consiste em transformar um problema complexo em vários problemas mais simples, permitindo que a peça em estudo tenha forma geométrica, carregamento e condições de contorno quaisquer.

É necessário que haja uma semelhança física entre o modelo de análise de elementos finitos - FEA (*Finite Element Analysis*) e a situação física real, não sendo o modelo uma abstração matemática difícil de ser visualizada, assim, o MEF tem a capacidade de contornar as dificuldades de resolver um problema matemático que envolva geometrias complexas (por exemplo, a análise estrutural de um avião) em um problema algébrico, no qual, as mesmas equações complexas serão resolvidas através de pequenos elementos de geometria simples (quadrados, triângulos, barras, vigas, entre outros).

### 2.6.1 Um breve histórico do MEF

Por volta de 1800, Lorde Rayleigh desenvolveu um método para prever a frequência natural de estruturas simples, assumindo que a forma que a estrutura se deformava podia ser quantificada pela minimização da energia distribuída na estrutura. Este método foi expandido por Walter Ritz e hoje é conhecido como método Rayleigh-Ritz, usado para prever o comportamento da tensão e deformação de estruturas (Adams e Askenazi, 1999).

Na década de 20, em função dos trabalhos de Maney (EUA) e de Ostenfeld (Dinamarca), passou-se a utilizar a idéia básica de análise aproximada de treliças e pórticos baseada nos deslocamentos como incógnitas. Estas idéias são as precursoras do conceito de análise matricial de estruturas, em uso hoje em dia.

Havia limitações no tamanho dos problemas a solucionar, os quais tinham forças ou deslocamentos incógnitos, mas que foram resolvidos em 1932, quando Hardy Cross introduziu o método da distribuição de momentos, o qual facilitou a solução de problemas de análise estrutural, pode-se trabalhar com problemas mais complexos e sofisticados. Este foi o principal método de análise estrutural que foi praticado pelos próximos 25 anos (Fonseca, 2002).

Em 1940, Alberto Castigliano e William Rowan Hamilton desenvolveram métodos numéricos para prever o comportamento de estruturas em gerais. Em 1943, propuseram subdividir o meio contínuo, ou seja, a estrutura estudada, em um sistema de segmentos triangulares usando interpolações polinomiais para investigar problemas de tensão (Moaveni, 1999), (Adams e Askenazi, 1999).

Com o advento dos computadores, em 1950, foi possível processar problemas de estruturas complexas. A Boeing utilizou elementos de tensão triangulares para modelar estruturas complexas de aeronaves como as asas. O benefício para o crescimento do ramo da aeronáutica foi desenvolver programas para análises de estruturas em computadores, com isso, nasceram os conceitos básicos de elementos finitos (Adams e Askenazi, 1999).

Em 1956, duas publicações notáveis, que podem ser consideradas marcos no estudo dos métodos numéricos, foram os trabalhos de Argyris & Kelsey e de Turner, Clough, Martin & Topp. Tais publicações uniram os conceitos de análise estrutural e análise do contínuo, e lançaram os procedimentos resultantes na forma matricial; elas representaram uma influência preponderante no desenvolvimento dos métodos numéricos nos anos subsequentes. Assim, as equações de rigidez passaram a ser escritas em notação matricial e resolvidas em computadores digitais (Fonseca, 2002).

Em 1960, Clough foi quem popularizou o termo “elementos finitos”. Durante esta década, o método dos elementos finitos ou MEF foi utilizado em outras áreas da engenharia, como por exemplo, transferência de calor e problemas de fluxo de infiltração (*seepage flow*). Deu-se início a

comercialização do MEF e de computadores com maior capacidade operacionais, e assim, problemas discretos puderam ser resolvidos sem dificuldades, mesmo com o número de elementos muito elevado. Em 1967, Zienkiewicz e Cheung escreveram o primeiro livro sobre o método dos elementos finitos (Moaveni, 1999).

A primeira edição do *software* de elementos finitos *ANSYS* foi lançada em 1971.

A década de 80 representou a era das vendas de computadores e *workstation* para o uso do MEF.

Mais recentemente, houve um enorme avanço na simplificação do procedimento das análises mais simples (elasticidade isotrópica linear), por meio da geração automática de malha e da adaptação automática da malha para a redução de erro. Como exemplo desta popularização, basta citar que a grande tendência de hoje é a integração da análise de tensões, assim como da análise de movimento, em programas de CAD (Fonseca, 2002).

## 2.6.2 Áreas de aplicação do MEF

Algumas das análises que podem ser executadas por *softwares* de elementos finitos são:

- Estática linear de tensões e deformações (edifícios, pontes, torres, componentes mecânicos em geral, tubulações industriais, entre outros);
- Dinâmica (modos de vibração e frequências naturais);
- Não linear de tensões e deformações (conformação, grandes deformações);
- Térmica (transmissão de calor em regime permanente e transiente);
- Tensões devido ao carregamento térmico (tubulações industriais);
- escoamento de fluídos (aerodinâmica, hidrodinâmica);
- Campos elétricos (condutores, isolantes, eletrodeposição e corrosão) e magnéticos.;
- Acústica, entre outros.

### 2.6.3 Teoria do MEF

A teoria do MEF envolve o cálculo de uma matriz de rigidez gerada e combinada com um vetor de forças nodais para o cálculo dos deslocamentos nodais e para análise estática.

A seguir serão apresentadas as definições de matriz de rigidez para o elemento mola e o elemento barra.

#### 2.6.3.1 Matriz de rigidez

A matriz de rigidez representa a relação entre forças e deslocamentos nodais para a estrutura inteira, e é constituída pelos coeficientes das equações de equilíbrio derivadas das propriedades geométricas e do material de um elemento e pode ser obtida pelo princípio da mínima energia potencial (Alves Filho,2000) .

#### 2.5.3.2 Matriz de rigidez para o elemento mola

Supondo-se que deseja analisar um elemento mola, no qual estão aplicadas as forças  $P_1$  e  $P_2$  em suas extremidades, resultando em deslocamentos  $u_1$  e  $u_2$ , como mostra a Figura 2.19:



Figura 2.19- Elemento mola sujeita a aplicação de forças em suas extremidades.

Sendo:

$$P_1 = k * (\text{deslocamento da mola})$$

$$P_1 = k * (u_1 - u_2) \quad (2.50)$$

E da condição de equilíbrio:

$$P_2 = - P_1 = k * (u_1 - u_2) \quad (2.51)$$

Em notação matricial:

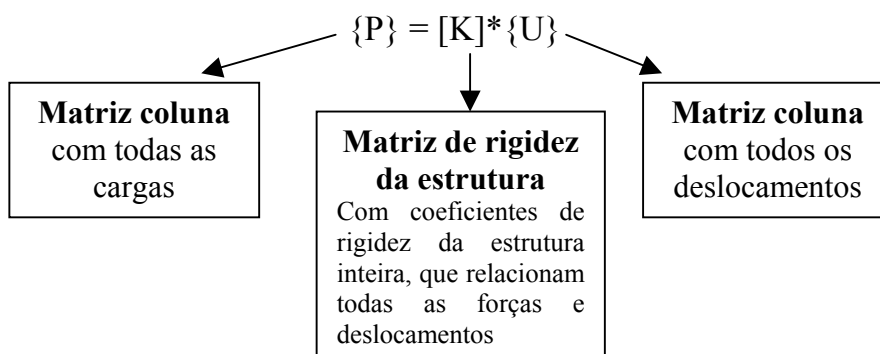
$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \quad (2.52)$$

Da equação (2.52) tem-se que a matriz de rigidez do elemento mola é dada por:

$$[k] = \begin{bmatrix} k & -k \\ -k & k \end{bmatrix} \quad (2.53)$$

Além disso,  $\{P_{ij}\}$  é o vetor de forças internas nodais e  $\{u_{ij}\}$  é o vetor de deslocamento. No caso, como a mola se encontra “solta”, a matriz é dita singular e o sistema não pode ser resolvido.

A relação geral linear entre todas as forças nodais e os deslocamentos é melhor expressa em notação matricial da seguinte forma:



### 2.6.3.3 Matriz de rigidez (1D) para o elemento barra

Fazendo uma comparação entre a barra de treliça com a mola estudada anteriormente, tem-se que:



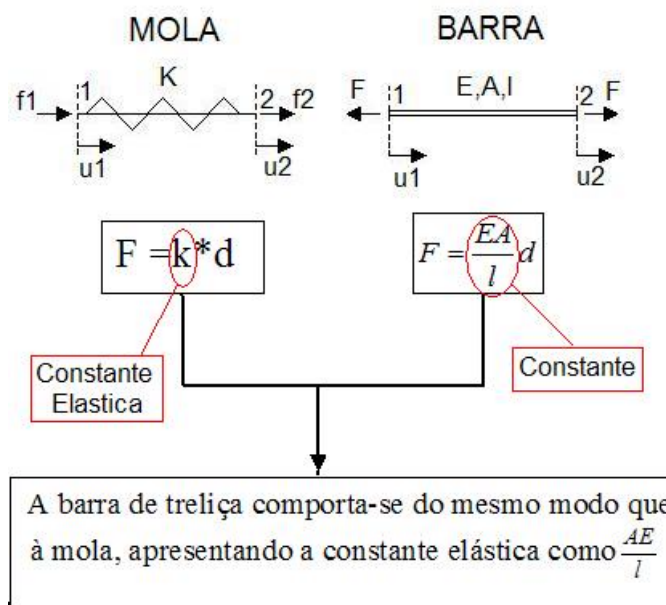


Figura 2.19 – Comparação entre as constantes de rigidez da mola e barra (adaptado de Alves Filho, 2000).

A Figura 2.91 demonstra que a constante  $\frac{AE}{l}$  define a rigidez axial da barra e é similar à rigidez da mola.

Para a obtenção da matriz de rigidez para o elemento barra, considere uma barra de comprimento “ $l$ ”, área da seção “ $A$ ” e módulo de elasticidade “ $E$ ”, sujeita às forças axiais “ $F_1$ ” e “ $F_2$ ”, como mostrado na Figura 2.20.

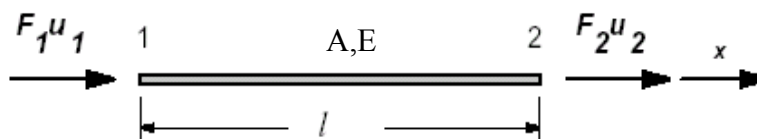


Figura 2.20 - Elemento barra sujeito a duas forças axiais em suas extremidades.

Escrevendo as equações de equilíbrio para a barra da Figura 2.22:

$$F_1 = \frac{AE}{l}(u_1 - u_2) \quad (2.54)$$

$$F_2 = -F_1 = \frac{AE}{l}(u_1 - u_2) \quad (2.55)$$

Em forma matricial, as equações (2.54) e (2.55) podem ser reescritas como:

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix} = \frac{AE}{l} * \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \quad (2.56)$$

$$\{p_i\} = [k] * \{u_i\} \quad (2.57)$$

Sendo:

- $[k]$  = Matriz de rigidez do elemento barra em coordenadas locais e é dada por:  $[k] = \frac{AE}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$ ;
- $\{p_1\}$  = Vetor representando forças no elemento e seus nós e é dado por:  $\{p_1\} = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix}$ ;
- $\{u_i\}$  = Vetor representando deslocamentos do elemento e seus nós e é dado por:  $\{u_i\} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}$ .

A matriz de rigidez  $[k]$  para o elemento barra é dada por:

$$[k] = \frac{AE}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.58)$$

#### 2.6.4 Processo de análise com MEF

O diagrama da Figura 2.22 mostra o processo de análise com o método dos elementos finitos (Bathe,1996):

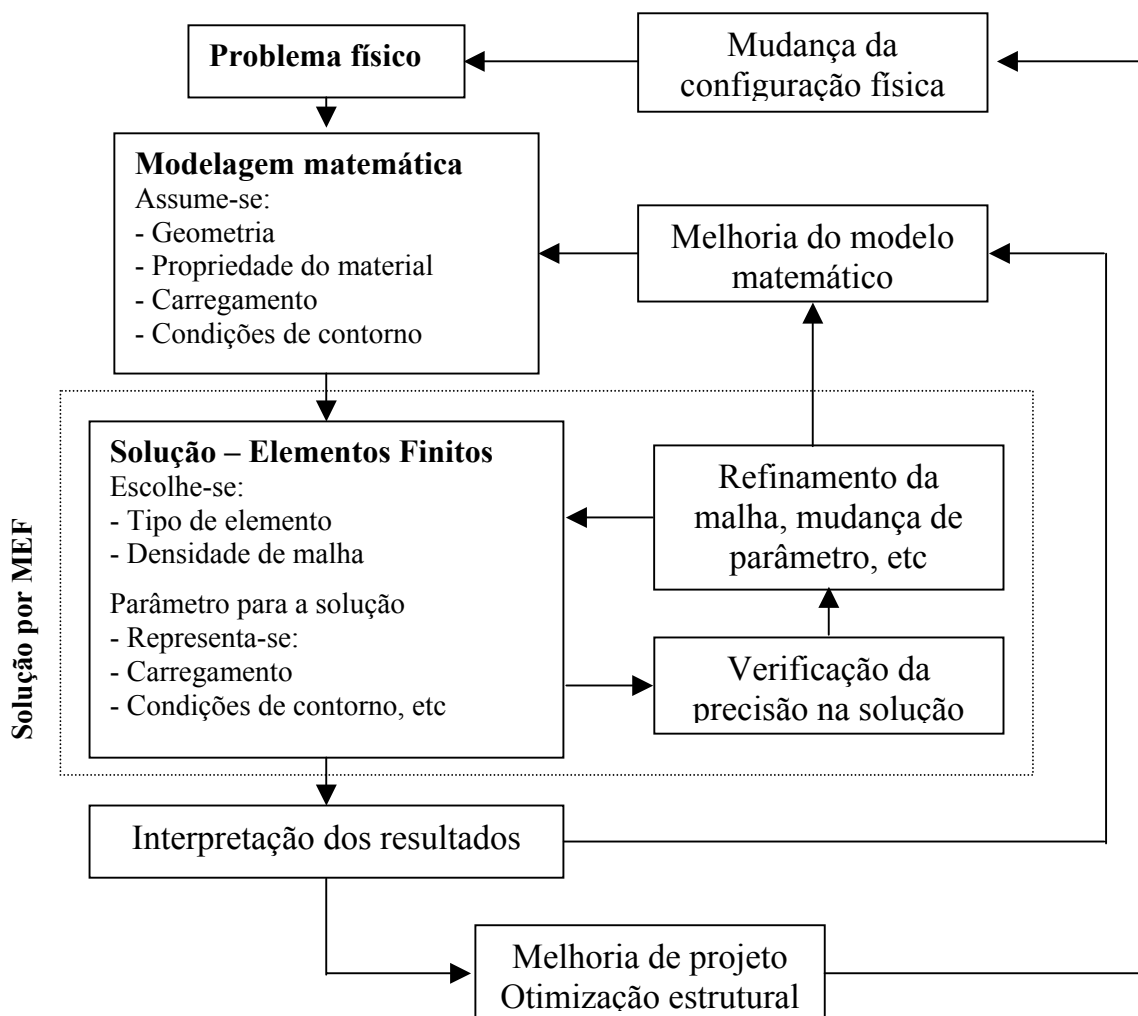


Figura 2.22 - Processo de análise pelo método dos elementos finitos (adaptado de Bathe, 1996).

O processo da análise por MEF pode ser dividido em três etapas:

- 1°. Pré-processamento;
- 2°. Processamento  $\Rightarrow$  Solução;
- 3°. Pós-processamento.

O pré-processamento é a etapa na qual se modela o componente, por meio de escolha de elementos adequados, condições de contorno compatíveis com o problema real e aplicação de carga. As propriedades dos materiais utilizados também são aplicadas nesta etapa e algumas simplificações no

modelo podem ser feitas desde que não interfiram nos resultados e facilitem a análise.

A solução, também chamada de *solver*, depende da configuração do modelo na etapa anterior.

Nesta etapa do processamento são efetuados os cálculos matriciais para determinação de deslocamento, tensão, reações de apoio e forças internas nos elementos.

No pós-processamento são interpretados os resultados numéricos dos cálculos efetuados na solução, e sua coerência com o problema físico estudado.

Esta etapa fornece os dados de deslocamentos, tensões, deformações, temperaturas, frequências naturais, fluxo de calor, entre outros.

Nesta Dissertação os resultados estudados são das deformações na direção X, das deformações principais e das tensões de Von Mises.

## CAPÍTULO 3

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os corpos de prova das juntas sobreposta e de topo, os procedimentos experimentais para os ensaios de tração monotônico e fotoelasticidade.

Para a elaboração dos *cdp*'s foi utilizada a experiência e as configurações de juntas existentes no avião.

#### 3.1 Corpo de prova da junta sobreposta

Um único corpo de prova (*cdp*) da junta sobreposta (Figura 3.1) foi usado para o ensaio de tração monotônico e apresenta as seguintes dimensões para chapa e rebite, respectivamente:

- Comprimento: 440 [mm]
- Largura: 137,5 [mm]
- Espessura: 1,6 [mm]
- Diâmetro do corpo: 3,97 [mm]

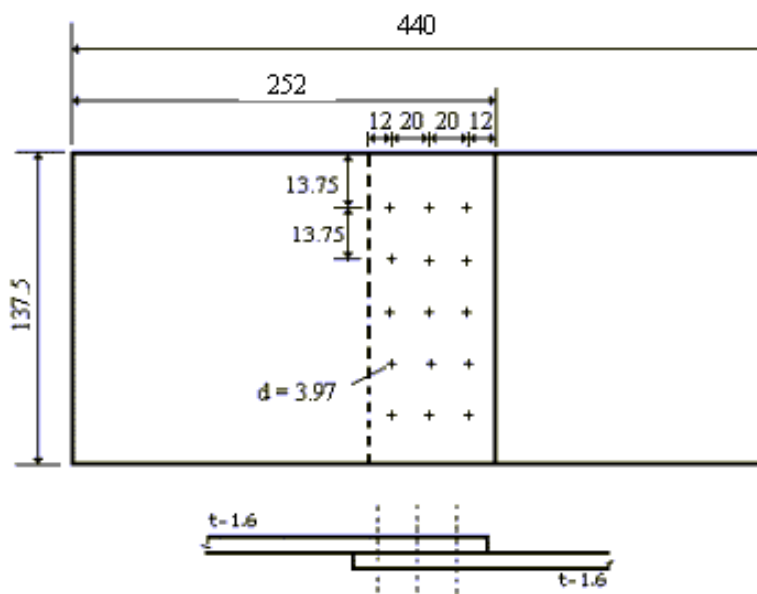


Figura 3.1 – Esquema do *cdp* da junta sobreposta (medidas em milímetros).

A espessura das chapas é constante ao longo do *cdp*.

O material usado para as chapas foi a liga de alumínio 2024-T3 e para os rebites foi a liga de alumínio 2117-T4, com as seguintes propriedades mostradas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Propriedades mecânicas para as ligas de alumínio 2024-T3 e 2117-T4.

<b>Liga</b>	<b>2024-T3<sup>+</sup></b>	<b>2117-T4<sup>++</sup></b>
<b>Arranjo Cristalográfico</b>	Cúbica de corpo centrado (CCC)	
<b>Peso Específico [gf/cm<sup>3</sup>]</b>	2,77	
<b>Módulo de Elasticidade [MPa]</b>	74500	72000
<b>Módulo de Rigidez [MPa]</b>	28500	28000
<b>Limite de Resistência à Tração [kgf/mm<sup>2</sup>]</b>	24,6* (22,5) 40,0 (45,7)	26,7 (30,2)
<b>Limite de Resistência ao Cisalhamento [kgf/mm<sup>2</sup>]</b>	- (12,6) - (28,8)	18,3 (19,7)
<b>Limite de Escoamento [kgf/mm<sup>2</sup>]</b>	13,3* (11,2) 29,5 (36,5)	12,6 (17,0)
<b>Resistência à Fadiga 500x10<sup>6</sup> Ciclos [kgf/mm<sup>2</sup>]</b>	- (8,4) - (12,6)	- (13,5)
<b>Dureza Brinell HB</b>	120	70
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0.33	0.33

OBS.:

<sup>+</sup>: Indica a têmpera T3, na qual a liga de alumínio é solubilizada, encruada e envelhecida naturalmente a uma condição substancialmente estável.

Aplica a produtos que foram trabalhados a frios para melhorar a resistência depois de um tratamento térmico de solução.

<sup>++</sup>: Indica a têmpera T4: na qual a liga de alumínio foi solubilizada e envelhecida naturalmente a uma condição substancialmente estável.

Aplica a produtos que não foram trabalhados a frio depois de um tratamento térmico de solução, ou em qual pode não ser reconhecido o efeito de trabalho frio aplainando ou endireitando em limites de propriedade mecânicos.

(--): Os valores entre parêntesis são típicos, correspondem uma média de valores observados.

\*: Indica o valor máximo para garantir um completo recozimento.

A Tabela 3.2 apresenta a composição química das ligas de alumínio 2024 e 2117.

Tabela 3.2 - Composição química das ligas de alumínio 2024 e 2117 (valores em porcentagem de peso).

Liga	Cu	Mg	Si	Fe	Mn	Zn	Cr	Ti	Al
Al 2024	3.8 - 4.9	1.2-1.8	0.5	0.5	0.3 – 0.9	0.25	0.10	0.015	Balanceado
Al 2117	2.2 - 3.0	0.20-.50	0.8	0.7	0.20	0.25	0.10	-	Balanceado

### 3.2 Corpo de prova da junta de topo

Um único *cdp* da junta de topo foi usado para o ensaio de fotoelasticidade e, apresenta as dimensões como mostra a Figura 3.2.

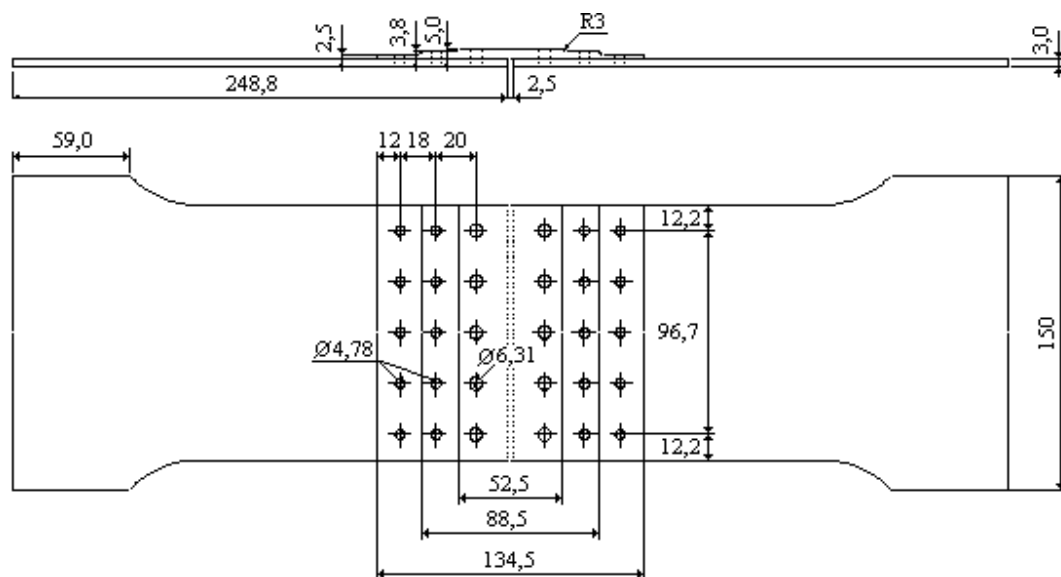


Figura 3.2 – Esquema do *cdp* da junta de topo (medidas em milímetros).

A espessura da cinta é variável para cada fila de rebite.

O material usado para as chapas foi a liga de alumínio 2024-T3 e para o rebite foi o titânio Ti-6Al-4V, com suas as propriedades mostradas na Tabela 3.3 e a Tabela 3.4 fornece a composição do titânio Ti-6Al-4V.

Tabela 3.3 – Propriedades mecânicas para o titânio Ti-6Al-4V.

<b>Material</b>	<b>Ti-6Al-4V</b>
<b>Arranjo Cristalográfico</b>	Hexagonal Completo (HCP)*
<b>Peso Específico [gf/cm<sup>3</sup>]</b>	4,51
<b>Módulo de Elasticidade [MPa]</b>	102731,88
<b>Módulo de Rigidez [MPa]</b>	44815,92
<b>Limite de Resistência à Tração [MPa]</b>	860
<b>Limite de Resistência ao Escoamento [MPa]</b>	795
<b>Dureza Brinel HB</b>	190
<b>Coefficiente de Poisson</b>	0,34

\* Arranjo cristalográfico a temperatura ambiente.

Tabela 3.4 – Composição do titânio Ti-6Al-4V (valores em porcentagem de peso).

<b>Liga</b>	<b>Al</b>	<b>V</b>	<b>C</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>H</b>	<b>Fe</b>	<b>Ti</b>
<b>Ti-6Al-4V</b>	6,0	4,1	0,024	0,18	0,006	0,005	0,17	Balanceado

### 3.3 Ensaio de tração monotônico

O ensaio de tração monotônico foi realizado no Laboratório de Ensaio Mecânicos da Embraer – São José dos Campos, utilizando uma máquina servo-hidráulica de testes universal MTS 25”.

O *cdp* da junta sobreposta foi preso em suas extremidades por garras com cinco parafusos de segurança cada uma, que são necessários caso aconteça uma situação na qual o atrito das garras não seja suficiente para a fixação do *cdp* na máquina; o uso de calços nas garras garante o alinhamento correto e minimiza o efeito do momento secundário no *cdp*, como ilustram as Figuras 3.3 e 3.4.





Figura 3.3 - Máquina de testes universal MTS 25”.

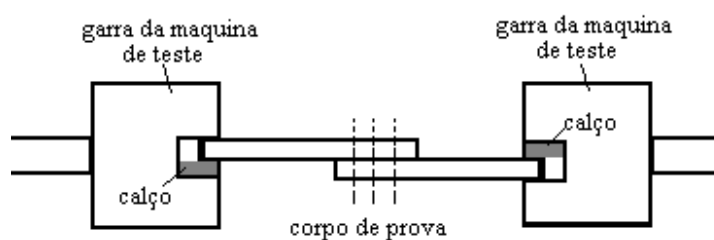


Figura 3.4 – Detalhe do dispositivo de fixação do *cdp*.

O ensaio de tração monotônica foi realizado da seguinte forma: para um único *cdp* da junta sobreposta, submetido a vários carregamentos de tração aplicados lentamente numa faixa de 0 a 15600 N, e em seguida foi feito o descarregamento do mesmo, sempre orientado no sentido vertical do equipamento, arbitrado como sendo a direção do eixo X. O ensaio foi realizado quatro vezes, segundo os esquemas da Figura 3.5, para garantir que os resultados de deformação fossem os mesmos, independente da posição do *cdp* na máquina de teste. A Figura 3.6 mostra o *cdp* na máquina de teste.

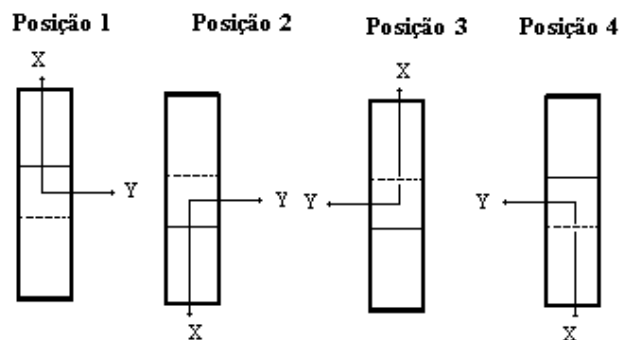


Figura 3.5 – Esquema do carregamento na direção do eixo X.



Figura 3.6 - *Cdp* pronto para o ensaio de tração monotônico.

A fim de estudar a distribuição da deformação ao longo da junta sobreposta, foram usados 13 extensômetros uniaxiais como mostram as Figuras 3.7 e 3.8.

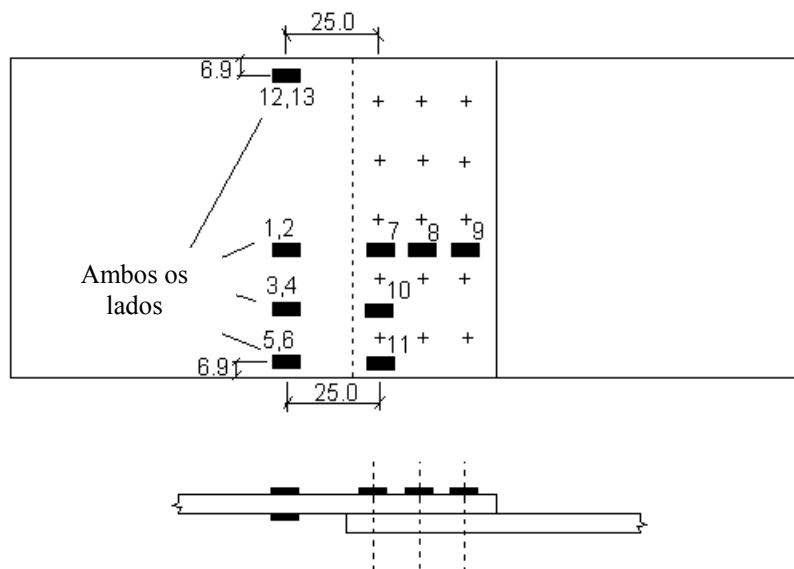


Figura 3.7 – Detalhe das posições e da numeração dos extensômetros no *cdp*.

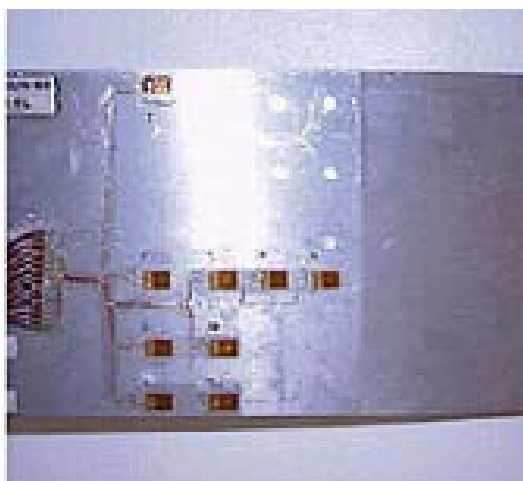


Figura 3.8 – Esquema da distribuição dos extensômetros na junta sobreposta.

Os extensômetros foram colados nas chapas como mostram as Figuras 3.7 e 3.8. Observando a representação esquemática da figura 3.7, as posições dos extensômetros de números 1, 2, 7, 8 e 9 foram usadas para medir as deformações longe da região de borda; os extensômetros de números 1, 3, 5, e 12 foram posicionados na fibra superior da chapa, enquanto os extensômetros 2, 4, 6 e 3 foram posicionados na fibra inferior, de maneira a comprovar flexão na junta; este efeito pode ser quantificado através das diferenças dos valores de deformação destes extensômetros.

### 3.4 Ensaio de fotoelasticidade

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Ensaios Mecânicos da Embraer – São José dos Campos. Para o ensaio fotoelástico da junta de topo, foi necessário o polarioscópio (Figura 3.9), cola refletora e de uma placa de fotoelasticidade (ou fotoelástica), com as seguintes características:

Tipo da placa: S-16

Fator K: 0,157

Espessura (t):  $20,574 \pm 0,002$  [mm]

A placa fotoelástica foi furada nas mesmas regiões e com as mesmas medidas dos diâmetros das cabeças dos rebites da junta. Foram tomados os devidos cuidados para não danificar os furos na placa fotoelástica e minimizar possíveis tensões residuais.

A placa fotoelástica foi colada com uma cola refletora no *cdp*, e este foi preso na máquina de testes universal, (Figura 3.10).

O ensaio fotoelástico se deu na mesma forma que o de tração monotônico, porém, uma luz polarizada foi incidida sobre a placa fotoelástica e esta refletiu através da cola refletora as deformações sofridas pelo *cdp* durante o carregamento. A luz depois de refletida pela cola, atravessa um filtro (Figura 3.11), no qual foi possível identificar as direções e as diferenças das tensões principais através das franjas isóclinas e isocromáticas, respectivamente.

Uma boa reprodução das deformações sofridas pelo *cdp* captada pela fotoelasticidade, depende da habilidade do técnico e principalmente da espessura da placa e da cola refletora usada.

O carregamento aplicado variou de 0 a 36000[N].



Figura 3.9 – Detalhe do polariscópio.

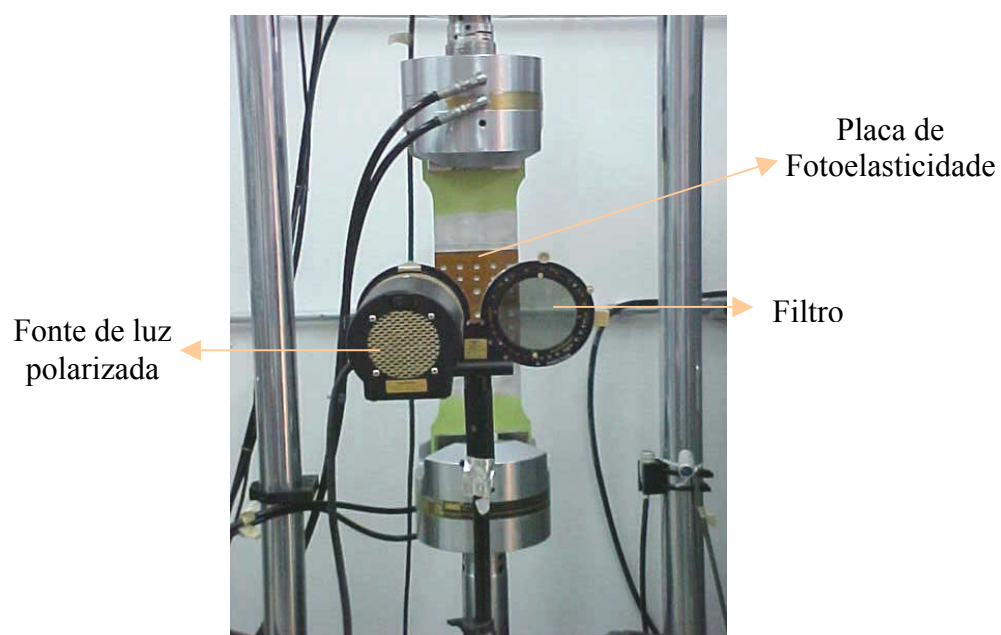


Figura 3.10 – *Cdp* da junta de topo na máquina de testes



Figura 3.11 – Luz polarizada sendo incidida sobre a placa fotoelástica.

Para obter os resultados de deformação da fotoelasticidade necessita marcar primeiramente os pontos de interesse no *cdp*, Figura 3.12.

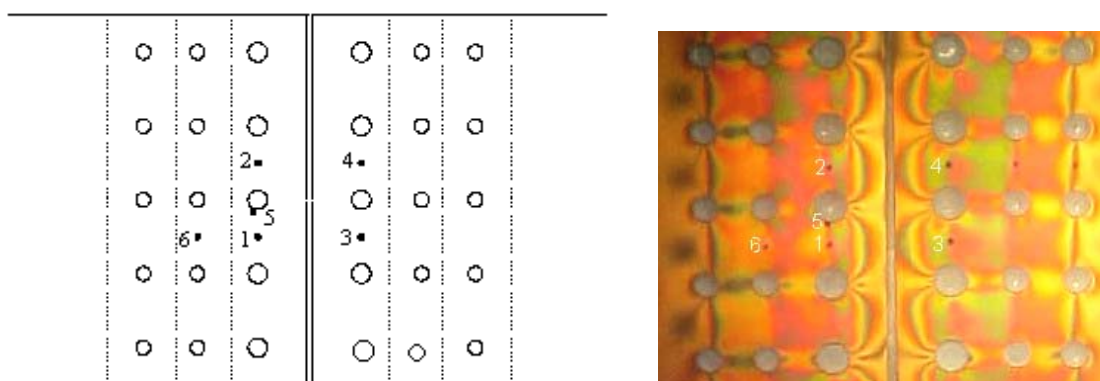


Figura 3.12 - Posição dos pontos no *cdp*.

Após marcar a posição dos pontos de interesse, a luz polarizada incide através das lentes do polarioscópio e formam-se as franjas isóclinas na placa fotoelástica para localizar a direção das tensões principais, Figura 3.13. Neste caso as franjas isóclinas são representadas por uma larga faixa escura. Depois da leitura da direção das tensões principais, é preciso remover as franjas



isóclinas (girando o pino A no sentido anti-horário) para a visualizar as franjas isocromáticas (Figura 3.14).

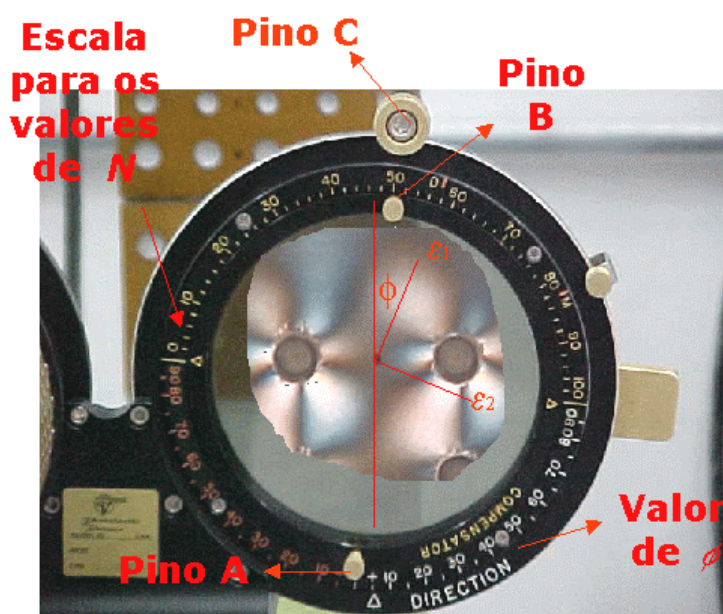


Figura 3.13 - Detalhe das franjas isoclínicas e da direção das tensões principais.

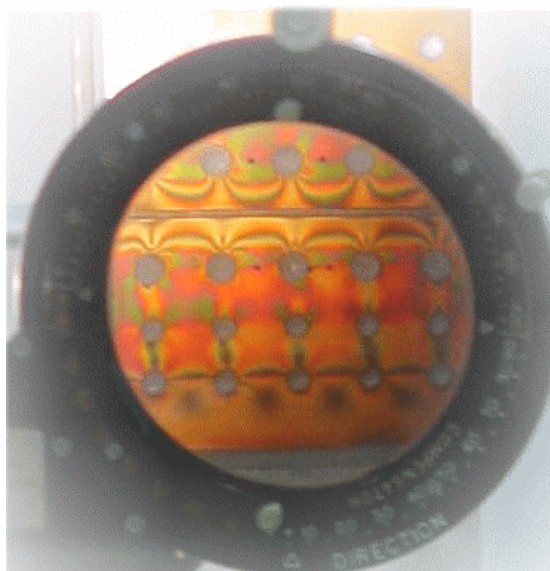


Figura 3.14 - Detalhe das franjas isocromáticas.

Para obter o valor da tensão no ponto de interesse, é necessário que a franja esteja sobre ele. Se a franja não estiver no ponto de interesse, move-se o

pino B (Figura 3.13) até atingi-lo. O valor da ordem de franja ( $N$ ) é dado pela escala em amarelo no polariscópio (Figura 3.13). O resultado final do valor da ordem é dado também pelo sentido do giro do polariscópio, por exemplo, se a franja nº 1 for deslocada até o ponto de interesse, movendo-se o pino B no sentido horário, então a ordem de franja naquele ponto é dada pelo valor obtido na escala amarela mais um, referente à franja nº 1; se o pino B for deslocado no sentido anti-horário, então subtrai-se o valor obtido na escala amarela do nº 1. A ordem de franja é dada pela Figura 2.5 (Capítulo 2).

A Figura 3.15 mostra a franja isocromática nº 1 deslocada nos pontos 1, 2 e 5, a região entre os rebites do *cdp*.

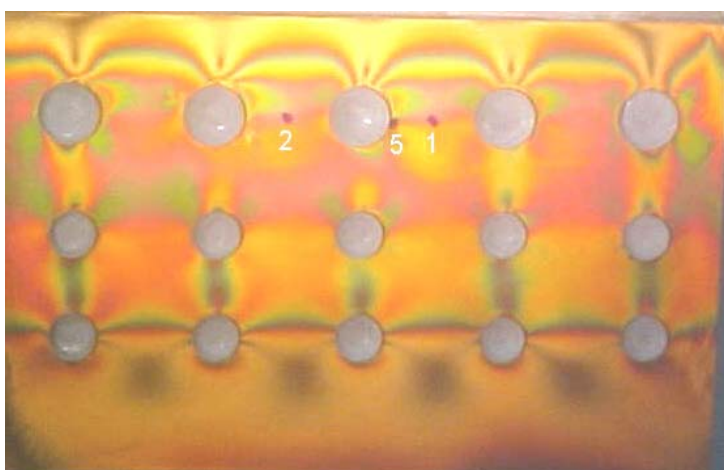


Figura 3.15 - Franja isocromáticas sobre os pontos de interesse.

O resultado da análise da fotoelasticidade mostra o perfil das tensões ao redor dos furos rebitados e desta forma, auxilia na simulação das juntas rebitadas indicando qual a melhor forma de modelar os rebites.



## CAPÍTULO 4

### 4. MODELAGEM DAS JUNTAS SOBREPOSTA E DE TOPO

Para a realização da modelagem das juntas sobreposta e de topo, é necessário um *software* de elementos finitos. Nesta Dissertação foi utilizado o *software ANSYS 6.0*.

O *ANSYS* oferece duas opções para a criação de modelos: a primeira opção é utilizando um arquivo de texto com as linhas de comando; a segunda opção é utilizando as barras de ferramentas. A escolha de qual opção usar depende do usuário. Nesta Dissertação é mostrada criação do modelo numérico através das barras de ferramentas.

#### 4.1 Modelagem da junta sobreposta

A Figura 4.1 mostra as dimensões do modelo da junta sobreposta. Para efeito de modelagem é desconsiderado o tamanho da região presa pelas garras, 40 milímetros no sentido longitudinal para cada garra.

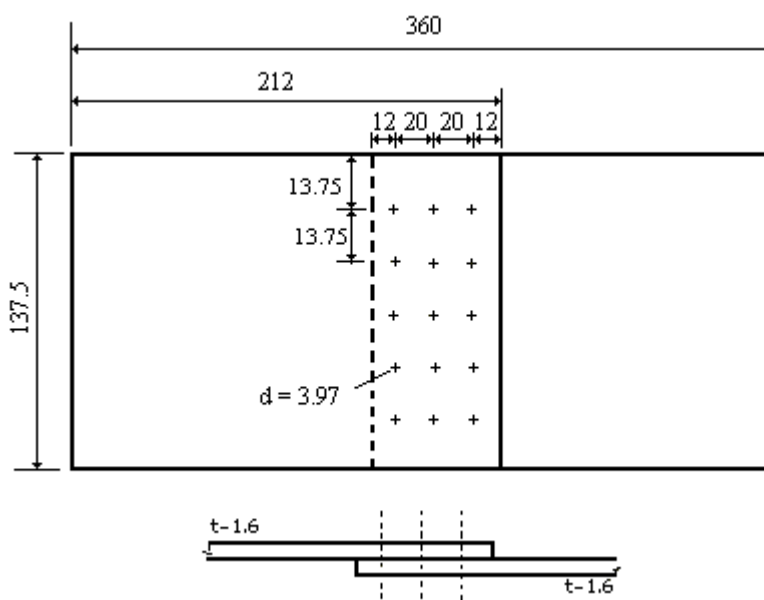


Figura 4.1 – Dimensões do modelo numérico da junta sobreposta (medidas em milímetros).

O sistema de coordenadas adotado para a simulação é mostrado na Figura 4.2.

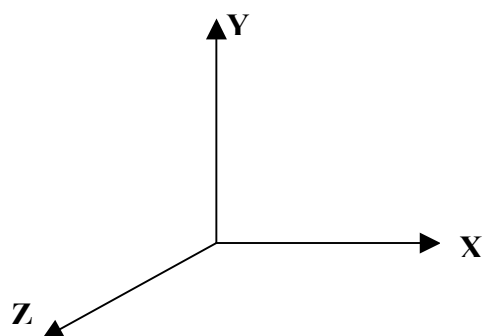


Figura 4.2 – Sistema de coordenadas adotado para as simulações.

A modelagem da junta sobreposta foi iniciada com a divisão das chapas em áreas, como ilustra a Figura 4.3.

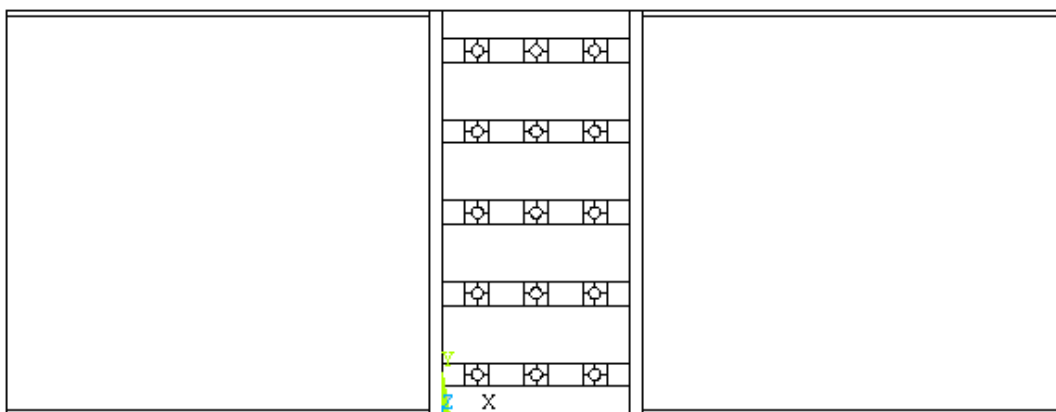


Figura 4.3 – Detalhe das áreas do modelo numérico da junta sobreposta.

Primeiramente foram criadas as áreas da região sobreposta, sem os furos, como ilustra a Figura 4.4.

*Preprocessor > Modeling > Create > Áreas > Rectangle > By Dimension >> OK.*

A Figura 4.5 ilustra a seqüência de comandos usados para a criação de áreas.

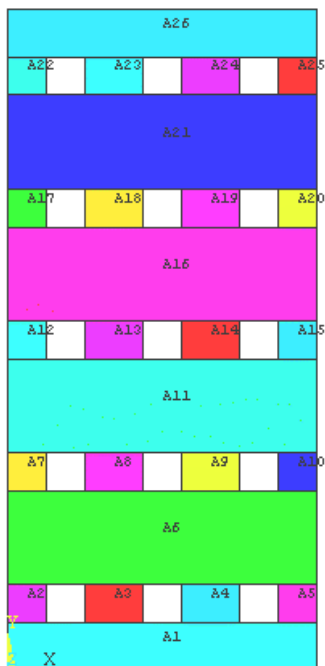


Figura 4.4 – Detalhe das áreas da região sobreposta sem os furos.

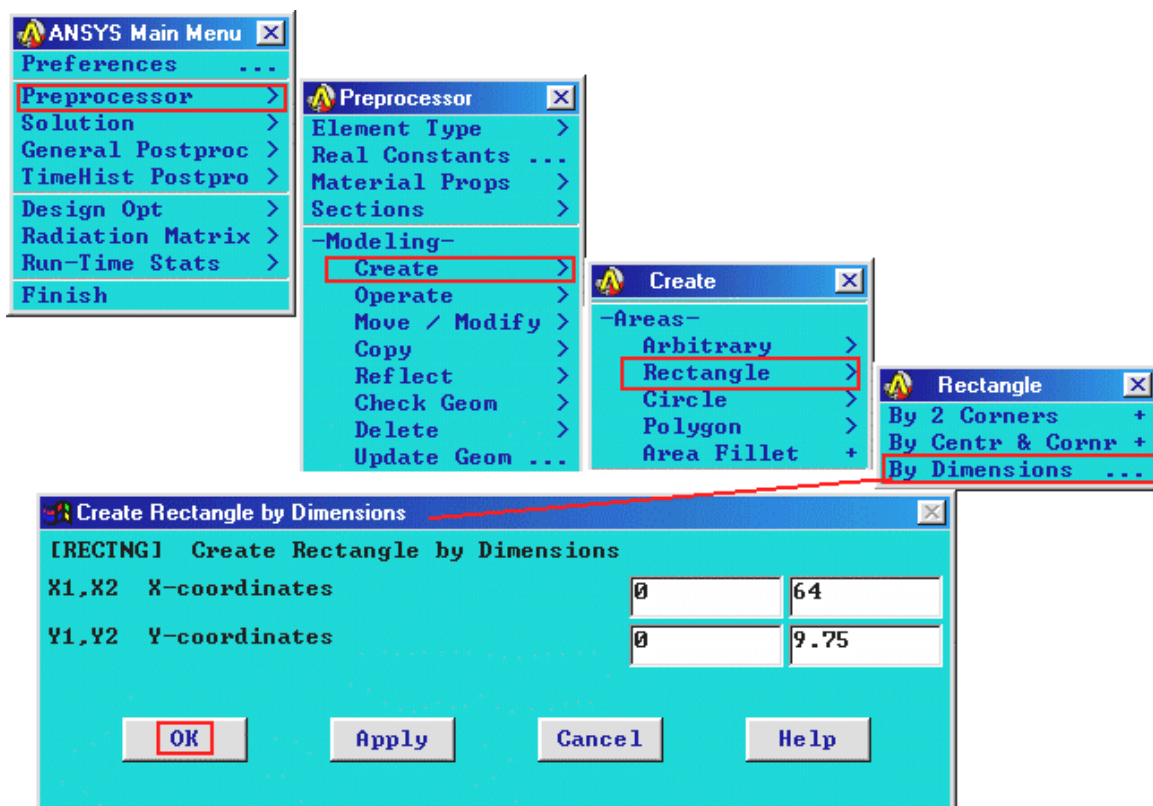


Figura 4.5 – Seqüência de comandos para criação de áreas no ANSYS utilizando as barras de ferramentas.

Observa-se que ainda não foram criadas as áreas dos furos.

A criação das áreas dos furos necessita de mudar o sistema de coordena local que, inicialmente tem a mesma origem que o sistema de coordenada global em 0,0,0. Para mudar as coordenadas do sistema de coordenada local de 0,0,0 para 8,9.75,0, que são as novas coordenadas para as áreas dos furos, utiliza os seguintes comandos:

*Workplane> Offset WP to> XYZ Locations >> 8,9.75 >> OK.*

A Figura 4.6 mostra a seqüência de comandos para a mudança das coordenadas do sistema de coordenada local.

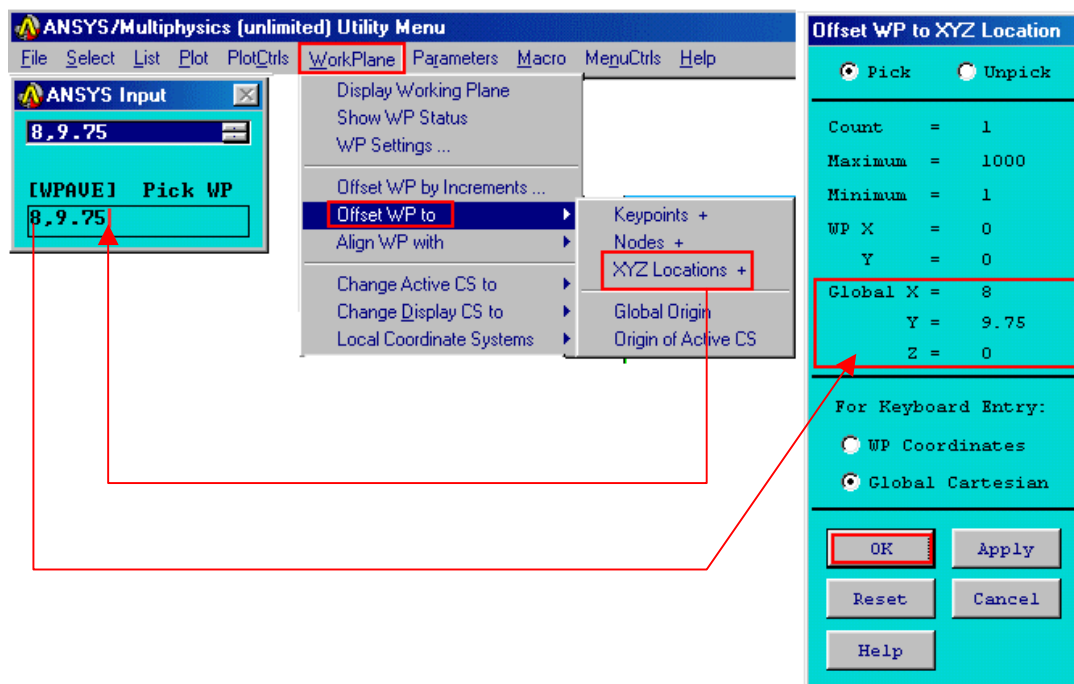


Figura 4.6 – Seqüência de comandos para criação do novo sistema de coordenada local.

A Figura 4.7 ilustra a posição do novo sistema de coordenada local.

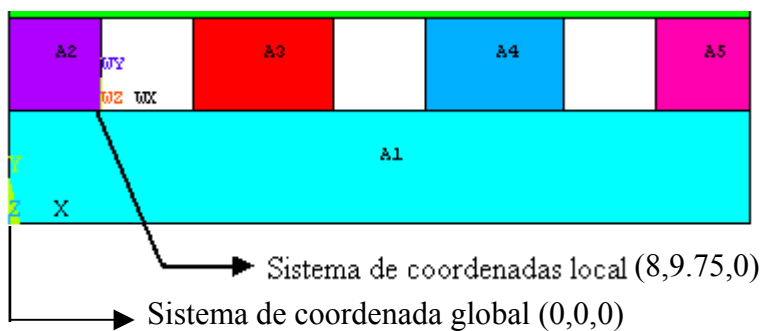


Figura 4.7 – Detalhe da posição do sistema de coordenada global e local.

Depois de acertada as novas coordenadas do sistema de coordenada local, é possível criar a “área base” para o furo, como mostra a Figura 4.8 e a seqüência de comandos abaixo:

*Preprocessor > Modeling > Create > Áreas > Rectangle > By Dimension >> 0,4,0,4 >> OK.*

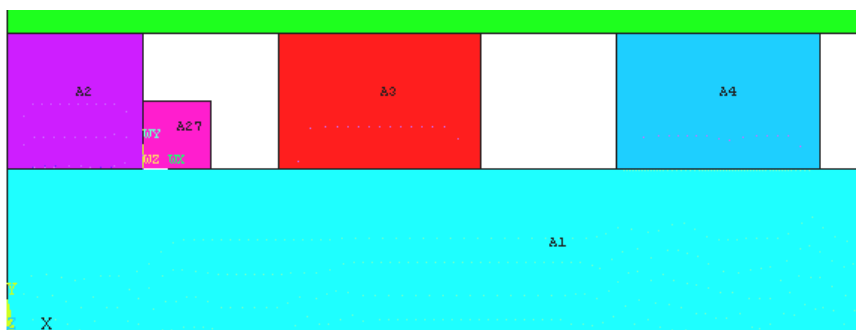


Figura 4.8 – Detalhe da “área base” para o furo

Para criar a área circular com a dimensão do raio do furo, é necessário mudar novamente o sistema de coordenada local para o centro do furo, utilizando a seguinte seqüência de comandos:

*Utility Menu > Workplane > Offset WP to > XYZ Locations >> 4,4 >> OK*

A Figura 4.9 ilustra a seqüência de comandos para a criação da área circular.

*Preprocessor* > *Modeling* > *Create* > *Áreas* > *Circle* > *By Dimension* >> 1.985 >> *OK*.

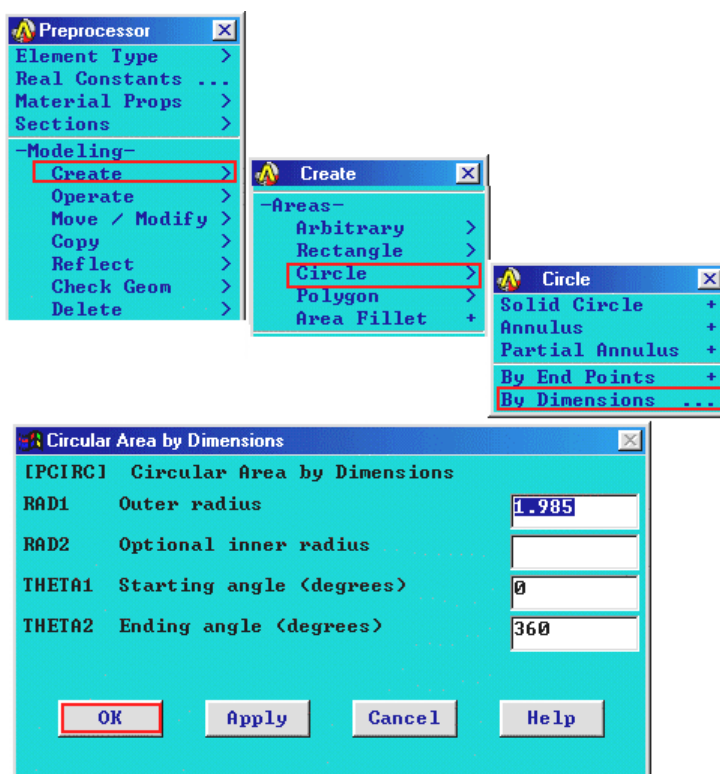


Figura 4.9 – Seqüência de comandos para criação da área circular com o raio do furo.

A Figura 4.10 mostra o detalhe da área circular e do sistema de coordenada local.

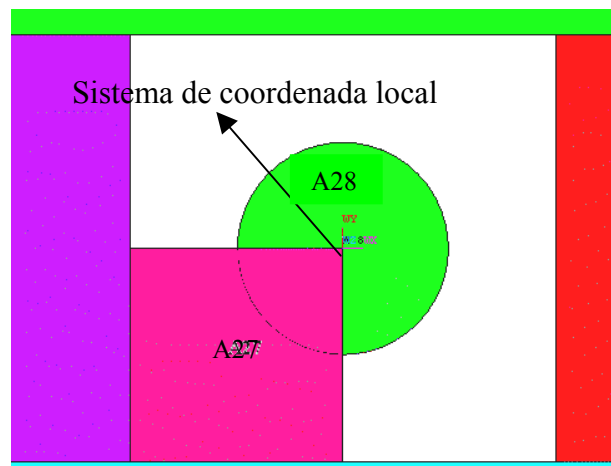


Figura 4.10 – Detalhe da área circular e do sistema de coordenada local.

Para criar a área referente ao furo, subtrai-se a área circular n°28 da área quadrada n°27. A Figura 4.11 ilustra a seqüência de comandos para subtração de áreas.

*Preprocessor > Operate > Subtract > Áreas >> 27,28 >> OK.*

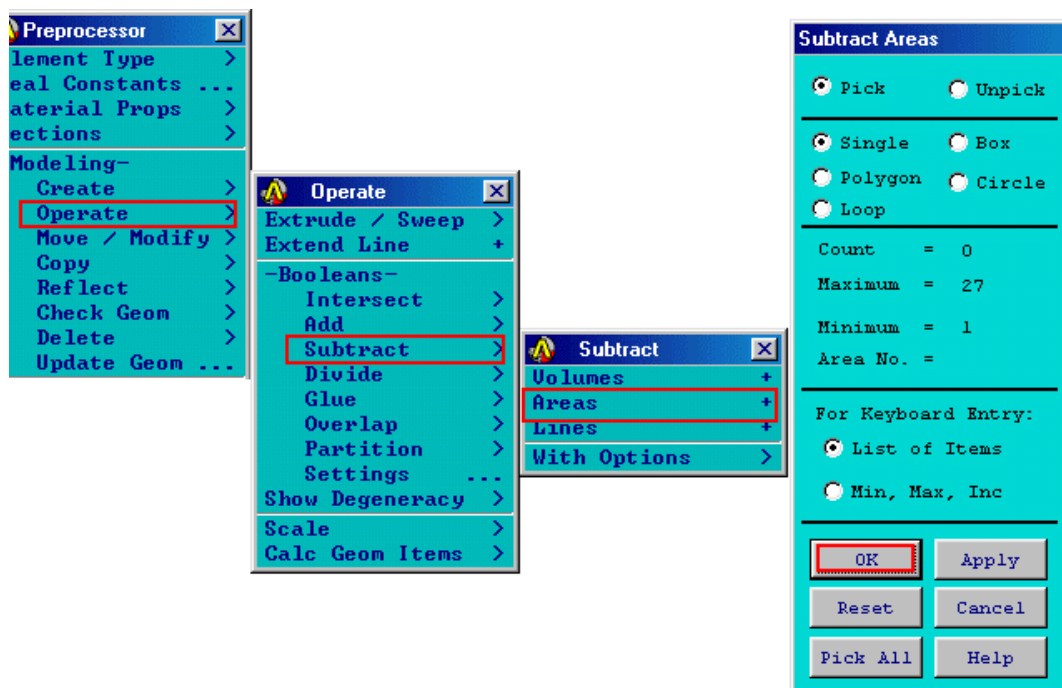


Figura 4.11 – Seqüência de comandos para subtrair áreas.

A Figura 4.12 mostra o detalhe da subtração das áreas 27 e 28, formando a nova área 29.

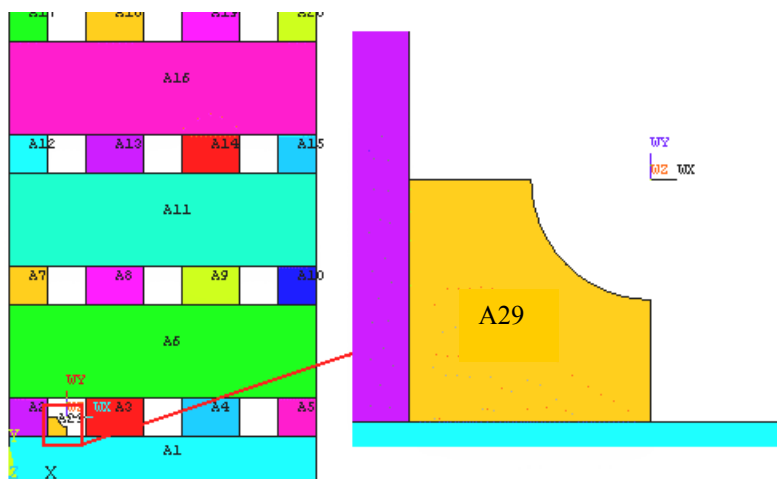


Figura 4.12 – Detalhe da subtração das áreas n° 27 e n° 28 gerando a nova área n°29.

Foi criado apenas  $\frac{1}{4}$  do furo, para completá-lo, necessita ativar o sistema de coordenada do “*work plane*” (Figura 4.13), para criar as áreas simétricas à área n° 29 e com relação ao sistema de coordenada local. A seqüência de comandos para ativar o “*work plane*” é:

*Utility Menu*> *WorkPlane*> *Change Active CS to*> *Working plane*.

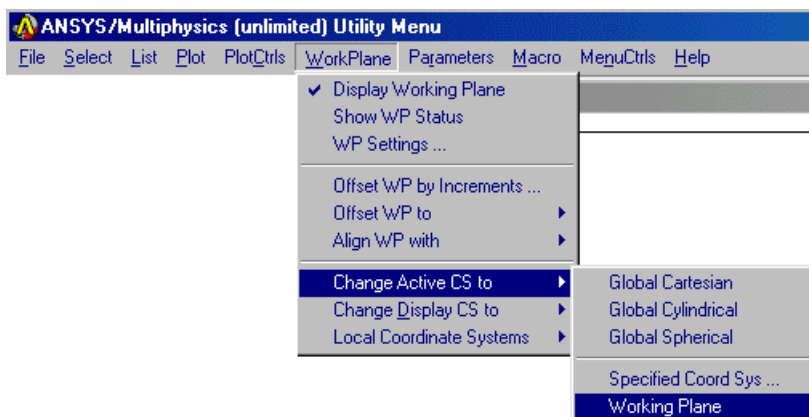


Figura 4.13 – Detalhe da ativação do sistema de coordenada local através do “*work plane*”.



Depois de ativado o “*work plane*”, pode-se criar as áreas simétricas à área 29. A Figura 4.14 mostra a seqüência de comandos para refletir a área 29 com relação ao plano X e ao plano Y.

*Preprocessor > Reflect > Áreas >> 29 >> Y-Z Plane X >> Apply... Áreas >> 29 >> X-Z Plane Y >> Apply... Áreas >> 29, 27 >> X-Z Plane Y >> Apply.*

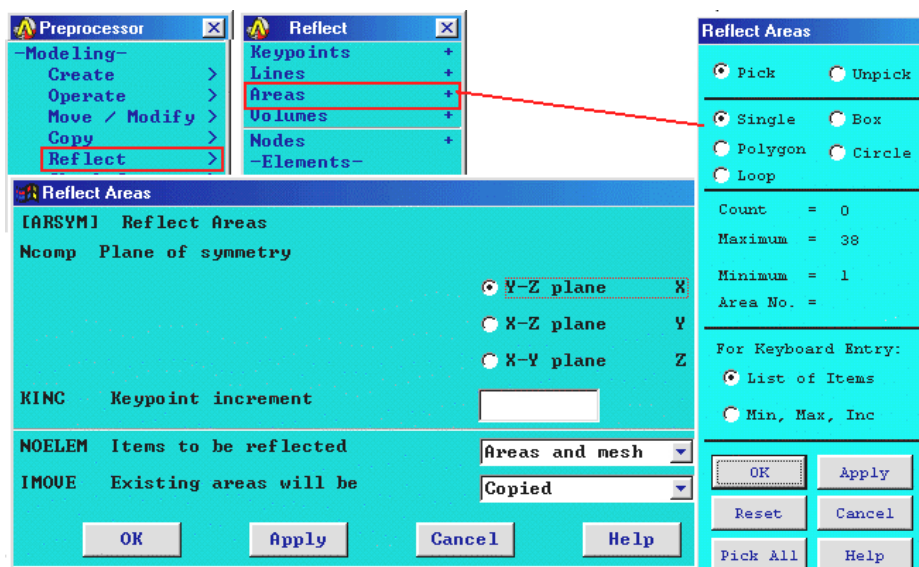
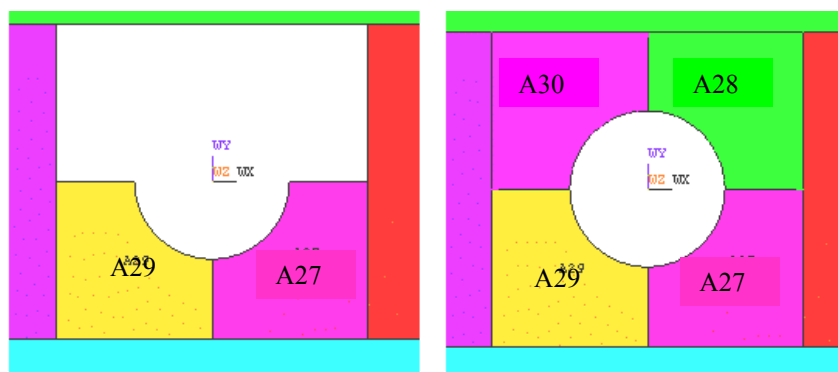


Figura 4.14 –Detalhe dos comandos para gerar áreas simétricas com o plano X.

As novas áreas criadas estão mostradas a Figura 4.15.



(a) simetria no plano X

(b) simetria no plano Y.

Figura 4.15 – (a) Detalhe da área n°27 criada por simetria com o plano X. (b) Detalhe das áreas n°28 e n°30 criadas por simetria com o plano Y.

Depois de completar as áreas que formam o furo, desativa-se o sistema de coordenada do “*work plane*” e copiam-se as áreas nº 27,28,29 e 30 para todos os outros furos (Figura 4.16):

*Utility Menu*> *WorkPlane*> *Change Active CS to*> *Global Cartesian*.

*Preprocessor*> *Copy*> *Área*>>27,28,29,30 (áreas selecionadas)>>3 (número de cópias)>> 20 (distância entre as cópias)>>*OK* .

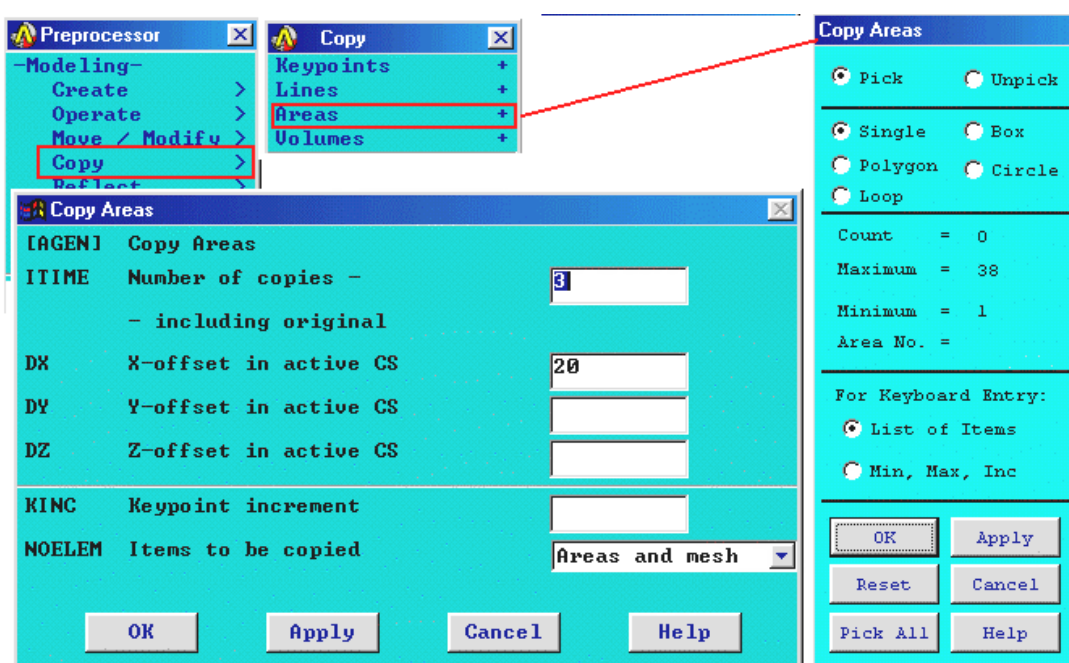


Figura 4.16 – Sequência de comandos para criação para copiar as áreas nº27,28,29 e 30 para todos os outros furos.

A Figura 4.17 mostra o detalhe de todas as áreas criadas que formam a região sobreposta da chapa inferior.

Depois de criar todas as áreas da região sobreposta inferior, seleciona todas as áreas e as copia para formar a região sobreposta superior, utilizando seqüência anterior de comandos, com a distância de 1.6 da direção Z.

*Preprocessor*> *Copy*> *Área*>> 1,86,1>> 2>> 1,86,1>>0,0,1.6 >>*OK*.

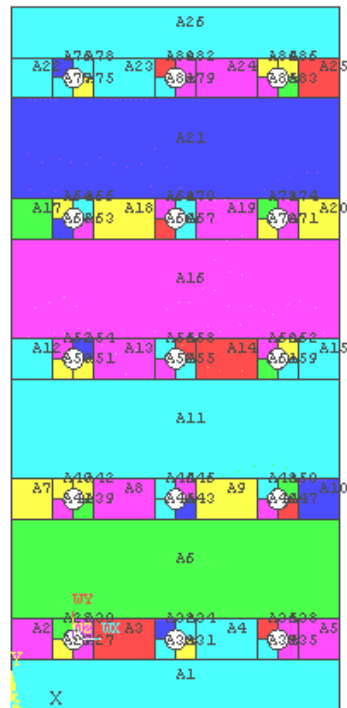


Figura 4.17 – Detalhe de todas as áreas que formam a região sobreposta da chapa inferior.

Para facilitar a cópia das áreas sobreposta, muda-se o sistema de coordenada local para a origem do sistema de coordenada global (Figura 4.18):

*Utility Menu > WorkPlane > Offset WP to > Global origin.*

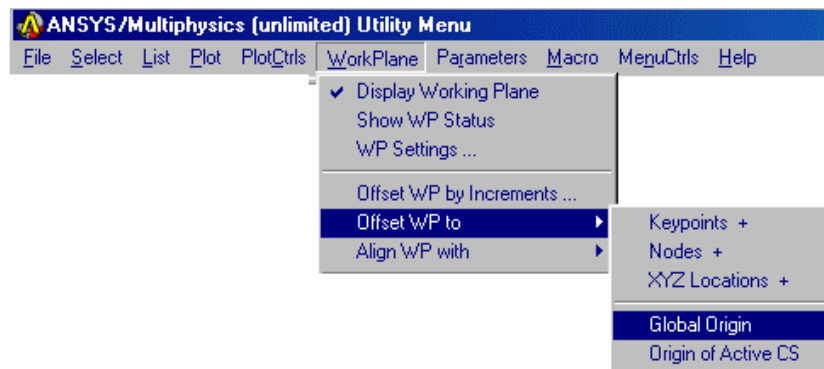


Figura 4.18 – Mudança do sistema de coordenada local para a origem do sistema de coordenada global.

Depois de criadas as áreas da região sobreposta, cria-se as áreas das chapas não sobrepostas:

*Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Rectangle > By Dimension >> OK.*

A Figura 4.19 mostra todas as áreas do modelo numérico da junta sobreposta e o detalhe da região sobreposta.

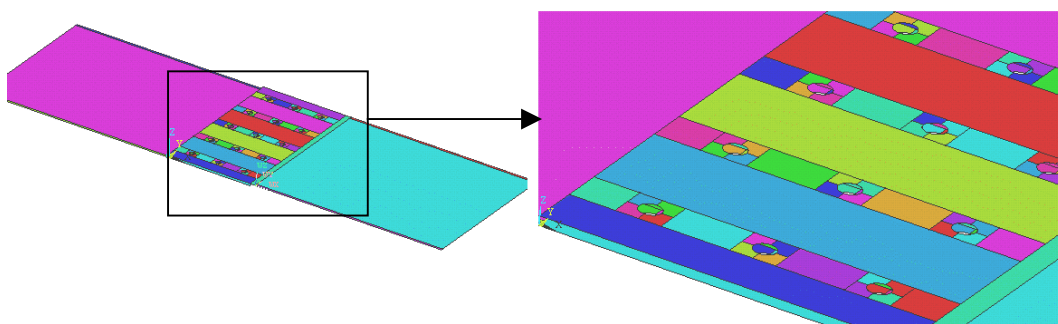


Figura 4.19 – Detalhe das áreas da junta sobreposta.

Depois de todas as áreas criadas, é necessário colocar a malha nas áreas. Foi escolhida uma malha mapeada com elementos quadrangulares, para facilitar as leituras dos resultados de deformação nos pontos equivalentes às posições dos extensômetros no *cdp* da junta sobreposta.

Antes de se fazer a malha, há necessidade de alguns ajustes nas áreas dos furos, pois estas áreas são consideradas irregulares para o *ANSYS*. A utilização da malha mapeada nestas regiões necessitou do artifício de concatenar as linhas destas áreas para, o programa compreender estas áreas como sendo regulares e, assim, poder gerar elementos quadrangulares.

A área com linhas não concatenadas é formada por cinco linhas e a área com linha concatenada apresenta três linhas como mostra a Figura 4.20.

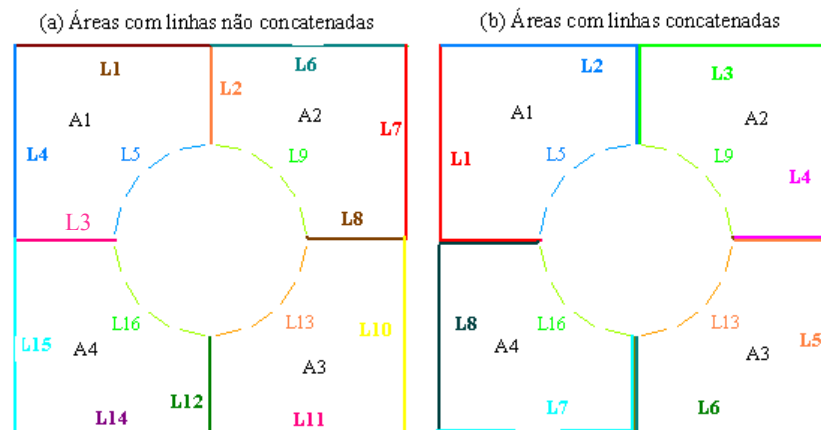


Figura 4.20 – Detalhe das (a) áreas com linhas não concatenadas e (b) áreas com linhas concatenadas.

Para concatenar as áreas irregulares, são utilizadas apenas as linhas contínuas mostradas na Figura 4.20. A seqüência de comandos para concatenar linhas é:

*Preprocessor> Concatenate> Lines>> OK.*

A Figura 4.21 mostra os comandos da barra de ferramenta para execução do comando “Concatenate”.

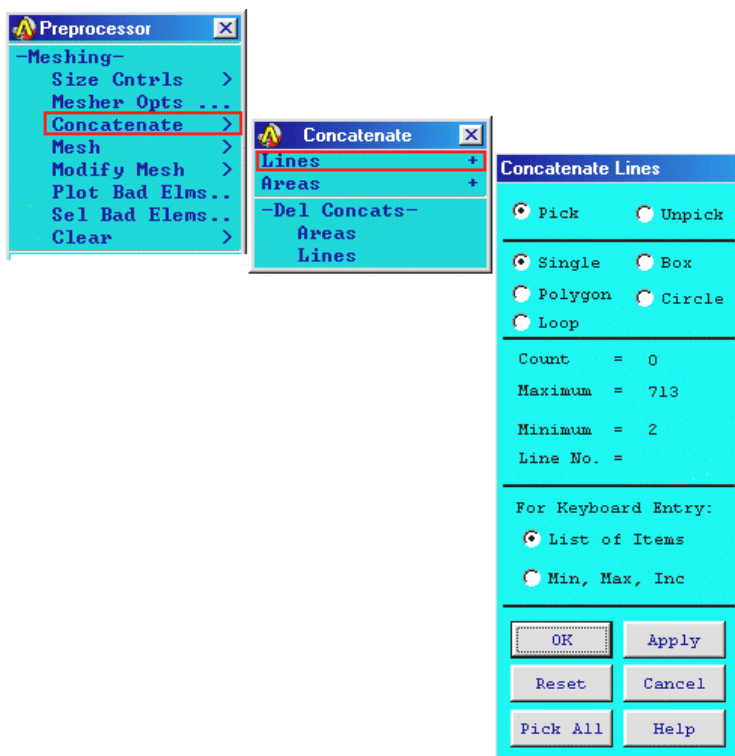


Figura 4.21 – Seqüência de comandos para criação para concatenar as linhas das áreas irregulares.

Depois de concatenar todas as áreas dos furos das chapas inferiores e superiores, pode-se então fazer a malha mapeada no modelo numérico.

O primeiro passo para fazer a malha é definir o material das chapas:

*Preprocessor> Material Props> Constant – Isotropic...> Isotropic Material Properties>> 1>> Isotropic Material Properties>>...> OK.*

A Figura 4.22 ilustra a seqüência de comandos para definir o material.

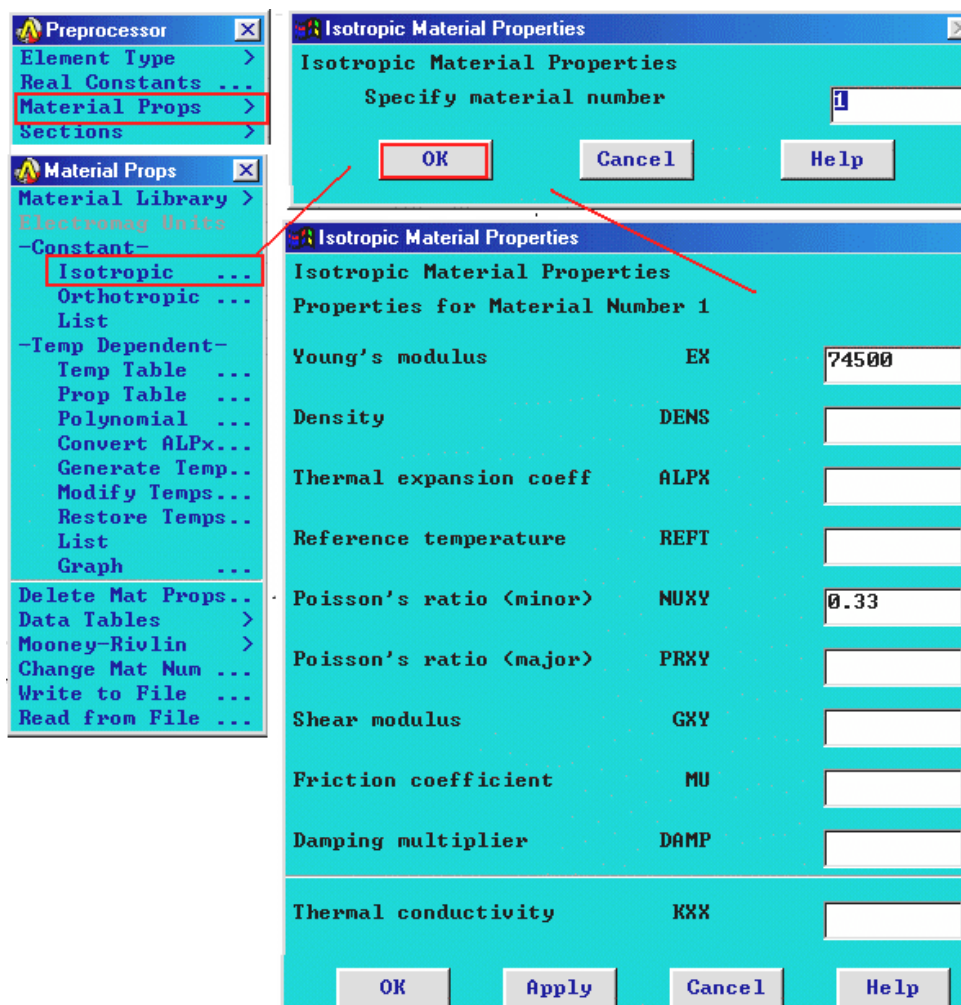


Figura 4.22 – Seqüência de comandos para a criação do material das chapas.

O segundo passo é selecionar elemento utilizado para a malha das chapas:

*Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delet... > Element Type >> Library of Element Type >> Strucral SHELL >> Elastic 4 nodes 63 > OK > Element Type > Close.*

A seqüência de comandos para a definição do elemento é mostrada na Figura 4.23.

Nesta Dissertação, o elemento definido é o elemento de casca *SHELL63* formado por quatro nós, (suas características estão descritas no Anexo A).

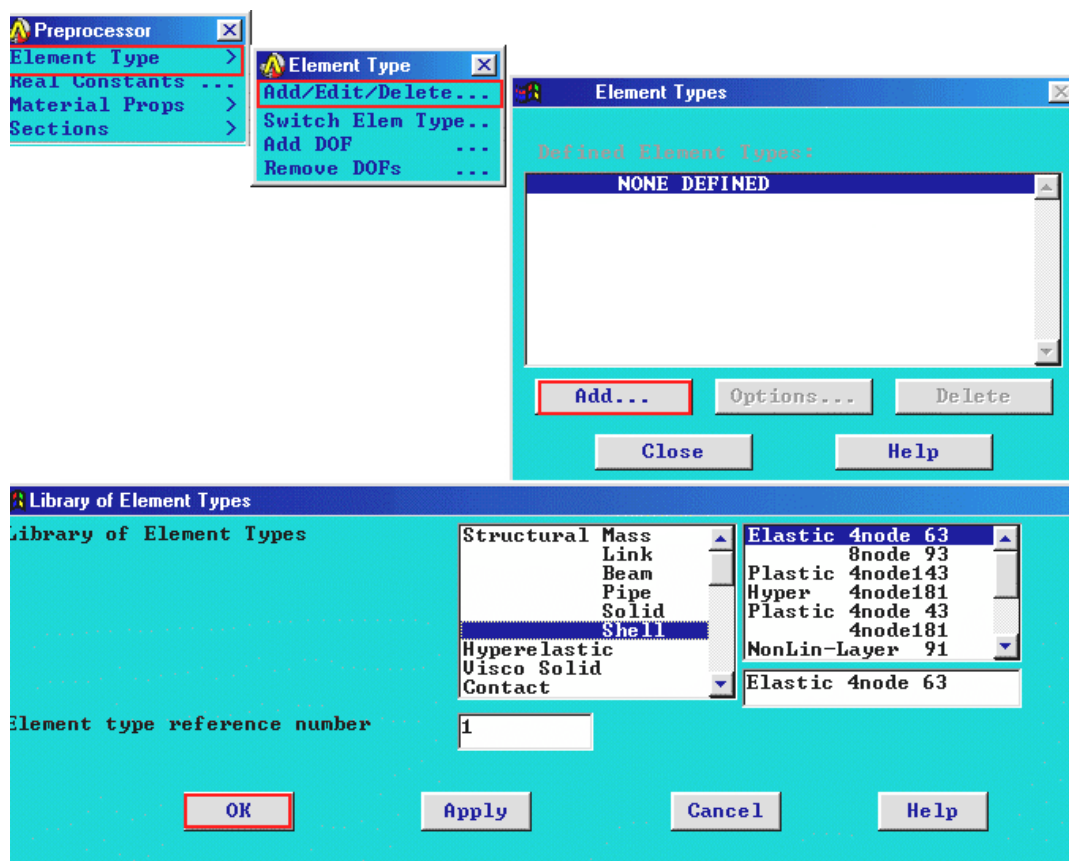


Figura 4.23 – Seqüência de comandos para a escolha do elemento da malha.

Depois de escolher o elemento da malha, é preciso informar quais as constantes do elemento, por exemplo, a espessura. Para isso deve-se proceder da seguinte maneira:

*Preprocessor> Real Constant...> Element Type for Real Constant> OK> Real Constant Set Number 1, for SHELL 63>> Shell thickness at node I Tk (I)>> 1.6 >> OK > Real Constant > Close.*

A Figura 4.24 mostra a seqüência de comandos para fornecer as constantes do elemento.



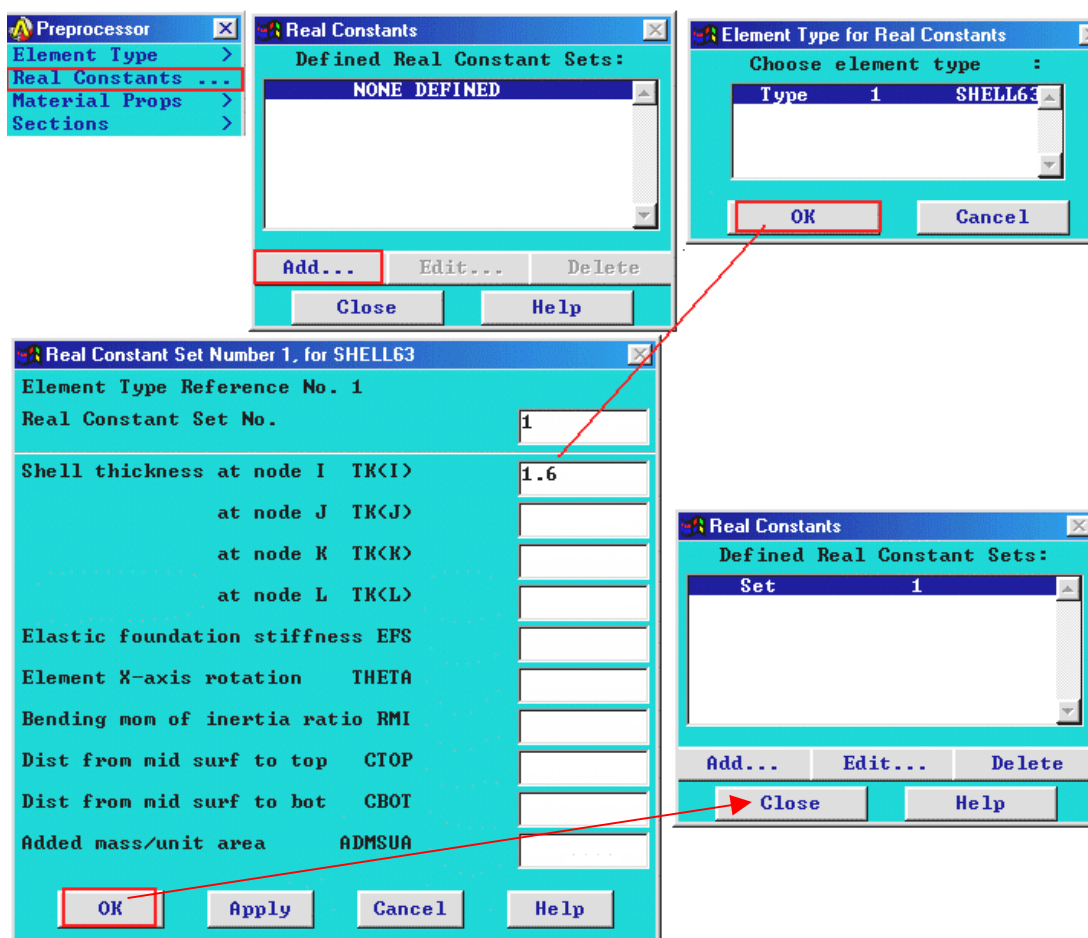


Figura 4.24 – Sequência de comandos para aplicação das propriedades do elemento *SHELL 63*.

A principal região de estudo é a área sobreposta. Nesta foram utilizados elementos com tamanho de 2 milímetros e na região não sobreposta, o tamanho dos elementos foi de 4 milímetros.

O objetivo de aumentar o tamanho da malha na região não sobreposta é facilitar a análise, diminuindo o número total de elementos e de nós, conseqüentemente diminuindo o tempo de solução.

Para gerar a malha automaticamente no modelo numérico da junta sobreposta, utilizou os seguintes comandos:

```
Preprocessor> MeshTool>> Smart Size>> 2>> Mesh Areas> Shape>>
Quad>> Mesher>> Map> Mesh>>Select area> OK.
```

A Figura 4.25 ilustra os comandos usados para a criação automática da malha.

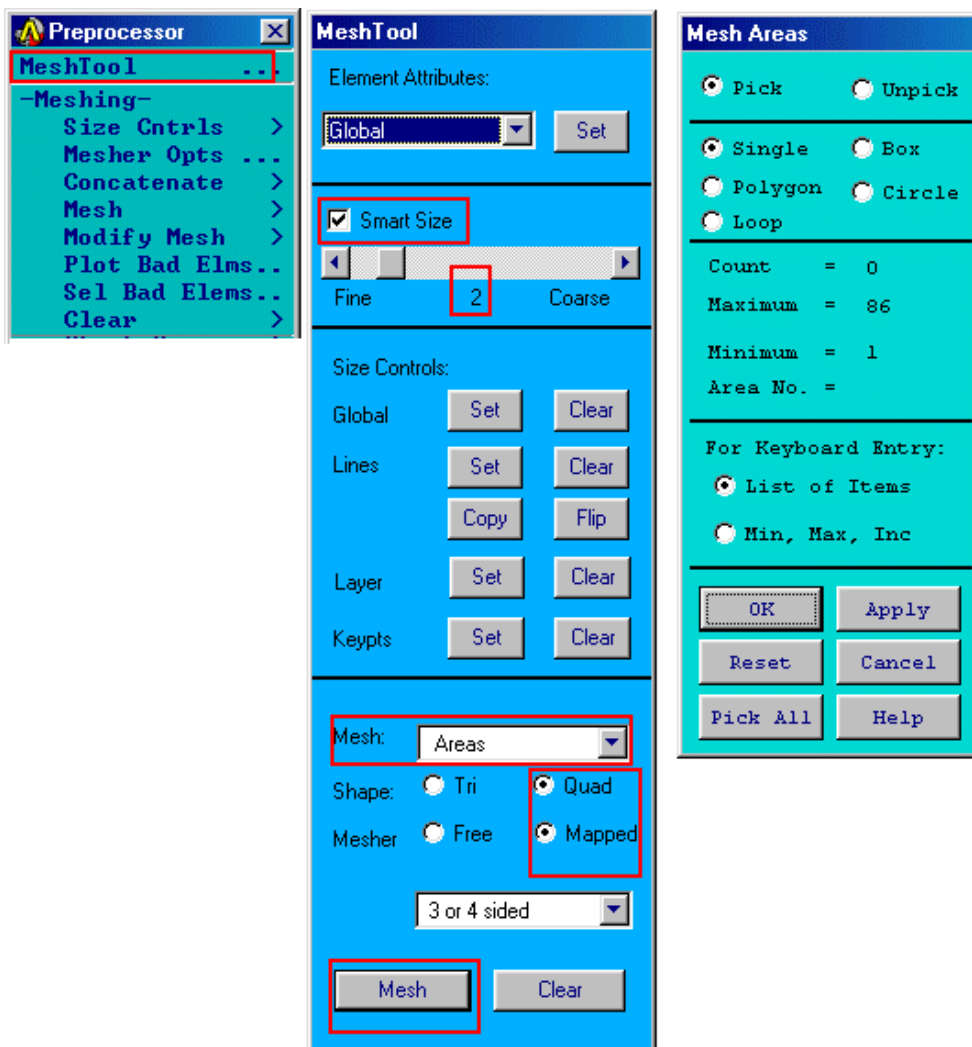


Figura 4.25 – Detalhe dos comandos usados para a geração automática da malha.

A Figura 4.26 mostra o modelo numérico com a malha pronta.

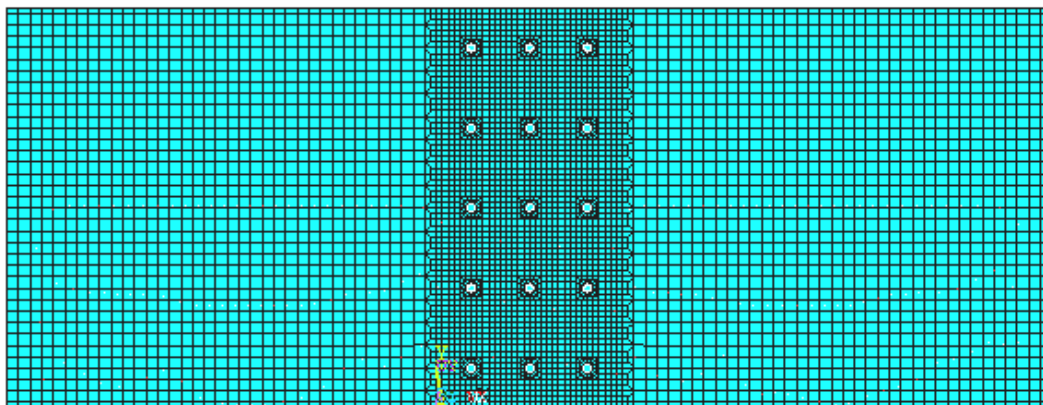


Figura 4.26 – Modelo numérico da junta sobreposta com malha mapeada.

Após gerar a malha em todas as áreas da junta sobreposta, é utilizado um comando chamado “*nummerg*”, que possui a função de “fundir” todas as entidades coincidentes, isto é, todas as entidades que tenham as mesmas coordenadas.

*Preprocessor*> *Numbering Control*> *Mergens Itens*> *all*> *OK*.

A Figura 4.27 ilustra este comando “*nummerg*”.

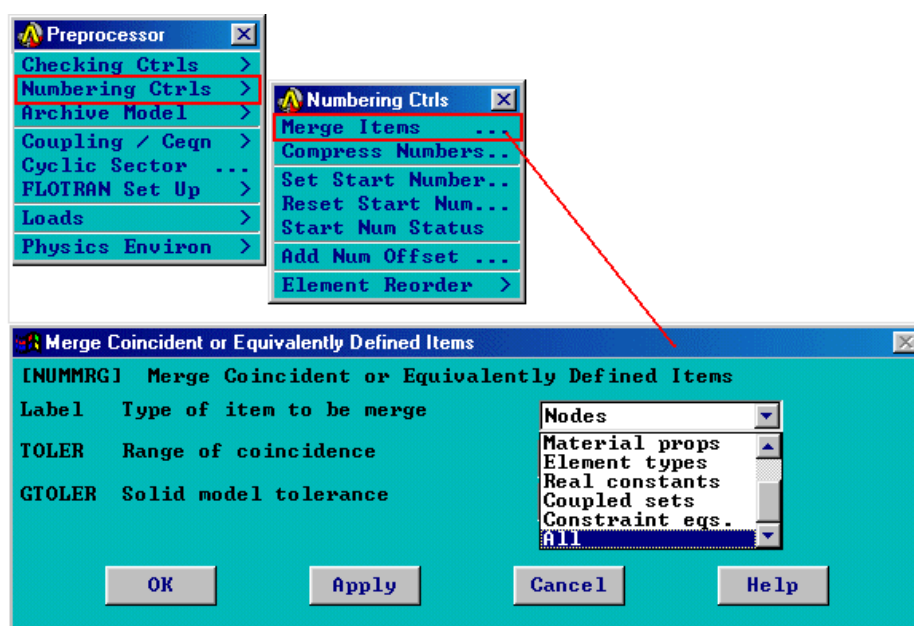


Figura 4.27 – Detalhe do comando “*nummerg*”.

O número total de elementos de casca *SHELL63* gerados na malha foi de 8724 e, o número total de nós foi de 9197.

## 4.2 Modelagem da junta de topo

A modelagem da junta de topo se processou da mesma forma que a junta sobreposta.

A Figura 4.28 mostra as dimensões do modelo da junta de topo. Para efeito de modelagem é simulada metade da junta, uma vez que apresenta simetria com relação ao plano Y e, também é desconsiderado o tamanho da região presa pelas garras, 40 milímetros no sentido longitudinal.

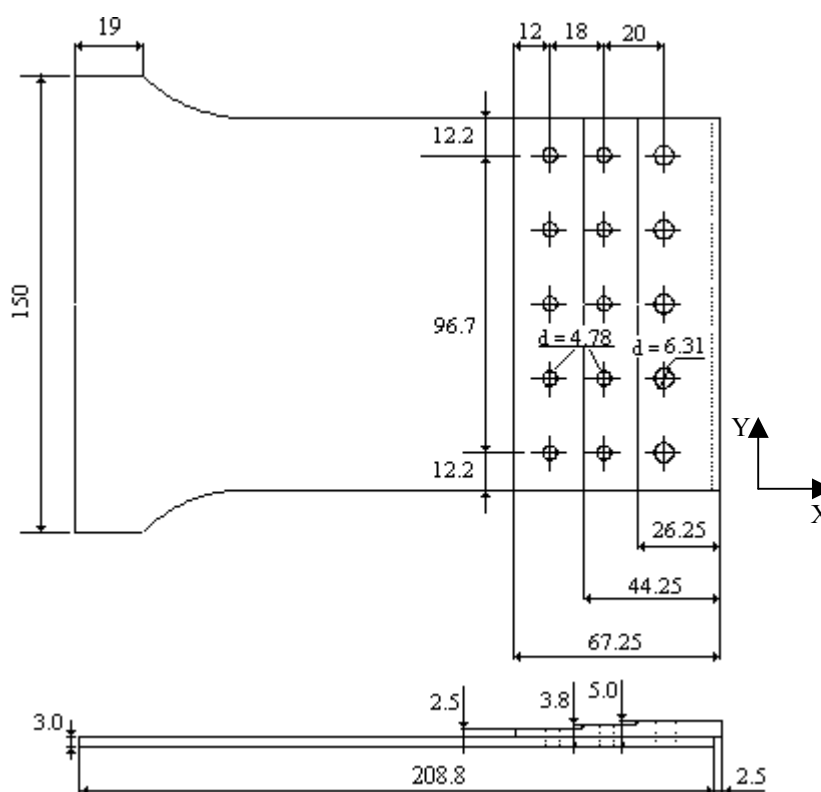


Figura 4.28 - Dimensões do modelo numérico da junta de topo (medidas em milímetros).

A diferença entre a modelagem junta sobreposta e de topo encontra-se no tipo do elemento utilizado na malha, sendo este elemento de casca

*SHELL93* formada por oito nós, (suas características estão descritas no Anexo A).

O número total de elementos de casca *SHELL93* gerado para a junta de topo foi de 2984 e, o número total de nós 9702.

Pode-se utilizar o elemento de casca com oito nós para as duas juntas estudadas, uma vez que quanto maior a quantidade de nós, maior será a precisão do resultado. Entretanto, devido a restrições das máquinas usadas para as simulações, a junta sobreposta apresentou um total de 9197 nós para o elemento *SHELL 63* (com quatro nós). Se fosse utilizado o elemento de casca *SHELL93* (com oito nós), o número de nós gerados seria de 23816 e não haveria recursos computacionais suficientes para processar este modelo.

### 4.3 Conexão chapa-rebite

Para fazer a conexão entre os furos das chapas e os rebites foram utilizados dois tipos de equações de restrições: equação de restrição do tipo rígido – *CERIG* e equação de restrição do tipo flexível – *RBE3*, Figura 4.29.

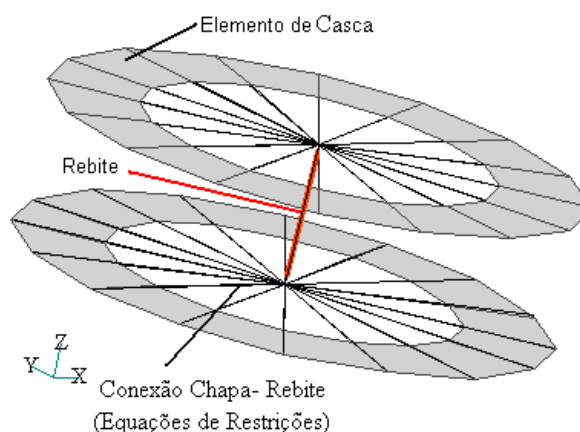


Figura 4.29 – Detalhe da conexão entre chapa e rebite.

Para avaliar qual a influência do tipo de conexão entre os rebites e os elementos de casca, foram modeladas quatro situações, (Figura 4.30), usando:

- 1º. *CERIG* em todo o furo do rebite;
- 2º. *CERIG* em meio furo do rebite na sua região de compressão;
- 3º. *RBE3* em todo o furo do rebite;
- 4º. *RBE3* em meio furo do rebite na sua região de compressão.

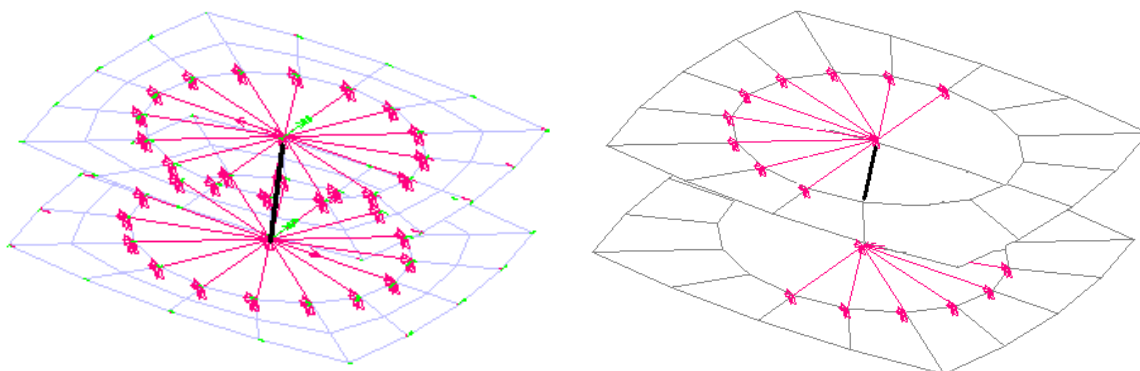
(a) *CERIG* ou *RBE 3* em todo furo(b) *CERIG* ou *RBE 3* em meio furo

Figura 4.30 – Detalhe da modelagem da conexão entre rebite e os elementos de casca. (a) *CERIG* ou *RBE 3* em todo furo; (b) *CERIG* ou *RBE 3* em meio furo.

A equação de restrição do tipo rígido - *CERIG* promove uma deformação por igual no furo, ou seja, por ser totalmente rígido. Os nós que circundam o furo se deformam todos com o mesmo deslocamento. A equação de restrição do tipo flexível – *RBE3* promove uma deformação proporcional à posição do nó no furo, isto é, a deformação é proporcional a um fator de interpolação (ou peso) que, depende do seno do ângulo onde se encontra o nó, como mostra a Figura 4.31.

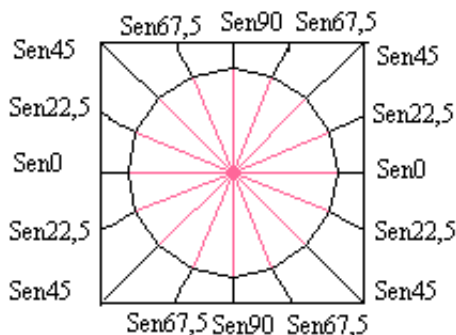


Figura 4.31 – Distribuição do fator de interpolação para o *RBE3*.

### 4.3.1 Equação de restrição do tipo rígido - *CERIG*

O comando *CERIG* cria uma região rígida, para isso são necessários selecionar um “nó mestre” e vários “nós escravos”, aplicando graus de liberdade que representam o problema simulado. A Figura 4.32 ilustra o “nó mestre” e os “nós escravos” para as equações de restrição *CERIG* e *RBE3* no furo.

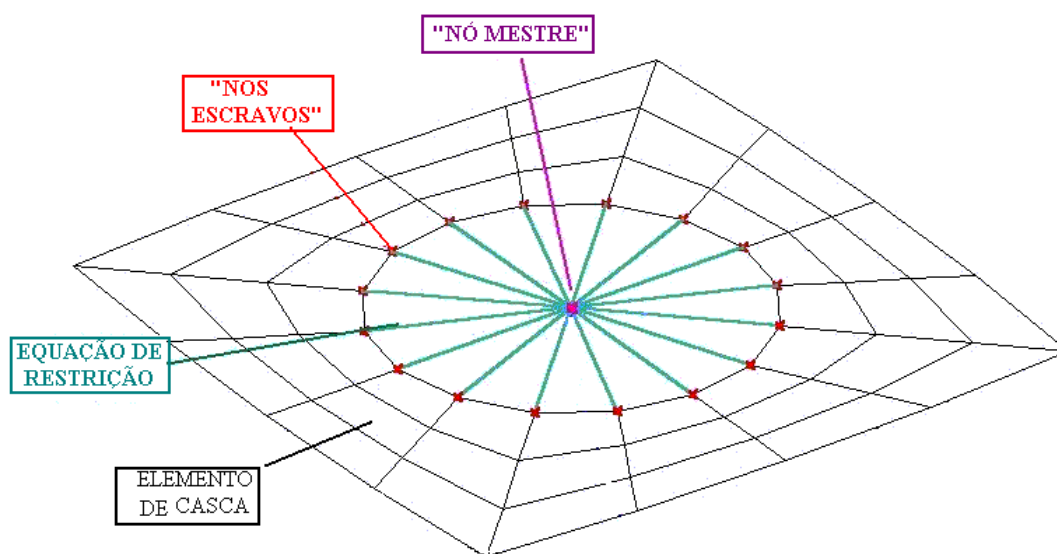


Figura 4.32 – Detalhe do “nó mestre” e dos “nós escravos” no furo.

A função do “nó mestre” é controlar o comportamento da região rígida. Em geral, os corpos rígidos possuem 6 graus de liberdade em 3 dimensões e 3 graus de liberdade em 2 dimensões. Conseqüentemente, o “nó mestre” deve ter um número de graus de liberdade apropriado para controlar os movimentos da região rígida, enquanto que os “nós escravos” só podem ter movimento de translação ou rotação, ou seja, podem ter no máximo 3 graus de liberdade.

O *CERIG* é uma equação de restrição e não um elemento, visto que não promove informações sobre os graus de liberdades estipulados. Para ativação dos graus de liberdade no “nó mestre”, é necessário criar um

elemento de massa (MASS21) neste nó. Desta forma o *ANSYS* compreende que para aquele nó, os graus de liberdades estão ativos. O valor da massa do elemento MASS21 normalmente é muito pequeno, da ordem de  $10^{-10}$ .

Os comandos para a criação do *CERIG* são:

*Preprocessor* > *Coupling/Ceqn* > *Rigid Region* >> *Select nodes* >> *DOF used with equation* > *OK*.

A Figura 4.33 mostra os comandos usados para a criação do *CERIG*.

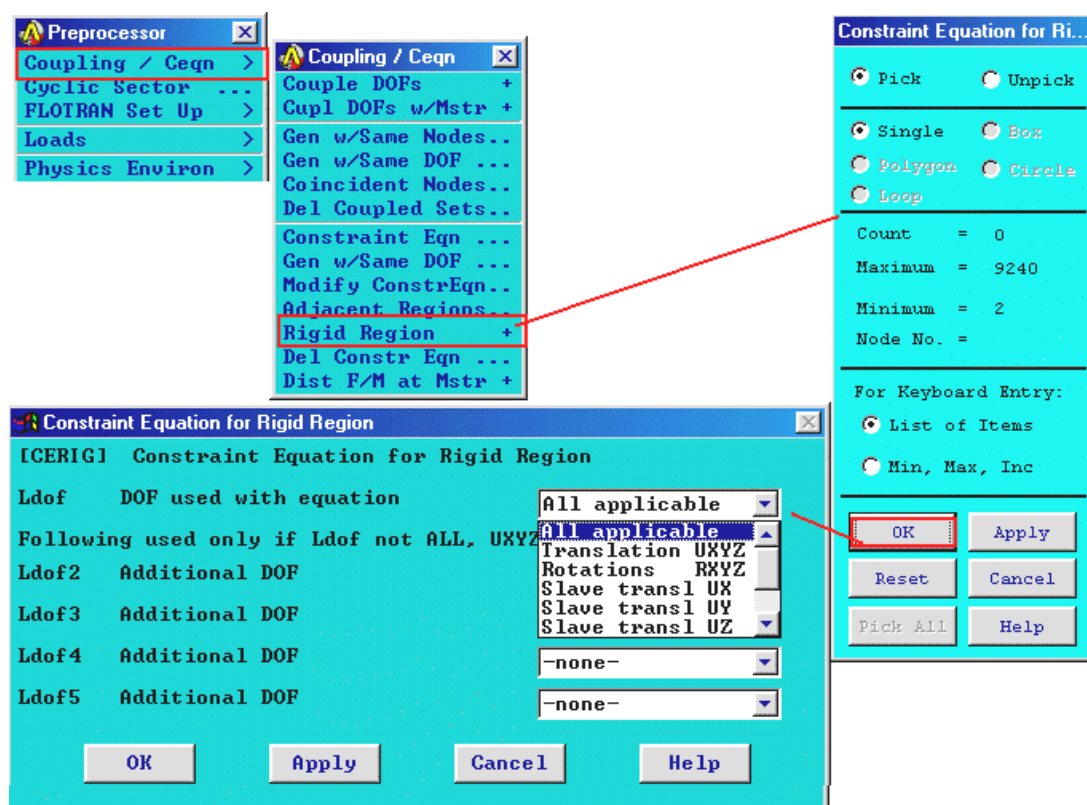


Figura 4.33 – Seqüência de comandos usados para a criação do *CERIG*.

### 4.3.2 Equação de restrição do tipo flexível - *RBE3*

A equação de restrição do tipo flexível – *RBE3* define o movimento do “nó mestre” como a média ponderada do movimento dos “nós escravos” e,



o carregamento é distribuído para os “nós escravos” de acordo com o valor do peso que é atribuído para cada nó.

O *RBE3* pode apresentar até seis graus de liberdade para o “nó mestre” e para cada “nó escravo”. A Figura 4.32 ilustra o “nó mestre” e os “nós escravos” para o *RBE3* dentro do furo.

A seqüência de comandos para o *RBE3* (Figura 4.34) é:

*Preprocessor*> *Coupling/Ceqn*> *DistF/M at Mstr*>> *Select nodes*>> *OK* > *Distribute Force/Moment at Master*>> *Select Master node...Degree of freedom label*>> *OK*.

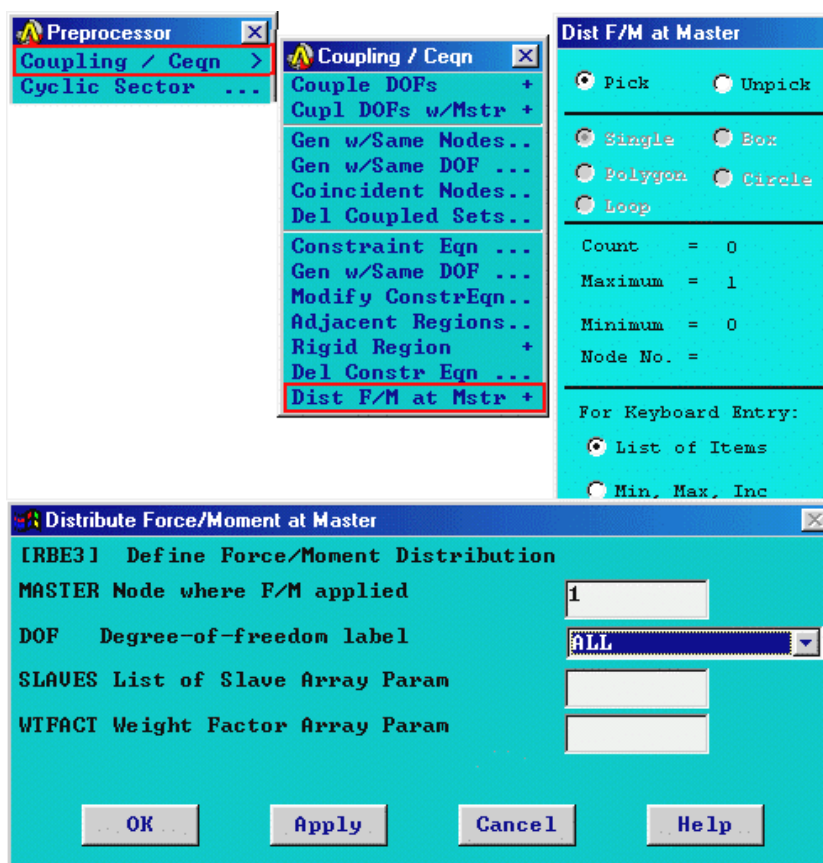


Figura 4.34 – Seqüência de comandos para o *RBE3*.

#### 4.4 Carregamento

Para reproduzir o carregamento que as garras da máquina de testes produz no *cdp* na condição de traça monotônica, foi usado o carregamento do tipo distribuído nos modelos numéricos das juntas sobreposta e de topo.

Para sua simulação, foram usadas equações de restrições do tipo rígido – *CERIG*, como ilustra a Figura 4.35.

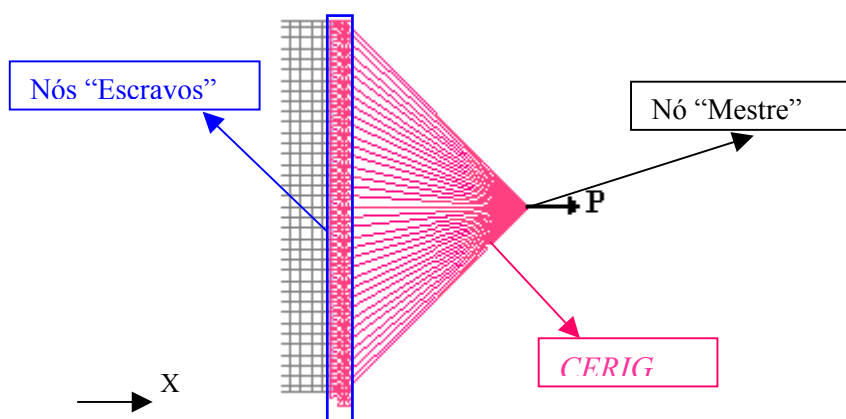


Figura 4.35 – Representação do carregamento distribuído feita por *CERIG*.

#### 4.5 Condições de contorno

##### 4.5.1 Condições de contorno para a junta sobreposta

A junta sobreposta foi submetida ao ensaio de tração monotônica. Para simular este ensaio, foi necessário impor ao modelo numérico as seguintes condições de contorno:

- 1- Para simular o deslocamento na direção X da máquina de teste, uma extremidade do modelo numérico foi restringida nas translações Y, Z e, nas rotações das direções X, Y e Z
- 2- Para simular o engaste da máquina de teste, a outra extremidade do modelo numérico foi restringida nas translações X, Y e Z e nas rotações das direções X, Y e Z

A Figura 4.36 ilustra as duas condições de contorno para a junta sobreposta.

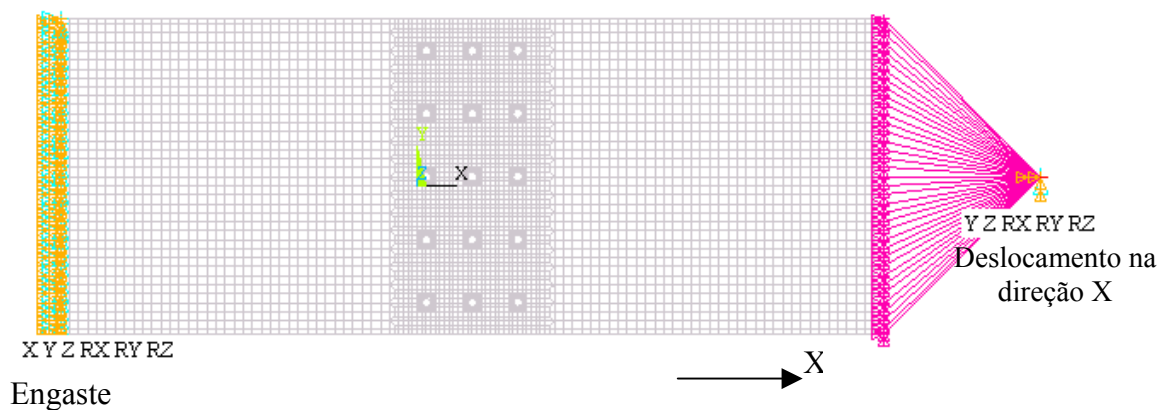


Figura 4.36 – Condições de contorno para a junta sobreposta

#### 4.5.2 Condições de contorno para a junta de topo

O modelo numérico da junta de topo apresenta simetria no plano Y, e para simular esta simetria foram impostas as seguintes condições de contorno: na largura da cinta, são usadas restrições de simetria no plano Y, ou seja, o modelo é na translação da direção X e nas rotações dos eixos Y e Z;

Para simular o ensaio de fotoelasticidade, foram restringidas as translações das direções Y e Z e, todas as rotações dos eixos X, Y e Z, deixando livre o deslocamento na direção X.

A Figura 4.37 ilustra estas condições de contorno para a junta de topo.

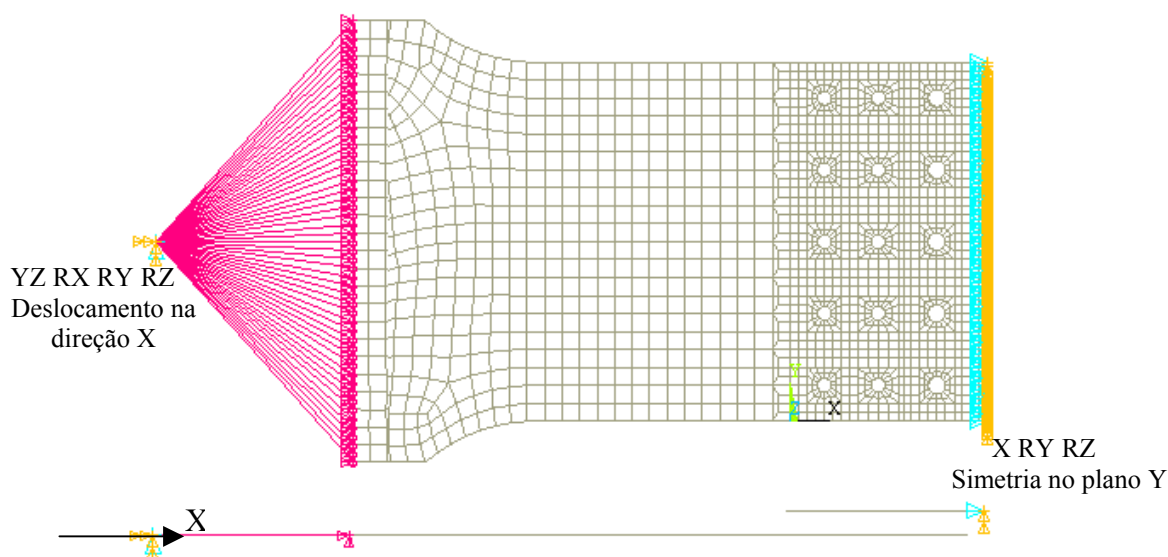
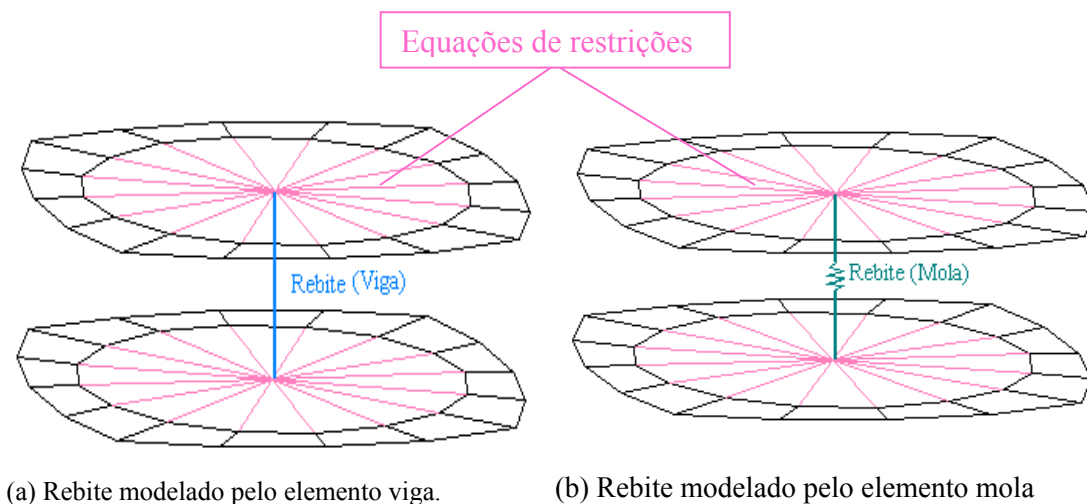


Figura 4.37 – Condições de contorno para a junta de topo.

#### 4.6 Modelagem do rebite

Na simulação de juntas rebitadas, o rebite é a entidade mais importante da modelagem e os resultados da análise dependem da escolha adequada do elemento. Para uma primeira análise dos rebites das juntas sobreposta e de topo, os rebites foram modelados com dois elementos distintos: elemento de viga e o elemento de mola.

A representação destes elementos no *ANSYS* é simplesmente uma linha, como mostra a Figura 4.38. Para efeito de ilustração, foi desenhada uma mola para representar o elemento mola.



(a) Rebite modelado pelo elemento viga.

(b) Rebite modelado pelo elemento mola

Figura 4.38 – Rebite modelado pelo: (a) elemento viga; (b) elemento mola.

#### 4.6.1 Modelagem do rebite viga

O elemento viga é formado por dois nós e, estes foram os mesmos que os “nós mestres” das equações de restrições.

A seleção do elemento viga *BEAM4* deu-se da mesma forma que para o elemento de casca *SHELL 63*, (Figura 4.39).

*Preprocessor > Element Type > Add/ Edit/ Delet >> Add >> Library Element Types > Beam4 > OK > Element Types > Close.*

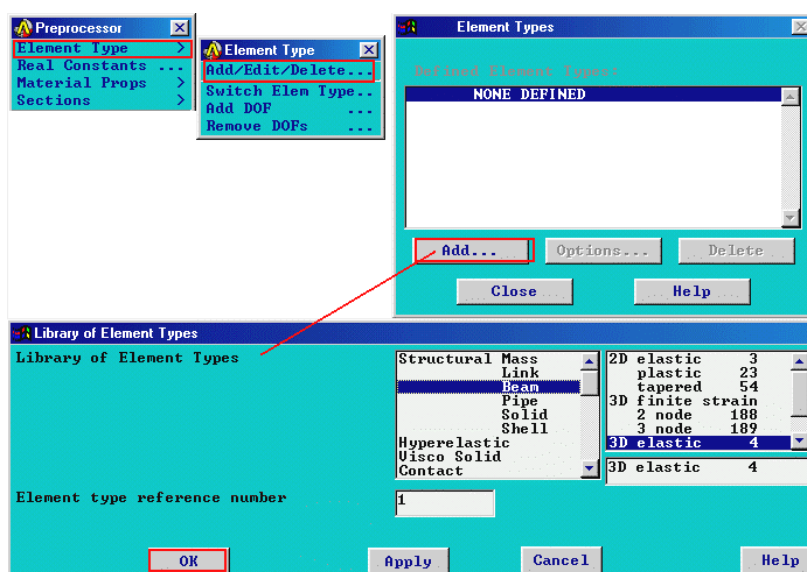


Figura 4.39 - Sequência de comandos para a seleção do elemento viga *BEAM4*.

Depois da seleção do elemento viga, é necessário fornecer suas propriedades ao ANSYS, (Figura 4.40).

*Preprocessor> Real Constant> Add> Choose element type> Real Constant Set number 2, for BEAM4>> ...OK> Close.*

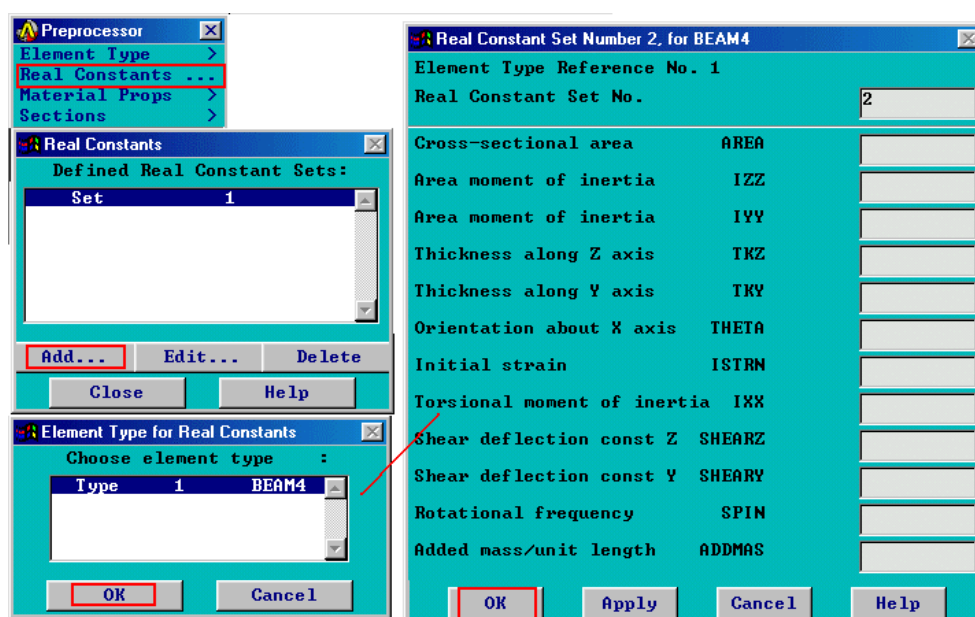


Figura 4.40 – Seqüência de comandos para as propriedades do elemento *BEAM4*.

Antes da criação do elemento *BEAM4*, precisa ser definido o material dos rebites. A seqüência de comando é a mesma que para o elemento *SHELL63*.

A criação do elemento *BEAM4* deu-se pela seguinte seqüência de comandos (Figura 4.41):

*Preprocessor> Create> Element> Element Attributes>> Type, Mat, Real...> OK> Elements> Thru Nodes>> Select nodes>> OK.*

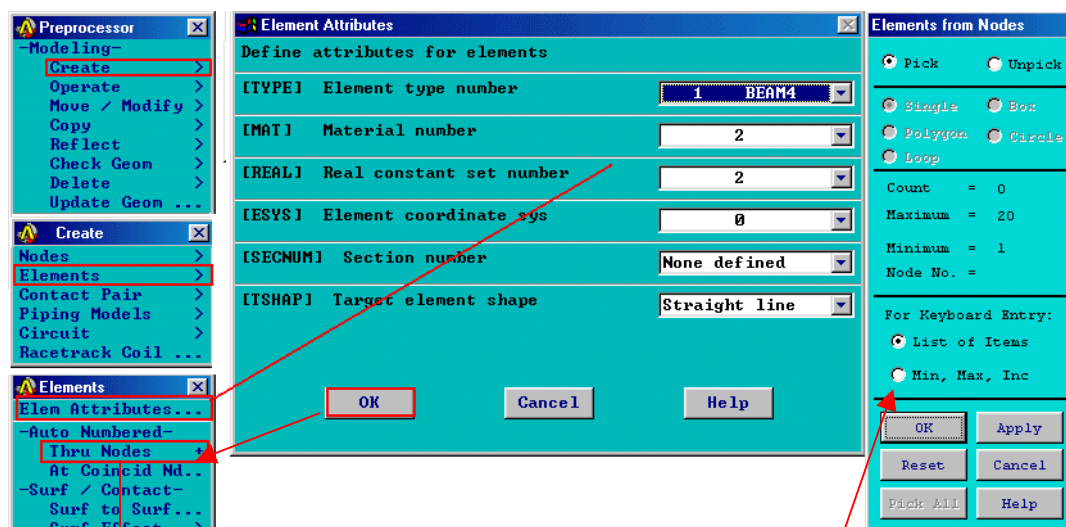


Figura 4.41 – Sequência de comandos para a criação do elemento *BEAM4*.

#### 4.6.2 Modelagem do rebite mola

O elemento mola, assim como o elemento viga, é formado por dois nós e, estes foram os mesmos que os “nós mestres” das equações de restrições.

A seleção e a criação do elemento mola *COMBIN14* deu-se da mesma forma que para o elemento *BEAM4*.

#### 4.6.3 Modelagem do rebite misto

De acordo com Spinelli (2001), a melhor configuração para simular o comportamento de deformação da junta sobreposta na condição de tração monotônico é usando um rebite “misto” com propriedades do elemento viga e do elemento mola.

O modelo usado para a simulação dos rebites é formado por elementos de viga, juntamente com elementos de mola, utilizando os mesmos nós para a criação destes elementos, Figura 4.42.

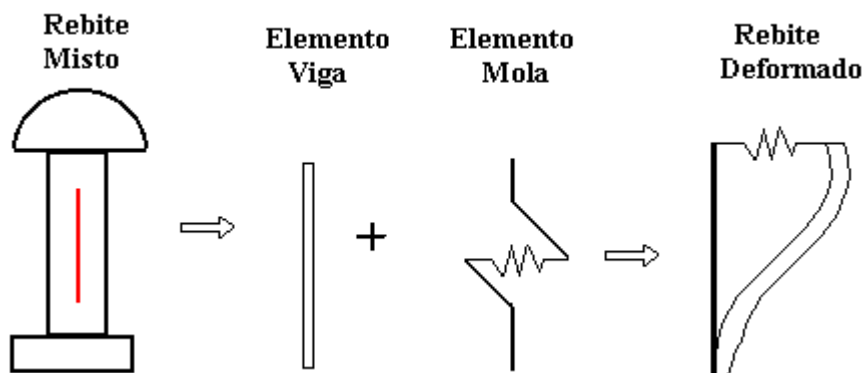


Figura 4.42 – Representação esquemática do rebite “misto”.

Na criação do rebite “misto”, são mantidas as mesmas propriedades geométricas de comprimento, área, momento de inércia ( $I$ ) do elemento de viga, assim como a constante de rigidez ( $K$ ) do elemento mola., usadas nesses elementos separadamente.

#### 4.7 Modelo sólido da junta sobreposta

Para se obter um modelo numérico mais próximo do real, a junta sobreposta foi modelada com elementos sólidos.

Aproveitando a simetria entre as fileiras dos rebites, foi modelada uma “tira” com  $1/5$  da largura da junta sobreposta, como mostra a Figura 4.43. A vantagem de se usar  $1/5$  da largura do modelo inteiro é aproveitar as características de simetria entre as fileiras de rebites e assim, facilitar a modelagem e, reduzindo o tempo de análise.



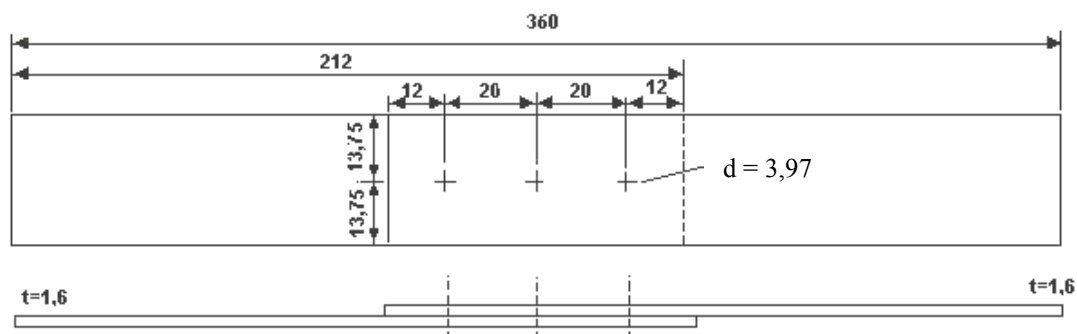


Figura 4.43 - Dimensões do modelo sólido da junta sobreposta (medidas em milímetros).

A criação do modelo sólido se iniciou da mesma forma que o modelo com elemento de casca. O primeiro passo é a criação das áreas que servirão de bases para os volumes. Neste modelo sólido, os volumes são as entidades que representam as chapas. A Figura 4.44 mostra a divisão das chapas em áreas.

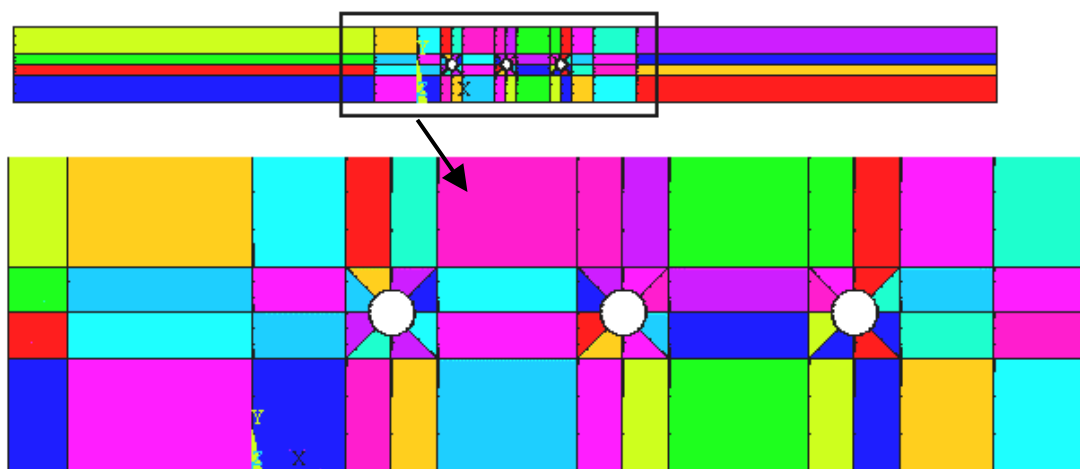


Figura 4.44 - Detalhe das áreas do modelo sólido da junta sobreposta.

A partir das áreas criadas, é necessário extrudá-las para a criação dos volumes, os quais representarão pra o modelo sólido as chapas da junta.

A seqüência de comandos usada para a extrusão das áreas para a criação do volume é a seguinte (Figura 4.45):

*Preprocessor*> *Operate*> *Extrude/Sweep*> *By XYZ Offset*> *Extrude Areas by offset*>> *select areas*>> *OK*> *Extrude Areas by XYZ Offset*>>  $(x,y,z) = 0,0, 1.6$ >> *OK*.

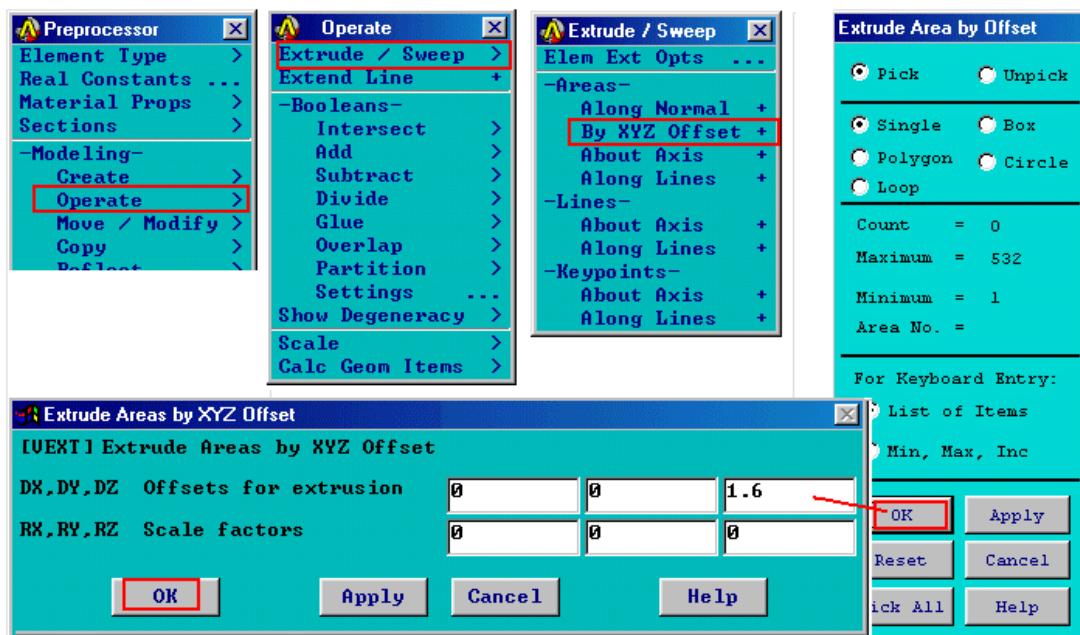


Figura 4.45 – Sequência de comandos para a extrusão das áreas.

A Figura 4.46 mostra o detalhe dos volumes criados a partir da extrusão das áreas.

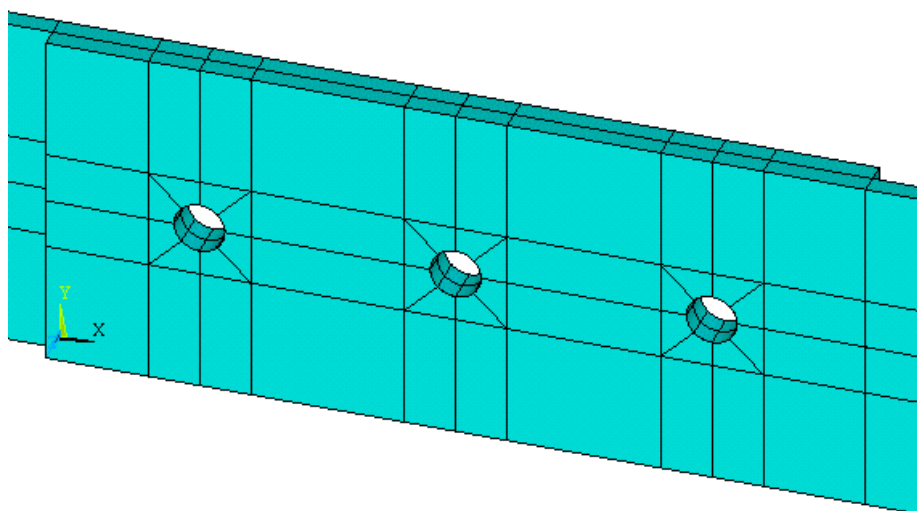


Figura 4.46 – Detalhe dos volumes do modelo sólido da junta sobreposta.

Após a criação do volumes das chapas, são criadas as áreas que servirão de base para a criação dos volumes para os rebites.

Para a simulação do rebite, foi considerado apenas o seu corpo pois, esta região é a que transmite os esforços de tração de uma chapa para outra durante o ensaio de tração monotônico.

A forma para criar as áreas e os volumes dos rebites é a mesma que para a criação das chapas. A Figura 4.47 mostra o detalhe dos volumes dos rebites no modelo sólido da junta sobreposta.

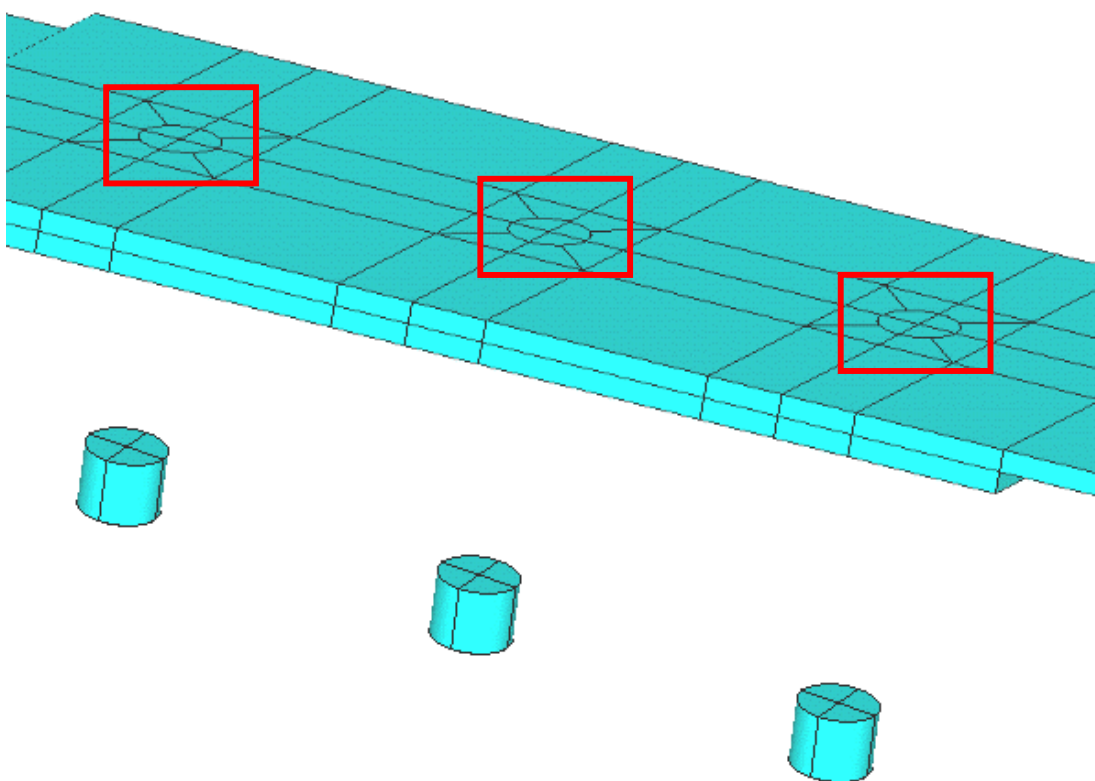


Figura 4.47 – Detalhe dos volumes dos rebites.

Após a criação de todos os volumes, o próximo passo é escolher o elemento sólido que será utilizado na malha. Foi escolhido o uso de malha mapeada para as chapas e de malha livre para os rebites, pois será adicionado o contato entre os rebites e as chapas e, este exige que a malha dos rebites seja livre. O elemento sólido escolhido foi o *SOLID73* formado por oito nós, (suas características estão descritas no Anexo A).

O primeiro passo para fazer a malha é definir o material das chapas, utilizando a seguinte seqüência de comandos:

*Preprocessor> Material Props> Constant – Isotropic...> Isotropic Material Properties>> 1>> Isotropic Material Properties>>...> OK.*

O segundo passo é selecionar elemento utilizado para a malha das chapas e dos rebites:

*Preprocessor> Element Type> Add/Edit/Delet...> Element Type>> Library of Element Type>> Solid1>> w/rotat 73> OK> Element Type > Close.*

O terceiro passo é fazer a malha mapeada para os volumes das chapas e, a seqüência de comandos é:

*Preprocessor> Meshtool> Mesh Tool >> Smart Size 2>> Mesh – Volume>> Shape -Hex>> Mesher – Map>> Mesh>> Select Volume> OK.*

Assim como o modelo com elemento de casca, a região sobreposta foi modelada com elementos de tamanho 2 milímetros e, a região não sobreposta com elementos de tamanho 4 milímetros.

Para reproduzir os efeitos de flexão e de cisalhamento que ocorrem durante o tracionamento, a modelagem sólida da junta tem que ter pelo menos um número mínimo igual a três de elementos sólidos para formar a espessura das chapas, como mostra a Figura 4.48.

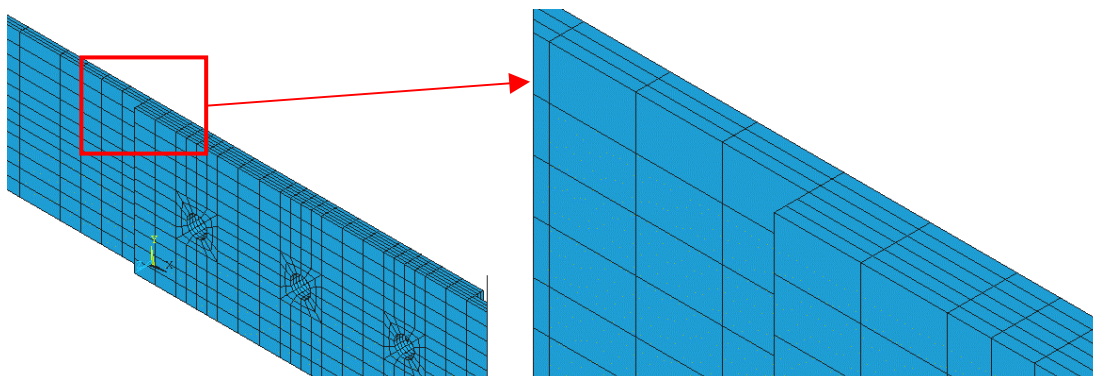


Figura 4.48 – Detalhe da espessura das chapas formadas por três elementos sólidos.

A malha para os rebites é livre e com tamanho 2 milímetros e, seqüência de comandos é:

*Preprocessor> Meshtool> Mesh Tool >> Smart Size 2>> Mesh – Volume>> Shape -Hex>> Mesher –Tet>> Free >> Select Volume> OK.*

A Figura 4.49 mostra o detalhe da malha livre dos rebites.

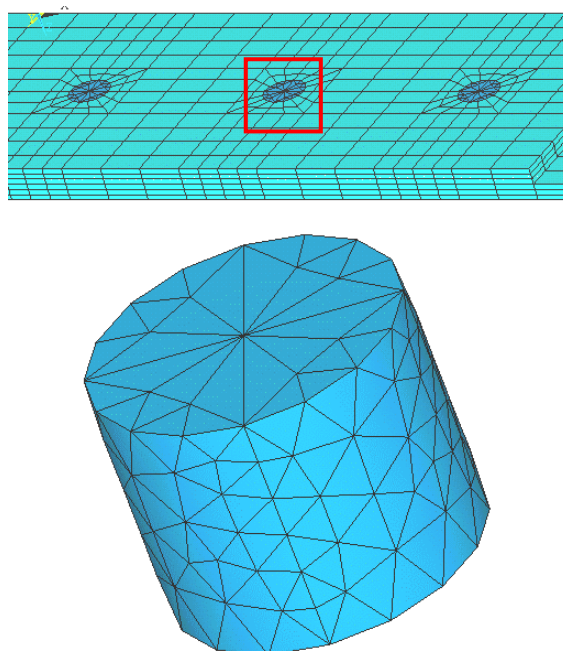


Figura 4.49 – Detalhe da malha livre dos rebites.

#### 4.8 Modelo sólido da junta de topo

O procedimento para a criação do modelo sólido da junta de topo se deu da mesma forma que para o modelo sólido da junta sobreposta. Assim como este, o modelo sólido da junta de topo foi modelado com  $\frac{1}{5}$  da largura e  $\frac{1}{2}$  do comprimento do *cdp*. A Figura 4.50 mostra as dimensões do modelo sólido da junta de topo.

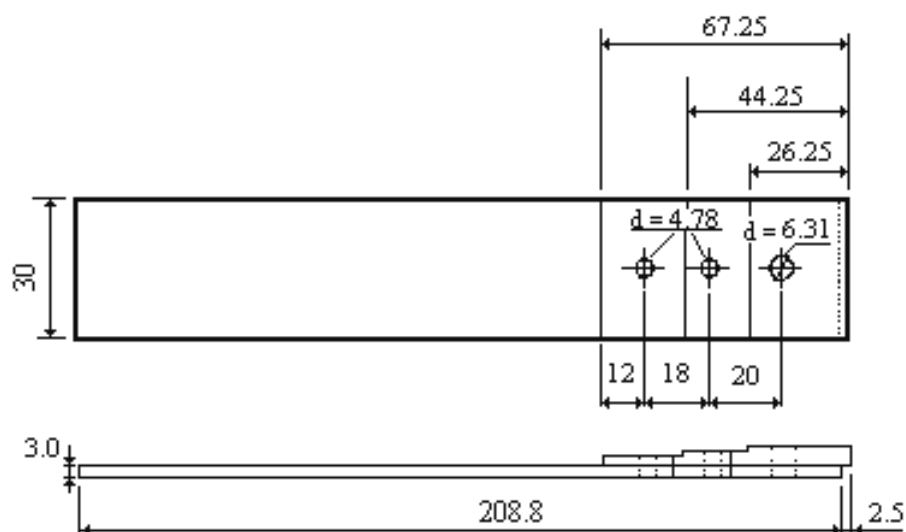


Figura 4.50 – Dimensões do modelo sólido da junta de topo (medidas em milímetros).

O elemento usado na malha também foi o *SOLID73*.

A malha utilizada nas chapas foi mapeada com tamanho 3 milímetros na região sobreposta e 8 milímetros para a região não sobreposta e, para os rebites a malha usada foi livre. Foram utilizados três elementos para formar a espessura. A Figura 4.51 mostra detalhes da malha da junta de topo.

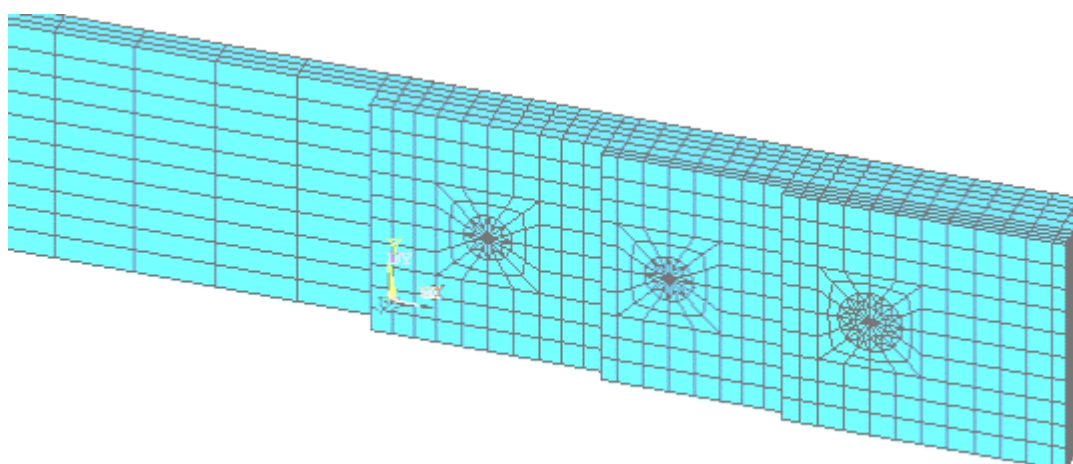


Figura 4.51 – Detalhe dos elementos a do modelo sólido da junta de topo.

Com a criação da malha das chapas e dos rebites para as juntas sobreposta e de topo, está completa esta etapa.

#### 4.9 Contato

Depois de criada a malha da junta, é necessário fazer a malha do contato entre os rebites e as chapas. A criação do contato é igual para a junta sobreposta e a junta de topo.

O *ANSYS* oferece uma interface muito simples para a criação do contato, basta apenas selecionar as superfícies que representam o contato rígido/flexível, que a malha do contato é gerada automaticamente.

Os elementos da malha do contato utilizados são: *TARGE170* e *CONTA174* (as propriedades destes elementos estão descritas no Anexo A).

Para facilitar o entendimento da criação do contato a seqüência de comando foi dividida em duas partes: a primeira seqüência é para gerar a malha do contato nos rebite e a segunda seqüência gera a malha nas chapas.

A seqüência de comandos usada para a criação do contato no rebite é a seguinte (Figura 4.52):

*Preprocessor> Creator> ContactPair> Contact Pair> Contact Wizard...>>  
Add Contact Pair>> Target Surface – Areas, Target Type – Flexible – Pick  
Target...>> Select areas for Target> OK>> ...*

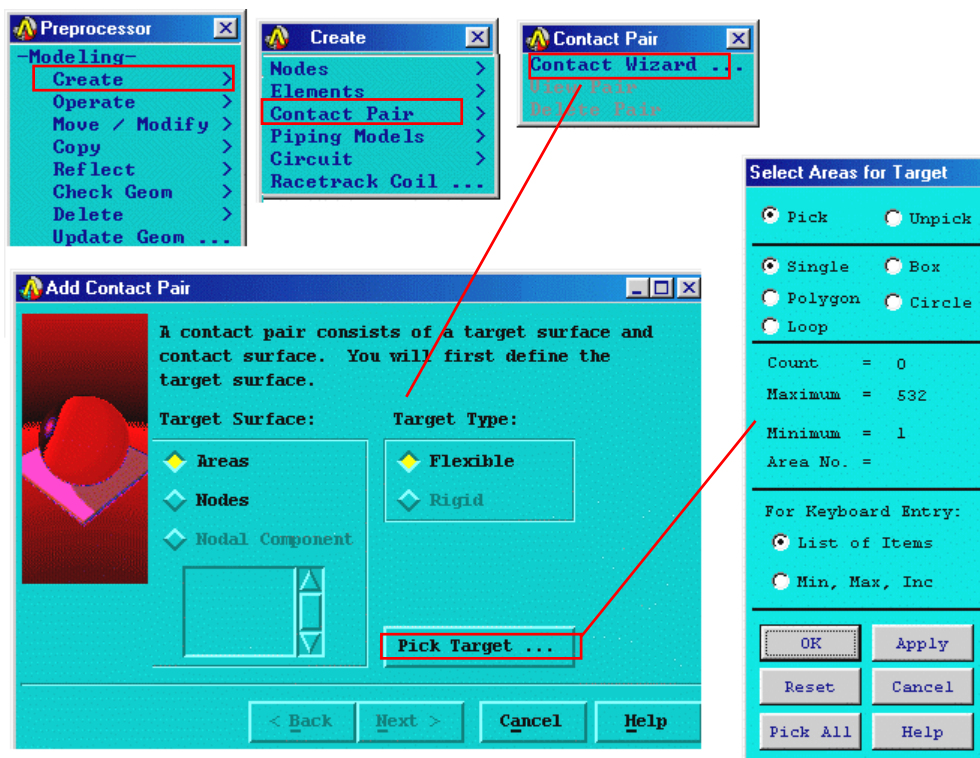


Figura 4.52 – Sequência de comandos para a criação da malha do contato para o corpo do rebite.

A Figura 4.53 mostra as áreas que são selecionadas para o contato do corpo do rebite.

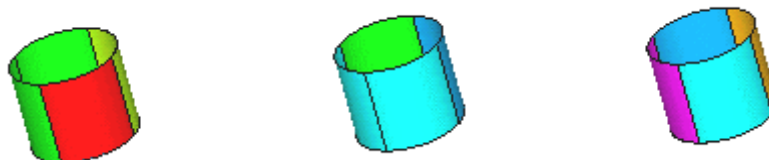
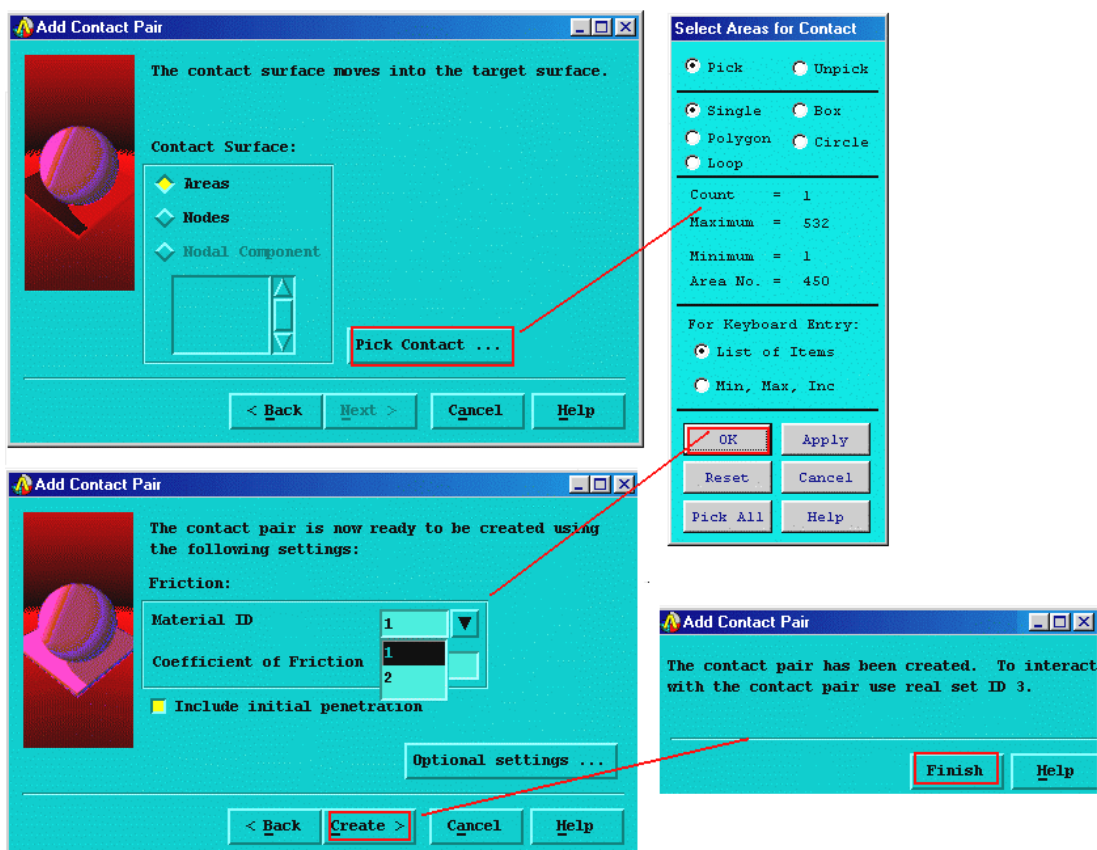


Figura 4.53 – Detalhe das áreas selecionadas para o contato do corpo do rebite.



Depois de geradas as malhas do contato para o rebite, são selecionadas as áreas do contato para as chapas. A seqüência de comandos continua da seqüência anterior (Figura 4.54):

...>Add Contact Pair > Contact Surface>> Pick Contact...>> Select Áreas for Contact>> OK> Add Contact Pair>> Material ID – 1>Create> Finish.



4.54 – Seqüência de comandos para gerar a malha das chapas.

A Figura 4.55 mostra o detalhe dos pares de contato gerados na malha dos rebites, e das normais de contato que indicam as direções dos elementos *TARGE170* e *CONTA174*.

Para fechar o contato entre os elementos *TARGE170* e *CONTA174*, as normais destes elementos sempre devem estar na mesma direção, se não estiverem, como mostra a Figura 4.56, é necessário utilizar o comando “*ESURF,,reve*” para acertar as direções das normais.

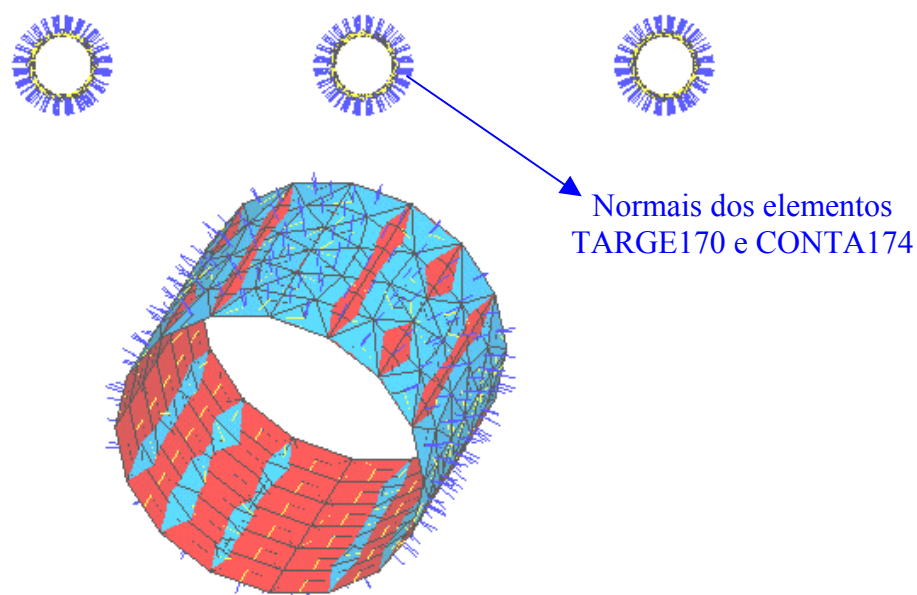


Figura 4.55 – Detalhe da malha do contato e das normais dos elementos *TARGE170* e *CONTA174*.

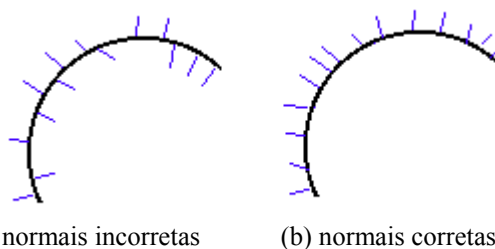


Figura 4.56 – Detalhe das normais: (a) incorretas; (b) corretas.

#### 4.10 Carregamento

A modelagem do carregamento do tipo distribuído foi realizada da mesma forma que os modelos de casca, utilizando a equação do tipo rígido *CERIG*. A Figura 4.57 mostra o detalhe da modelagem do carregamento para os modelos sólidos.

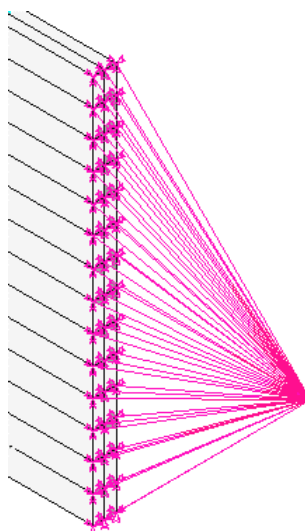


Figura 4.57 – Detalhe do carregamento distribuído para os modelos sólidos.

## 4.11 Condições de contorno

### 4.11.1 Condições de contorno para a junta sobreposta

As condições de contorno adequadas para o modelo sólido com  $1/5$  da largura do *cdp* da junta sobreposta, são condições de contorno que simulam as chapas como se estas tivessem uma largura infinita no plano X, isto é, o modelo é restringido na direção Y e nas rotações dos eixos X e Z.

Para simular o ensaio de tração, as restrições são as mesmas que para o modelo com elemento de casca:

- 1- Para simular o deslocamento na direção X da máquina de teste, uma extremidade do modelo numérico foi restringida nas translações Y, Z e, nas rotações das direções X, Y e Z
- 2- Para simular o engaste da máquina de teste, a outra extremidade do modelo numérico foi restringida nas translações X, Y e Z e nas rotações das direções X, Y e Z

A Figura 4.58 ilustra as três condições de contorno para o modelo sólido da junta sobreposta.

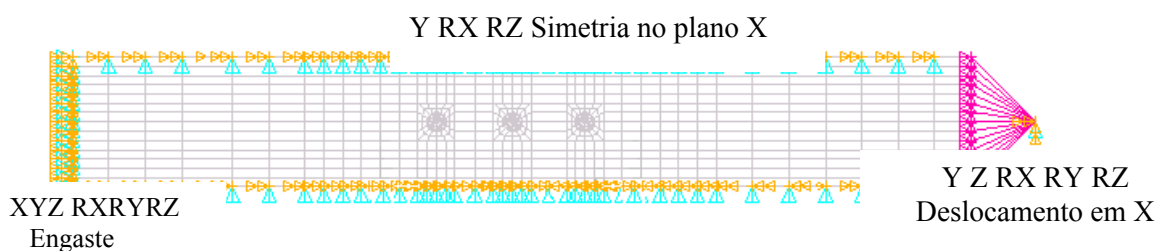


Figura 4.58 – Condições de contorno para o modelo sólido com  $\frac{1}{5}$  da largura do *cdp* da junta sobreposta.

#### 4.11.2 Condições de contorno para a junta de topo

As condições de contorno da junta de topo são similares a junta sobreposta com exceção para as condições de contorno de simetria no plano Y. As condições de contorno da junta de topo são:

1. Na largura da cinta, são usadas restrições de simetria no plano Y, ou seja, o modelo é na translação da direção X e nas rotações dos eixos Y e Z;
2. No comprimento é simulada uma placa infinita com simetria no plano X, isto é, o movimento é restringido na direção Y, na rotação dos eixos X e Z.
3. Para simular o ensaio de fotoelasticidade, foram restringidas as translações das direções Y e Z e, todas as rotações dos eixos X, Y e Z, deixando livre o deslocamento na direção X.

A Figura 4.57 mostra o detalhe das condições de contorno para o modelo sólido da junta de topo.

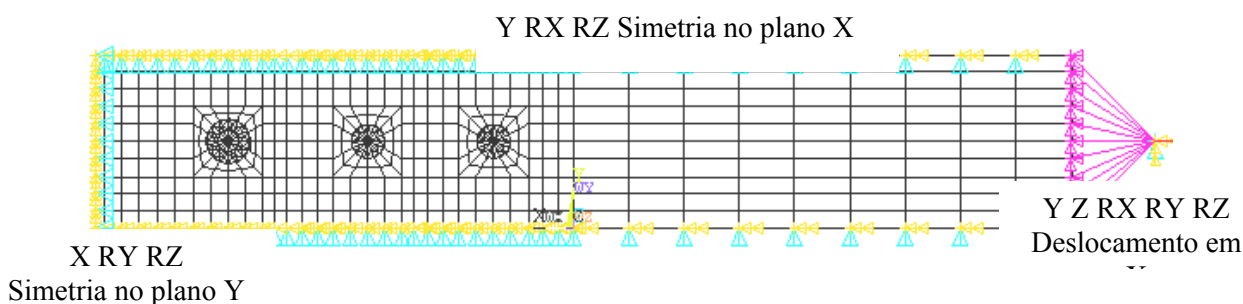


Figura 4.57 – Condições de contorno para o modelo sólido com  $\frac{1}{5}$  da largura e  $\frac{1}{2}$  do comprimento do *cdp* da junta de topo.

## 4.12 Aplicação de carga

Depois de colocadas todas as condições de contorno nos modelos com elemento de casca e sólido das juntas sobreposta e de topo, pode-se então aplicar a carga. A aplicação da carga é igual para os modelos com elementos de casca e sólido.

A seqüência de comandos usada para aplicação da carga é (Figura 4.59):

*Preprocessor> Solution> Loads> Apply> Structural> Force/Moment> On Node> Apply F/M on Nodes>> Select Nodes>> OK...>Apply F/M on Nodes>> OK.*

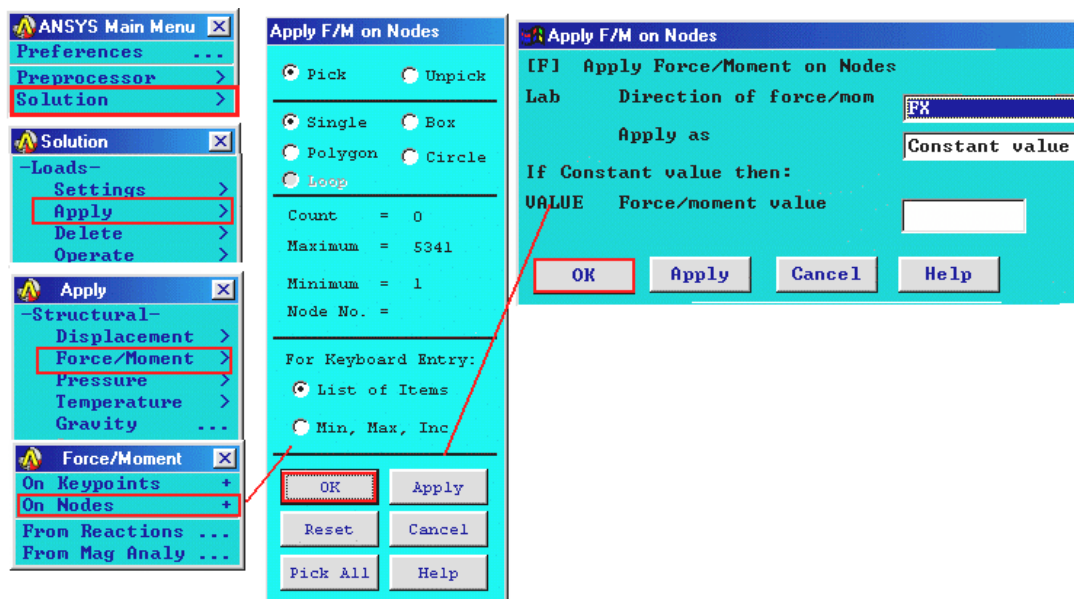


Figura 4.59 – Seqüência de comandos para aplicação da carga.

A Figura 4.60 Mostra o detalhe da carga aplicada no “nó mestre” do *CERIG* que representa o carregamento distribuído.

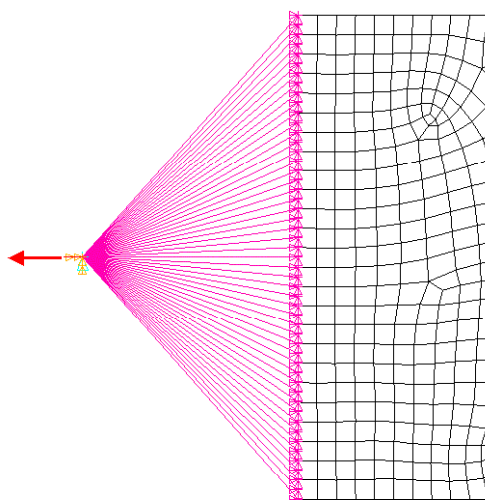


Figura 4.60 – Detalhe da carga aplicada no “nó mestre” do *CERIG* que representa o carregamento distribuído.

#### 4.13 Solução

A solução dos modelos com elemento de casca é linear e para os modelos sólidos é não-linear devido ao contato existente entre os rebites e as chapas.

A seqüência de comandos para execução da solução é dada por:

*Preprocessor> Solutions> Solve> Current LS... Starts a solution...*

A Figura 4.61 ilustra a seqüência de comandos para a execução da solução.

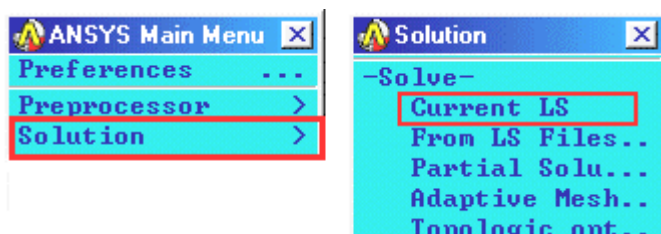


Figura 4.61 – Seqüência de comandos para a execução da solução.

O tempo de execução varia de acordo com o número de nós e elementos, de acordo com o tipo de solução e com a memória do computador

utilizado. Para o modelo sólido com contato, a escolha da solução não-linear é automática e, é definida pelo próprio *ANSYS*.

Quando a solução estiver completada, aparecerá a seguinte mensagem (Figura 4.61).



Figura 4.61 – Solução pronta.

O próximo passo é analisar os resultados, e estes estão mostrados no Capítulo 5.

## CAPÍTULO 5

### 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados experimentais e numéricos para a deformação do ensaio de tração monotônica para a junta sobreposta e da fotoelasticidade para a junta de topo e, os resultados analíticos do efeito do momento secundário.

#### 5.1 Resultados experimentais e numéricos para a simulação do rebite como elemento de viga e elemento de mola.

Para avaliação do comportamento do rebite durante o tracionamento, foram criados, primeiramente, dois modelos numéricos para comparar o tipo de elemento usado para simular o rebite: elemento de viga e elemento de mola, a fim de verificar qual destes elementos melhor reproduz os resultados experimentais de deformação na condição de tração. Esses elementos são representados esquematicamente na Figura 5.1.

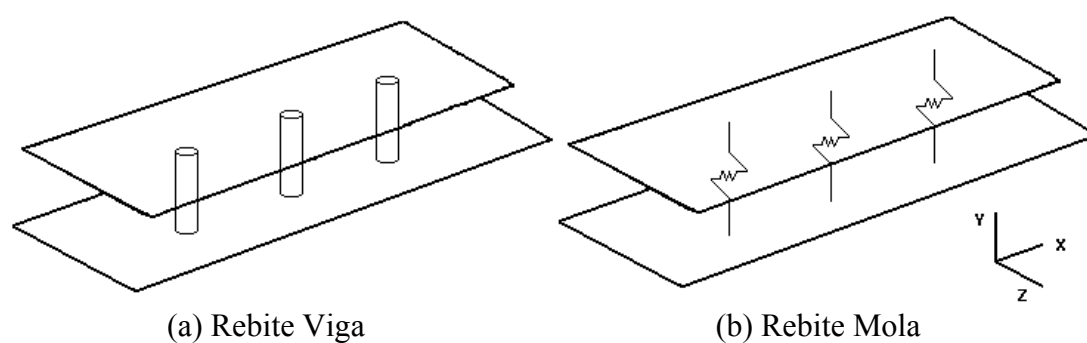


Figura 5.1 – Representação esquemática da junta sobreposta simulada com: (a) rebite “viga”; (b) rebite “mola”.

A Figura 5.2 mostra os elementos que representam os extensômetros no modelo numérico, referente as suas posições no *cdp* da junta sobreposta.



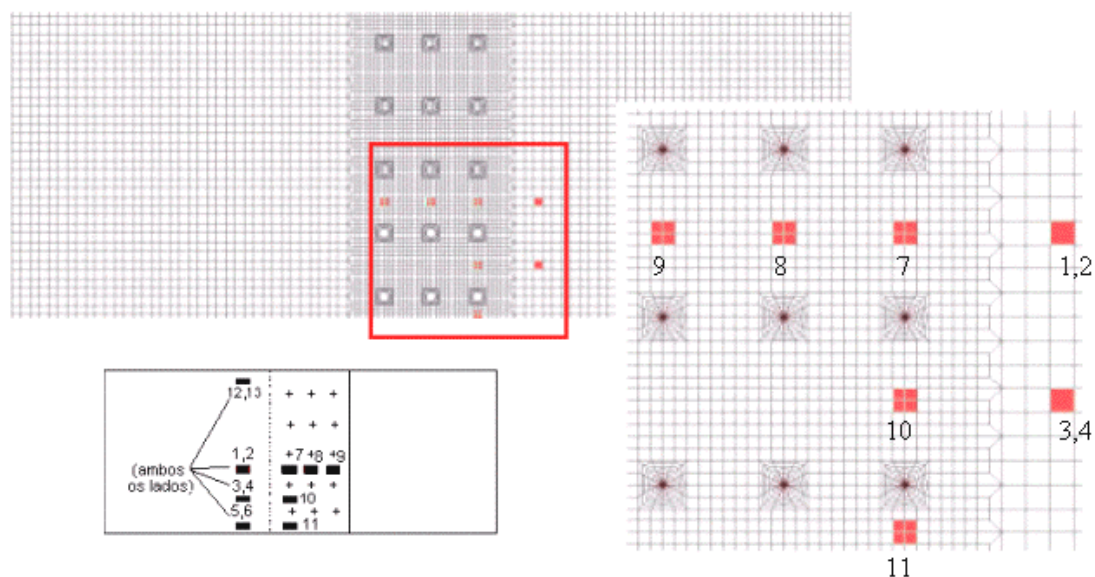


Figura 5.2 – Elementos referentes às posições dos extensômetros no *cdp* da junta sobreposta.

Nesta Dissertação são estudadas apenas as deformações para os extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9, pois esta é a principal região do estudo.

Para os modelos da junta sobreposta simulados com rebites “viga” e rebite “mola”, foram obtidos os seguintes dados de deformação para o carregamento de 15600 N, mostrados na Tabela 5.1 e na Figura 5.3:

Tabela 5.1 – Resultados experimentais e numéricos para deformação na direção X ( $\times 10^{-6}$ ).

	<b>Experimental</b>	<b>Rebite Viga</b>	<b>Rebite Mola</b>
<b>Extensômetro 1</b>	646,40	-603,57	996,40
<b>Extensômetro 2</b>	1.249,40	2.088,65	996,40
<b>Extensômetro 7</b>	631,80	-464,82	807,89
<b>Extensômetro 8</b>	552,80	550,64	497,01
<b>Extensômetro 9</b>	447,20	-30,64	172,98

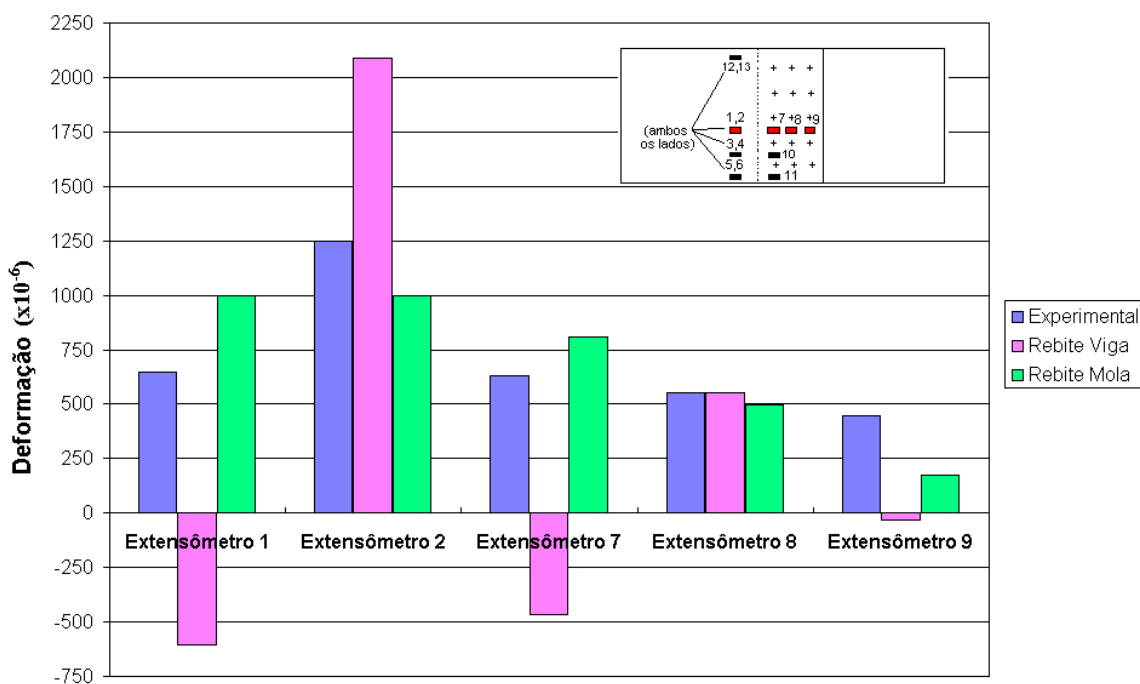


Figura 5.3 - Gráfico da deformação na direção X para os extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9.

Os resultados de deformações experimentais da Figura 5.3 mostram que haverá uma parcela de flexão atribuída à excentricidade das chapas na junta sobreposta, mostrada pelos extensômetros 1 e 2, que são opostos e apresentam valores positivos e negativos. O gráfico obtido a partir da análise para o elemento “viga” mostra que, com as propriedades utilizadas, o mesmo oferece uma alta resistência à flexão, como observado nos extensômetros 1 e 2, os quais apresentam valores diferentes entre si: positivo e negativo, respectivamente. Na região dos rebites, observa-se que para o extensômetro 9, também, haverá influência da flexão da região próxima à borda, motivo pelo qual essa região apresenta valores negativos de deformação.

Observando o comportamento do gráfico para o rebite “mola”, vê-se que, na região dos rebites, a deformação segue, em geral, o mesmo comportamento dos resultados experimentais, ou seja, com maior deformação na linha do extensômetro 7, localizado na fila de rebites mais próxima do carregamento, e menor deformação para o extensômetro 9, localizado na

extremidade mais distante do carregamento; observa-se também, que o elemento “mola” não oferece resistência à flexão, visto que os extensômetros 1 e 2 apresentam mesmos valores positivos.

A Figura 5.4(a) mostra, esquematicamente, como se deforma o modelo que utiliza elementos “viga” para simular os rebites, refletindo a flexão que ocorrerá nas chapas, devido à rigidez da viga. Por outro lado, a Figura 5.4(b) mostra o comportamento do modelo com rebites “mola”, através do deslizamento de uma chapa em relação à outra, sem que ocorra flexão. Portanto, as molas unidimensionais utilizadas conseguem simular com sucesso a resistência dos rebites ao cisalhamento.

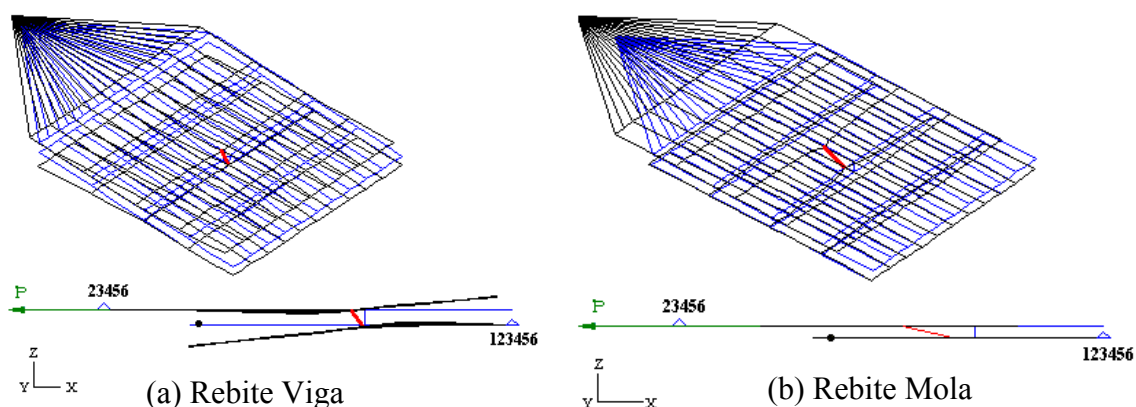


Figura 5.4 - Esquema do perfil das chapas deformadas para: (a) rebite viga; (b) rebite mola.

A fim de se melhor observar o comportamento da deformação da junta durante o ensaio de tração, foi plotado um gráfico da variação da deformação experimental com o carregamento incremental para os extensômetros 1 e 2 (Figura 5.4), e também foram feitas simulações para um intervalo de carregamento de 0 a 15600 N para o elemento “viga” e o elemento “mola” e comparando seus valores de deformação com os valores experimentais para o extensômetro 1 (Figura 5.6). A Figura 5.7 mostra o desenho esquemático da posição dos extensômetros 1 e 2 no cdp.

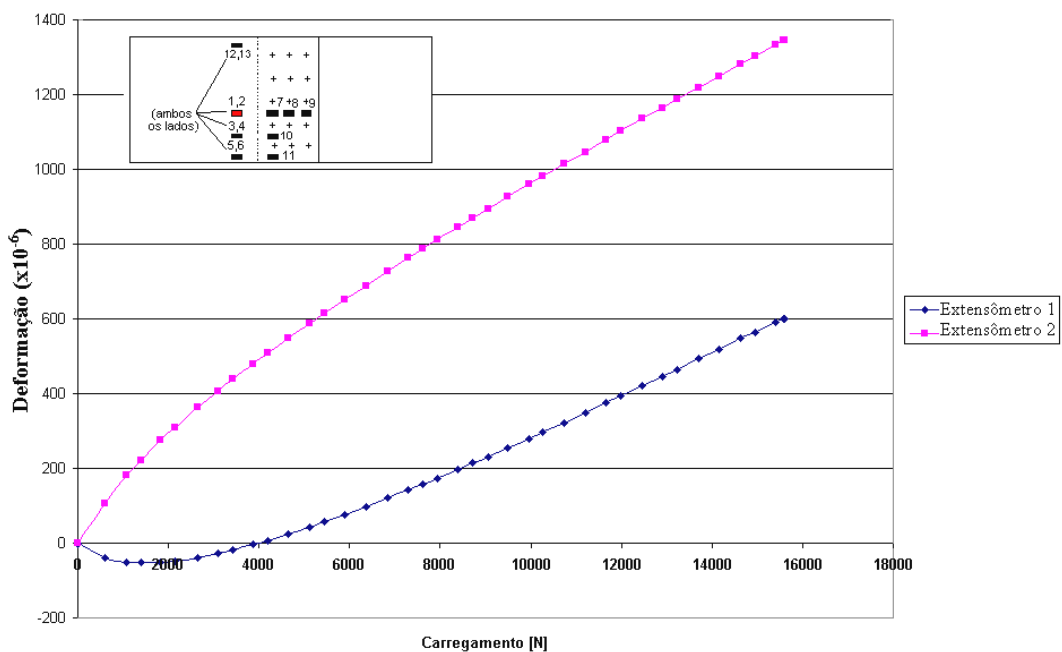


Figura 5.5 - Comportamento da deformação dos extensômetros 1 e 2 para vários carregamentos.

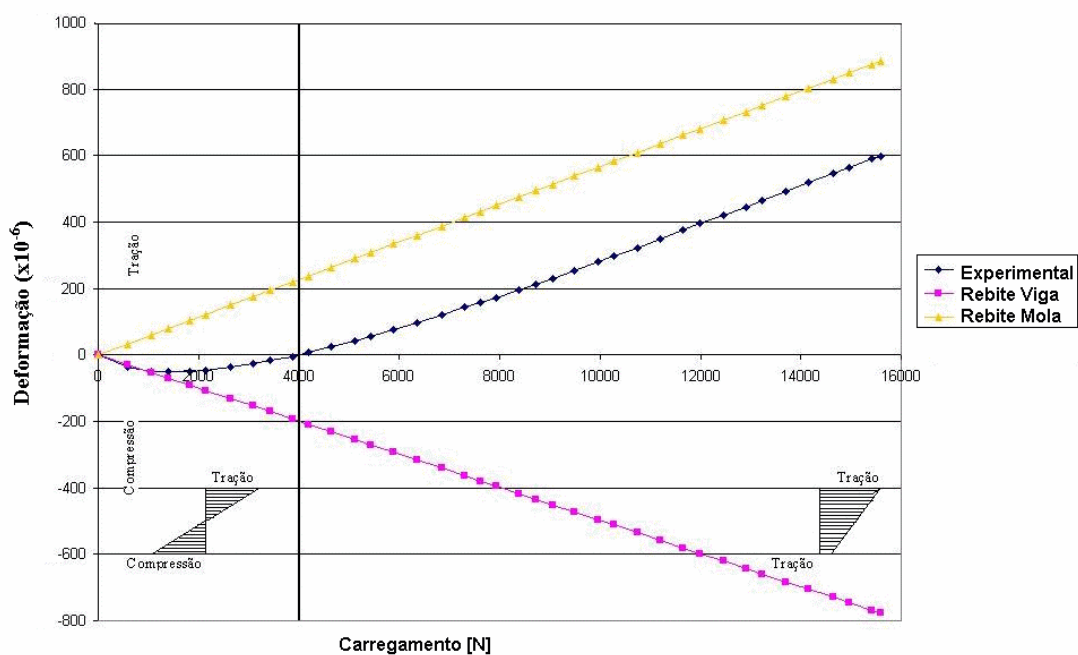


Figura 5.6 - Comportamento da deformação do extensômetro 1 para vários carregamentos para o modelo experimental e para os modelos numéricos rebite “viga” e rebite “mola”.

Observando os gráficos das Figuras 5.5 e 5.6, vê-se que o comportamento da deformação na junta sobreposta para o extensômetro 1, localizado na parte superior da chapa longe da região dos rebites, para carregamentos pequenos (de 0 a 4.000 N), a deformação apresentou valores inicialmente negativos e para seu respectivo extensômetro oposto 2 com os mesmos carregamentos, os valores de deformação foram positivos. Estes resultados mostram que para carregamentos pequenos há influência da flexão da junta com regiões de tração e compressão bem evidentes.

À medida que o carregamento aumenta, a tração também aumenta, diminuindo o efeito da compressão na face oposta, como mostram os resultados para carregamentos maiores.

Fazendo um comparativo para o experimento e para os modelos com rebites “viga” e rebites “mola”, vê-se no gráfico da Figura 5.4 o comportamento da deformação com o aumento da carga.

Para os modelos numéricos com análise linear estática, observa-se no gráfico da Figura 5.5 que os valores de deformação apresentaram compressão para a viga e tração para a mola em toda a faixa de carregamento na qual foram submetidos.

O modelo com rebite “mola” apresentou resultados satisfatórios para o carregamento superior a 4.000 N, pois, a partir deste carregamento, o extensômetro 1 apresentou valores experimentais de deformação positivos.

A partir destas observações, concluiu-se que houve grande influência do tipo de elemento usado na modelagem do rebite e, para o problema da junta sobreposta, o melhor elemento para simular o rebite, seria um elemento com características intermediárias ao elemento de viga e ao elemento de mola, ou seja, um elemento que capture menos flexão do que o elemento de viga utilizado e que deverá levar a resultados mais próximos dos experimentais.

Observando o comportamento da deformação obtida no ensaio de tração monotônica, para o carregamento incremental, vê-se que a resposta medida nos extensômetros mostrou-se não linear, de forma que devem haver

outros fatores a considerar como, por exemplo, atrito entre as chapas, interferência ou acomodação nos rebites, ou mesmo deformação plástica localizada devida à intensidade das tensões nos furos carregados, que afetam significativamente esta resposta. Para a análise linear estática, a tendência é sempre manter uma linearidade dos resultados, isto é, se a carga for aumentada a tendência dos valores é sempre manter o seu sinal positivo ou negativo, isto é, valores positivos sempre serão mais positivos e valores negativos sempre serão mais negativos, como se observa no gráfico apresentado. Pode-se concluir que uma análise linear dificilmente reproduzirá um resultado como o experimental mostrado no gráfico, pois para o comportamento elástico as deformações serão sempre proporcionais ao carregamento.

## 5.2 Resultados experimentais e numéricos para a simulação do rebite “misto”.

A partir das considerações feitas no item 5.1, é proposto um modelo de rebite usando o elemento de viga juntamente com o elemento de mola para criar uma condição que ameniza o efeito da flexão. A este rebite deu-se o nome de rebite “misto”.

Para a simulação, utilizando-se o rebite misto proposto, foram encontrados os seguintes resultados de deformação para o carregamento de 15600 N, como mostram a Tabela 5.2 e a Figura 5.7:

Tabela 5.2 - Resultados experimentais e numéricos para deformação na direção X ( $\times 10^{-6}$ ).

	<b>Experimental</b>	<b>Rebite Misto</b>
<b>Extensômetro 1</b>	646,40	730,23
<b>Extensômetro 2</b>	1.249,40	1.247,68
<b>Extensômetro 7</b>	631,80	578,90
<b>Extensômetro 8</b>	552,80	526,35
<b>Extensômetro 9</b>	447,20	154,13

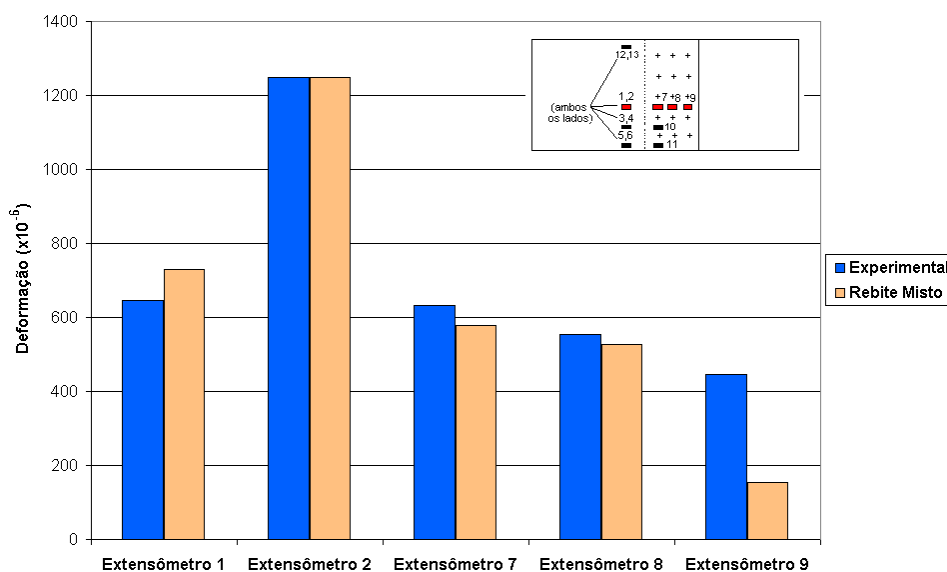


Figura 5.7 - Gráfico da deformação na direção X, para os extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9.

Observando o gráfico da Figura 5.7, vê-se que o comportamento da deformação usando o rebite misto é muito próximo da deformação real.

Ao fazer as simulações para outros níveis de carregamento, foi observado que os resultados da deformação do modelo numérico são muito próximos do real, com exceção do extensômetro 9, o qual pode ter sofrido alguma influência de borda ou algum problema na realização do ensaio de tração. Na região da borda, o material sofre influência do corte da chapa e, por isso ocorre um aumento da dureza por encruamento no material e, conseqüentemente a deformação medida pelo extensômetro é maior que a deformação numérica, pois não é possível simular as condições exatas da borda.

Para todos os outros extensômetros, as curvas teóricas tiveram o mesmo comportamento da curva experimental. Na Figura 5.8 são mostradas as curvas para o carregamento incremental do extensômetro 7 e 9.

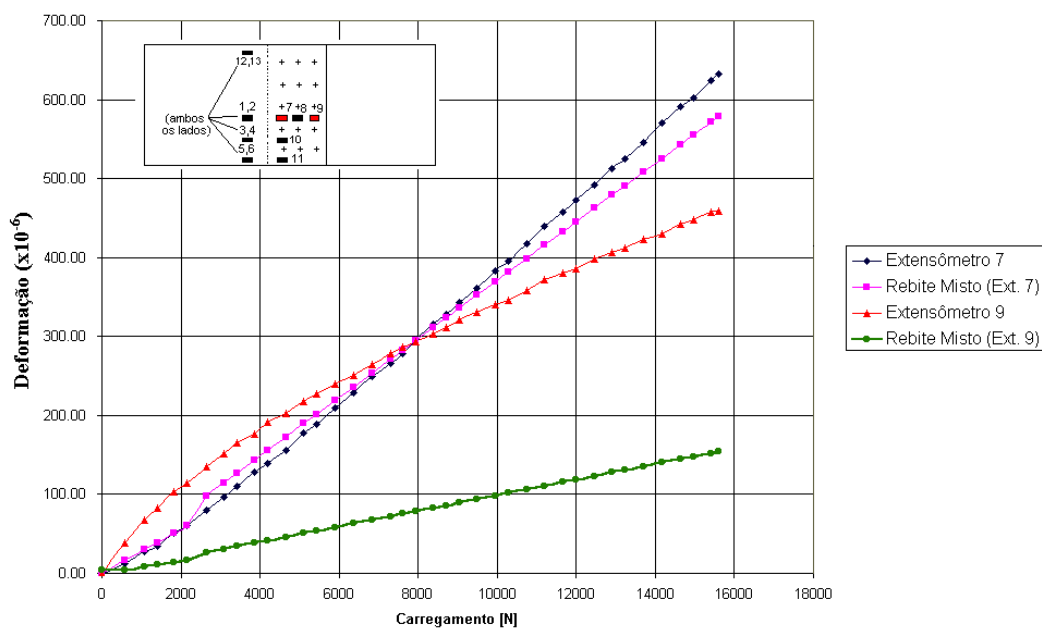


Figura 5.8 – Deformação na direção X para carregamento incremental para os extensômetros 7 e 9.

### 5.3 Resultados experimentais e numéricos para a simulação do modelo sólido da junta sobreposta

Para conseguir uma boa correlação dos valores numéricos com os experimentais para a região da borda, foi proposto um modelo numérico sólido da junta sobreposta. Este modelo sólido possui  $\frac{1}{5}$  da largura do *cdp* e contato entre o corpo dos rebites e as chapas, por isso a análise realizada foi do tipo não-linear. A Figura 5.9 ilustra os elementos que correspondem aos extensômetros 1,2,7, 8 e 9.



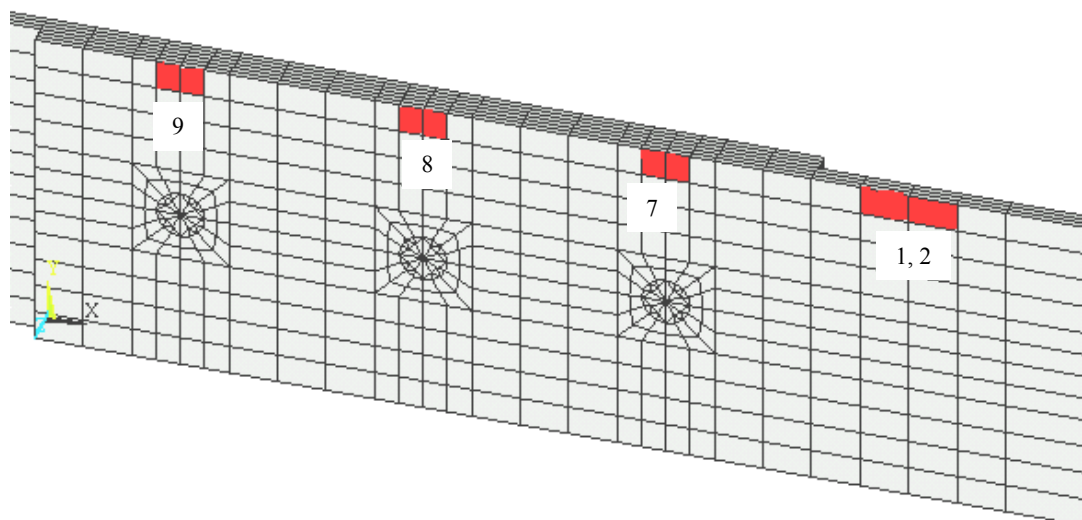


Figura 5.9 – Detalhe dos elementos que representam a posição dos extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9.

Os resultados de deformação obtidos para o modelo sólido com contato e os resultados experimentais para os extensômetros 1, 2, 7, 8 e 9 são apresentados na Tabela 5.3 e na Figura 5.10.

Tabela 5.3 – Resultados das deformações experimentais e do modelo sólido na direção X ( $\times 10^{-6}$ ).

	<b>Experimental</b>	<b>Modelo sólido com contato</b>
<b>Extensômetro 1</b>	646,40	606,55
<b>Extensômetro 2</b>	1.249,40	1.739,89
<b>Extensômetro 7</b>	631,80	668,57
<b>Extensômetro 8</b>	552,80	650,29
<b>Extensômetro 9</b>	447,20	550,73

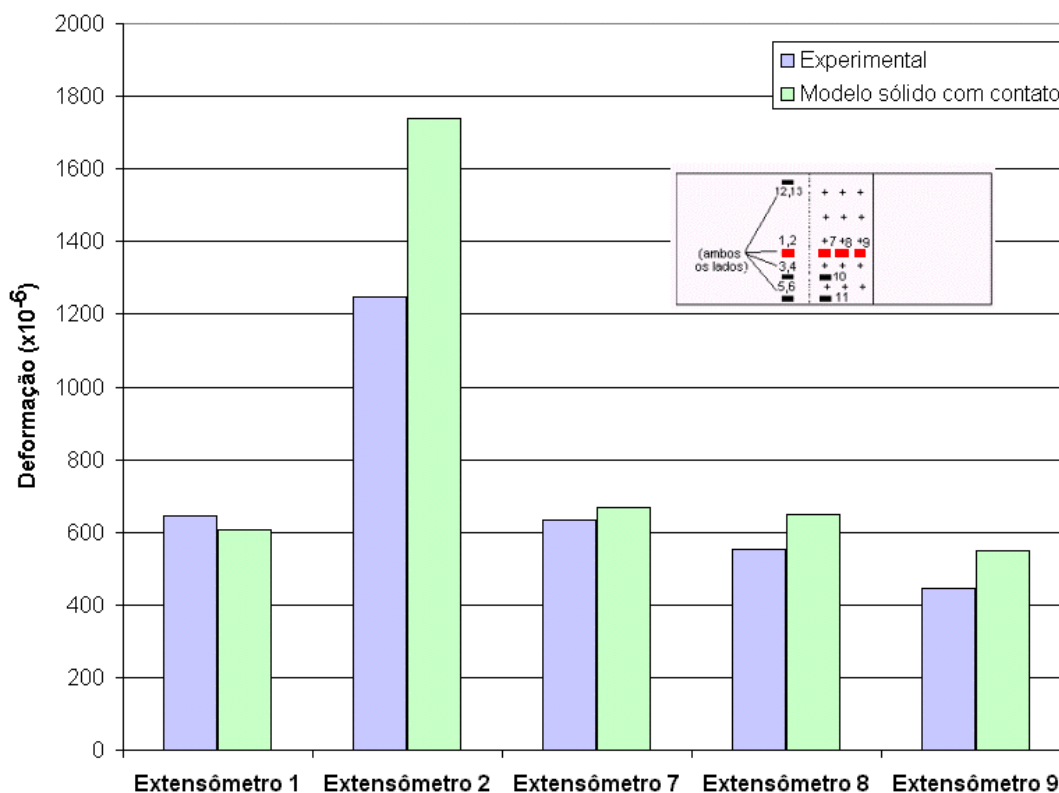


Figura 5.10 - Gráfico da deformação na direção X para os extensômetros 7, 8 e 9.

Para o modelo sólido com  $\frac{1}{5}$  da largura do modelo real, os resultados de deformação na direção X foram satisfatórios, sendo muito próximos da deformação real. Comparando os resultados de deformação do extensômetro 9 (borda) do modelo sólido (Figura 5.10) com o modelo com rebite misto (Figura 5.7), observa-se que o modelo sólido conseguiu sanar o efeito de borda que acontece nos modelos com elementos de casca, isto pode ser concluído através das comparações dos resultados numéricos da deformação do extensômetro 9 (na borda) com os resultados experimentais.

O modelo sólido conseguiu uma boa aproximação para este valor de deformação, enquanto que o modelo com rebite misto obteve um valor de deformação muito abaixo do que a deformação medida pelo extensômetro.

A Figura 5.11 mostra as deformações teóricas e experimentais dos extensômetros 7 e 9 para carregamentos incrementais.

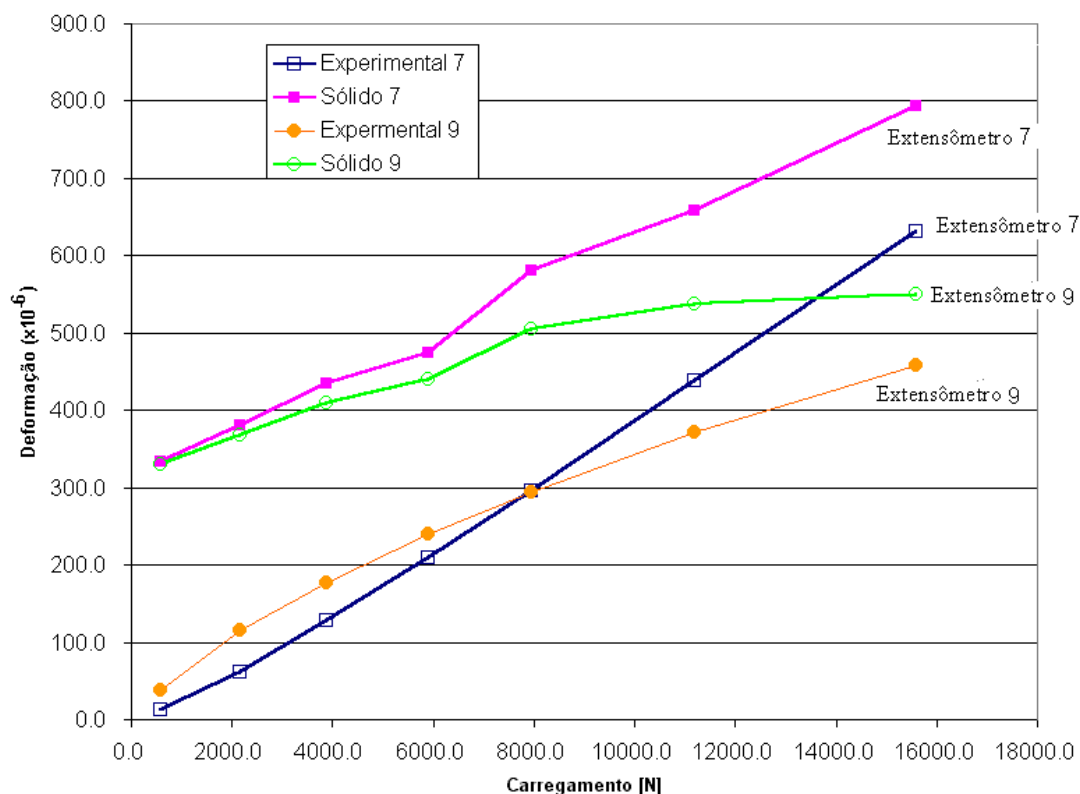


Figura 5.11 – Deformação na direção X para carregamentos incrementais para os extensômetros 7 e 9.

As curvas teóricas da Figura 5.11 para os extensômetros 7 e 9, tiveram a mesma tendência de comportamento que as curvas experimentais, porém, para baixos carregamentos, as deformações teóricas são maiores que as experimentais.

#### 5.4 Resultados experimentais e numéricos para a fotoelasticidade

Os resultados da fotoelasticidade foram obtidos para a junta de topo. Foram modelados quatro modelos com elementos de casca e utilizando quatro configurações diferentes para a conexão chapa rebite: *CERIG* e *RBE3* em todo o furo, *CERIG* e *RBE3* em meio furo e, um modelo sólido com contato nos rebites.

A Tabela 5.4 mostra os resultados da fotoelasticidade para a deformação máxima de cisalhamento experimental e numérico da junta de

topo e a Figura 5.12 mostra o detalhe das posições dos pontos 1,2 5 e 6 na junta de topo e no modelo sólido.

Tabela 5.4 – Resultados experimentais e numéricos de deformação máxima de cisalhamento ( $\gamma_{\text{máx}}$ ) [mm/mm].

Pontos	Experimental	<i>CERIG</i> todo furo	<i>RBE3</i> todo furo	<i>CERIG</i> meio furo	<i>RBE3</i> meio furo	Sólido com contato
1,2*	0,00148	0,00059	0,00049	0,00050	0,00049	0,00100
5	0,00175	0,00123	0,00196	0,00107	0,00104	0,00116
6	0,00171	0,00066	0,00067	0,00051	0,00067	0,00104

\* Os pontos 1 e 2 são simétricos.

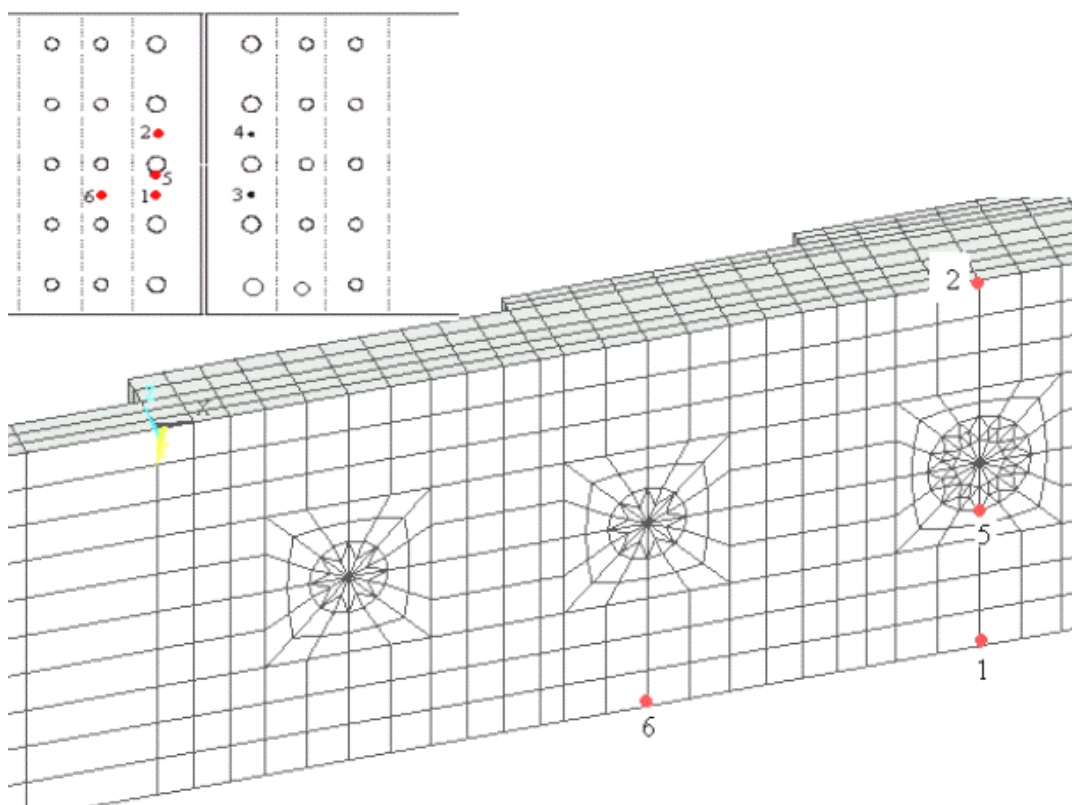


Figura 5.12 – Detalhe das posições dos pontos 1,2 5 e 6 na junta de topo e no modelo sólido.

Observando os resultados da Tabela 5.5 para a região afastada dos furos dos rebites (pontos 1,2 e 6), os modelos com elemento de casca não apresentaram boa correlação com os resultados experimentais, tendo os

valores de deformação máxima em cisalhamento muito abaixo das deformações encontradas no ensaio de fotoelasticidade.

Estes modelos com elemento de casca não apresentaram grande variação entre eles da deformação máxima em cisalhamento, isto é, para regiões afastadas dos furos dos rebites não há grande influência de como é modelada a conexão chapa-rebite. Para o ponto 5 (no furo dos rebites), o modelo com elemento de casca que apresentou uma melhor correlação com o resultado experimental foi o modelo com a conexão chapa-rebite modelada com a equação flexível *RBE3* em todo o furo, uma vez que esta equação atribui pesos diferentes para cada posição do nó dentro do furo e assim, consegue reproduzir melhor a deformação na região do furo.

Para o modelo sólido com contato, os valores de deformação máxima em cisalhamento para os pontos 1, 2, 5 e 6 tiveram uma boa correlação com os resultados experimentais e se apresentaram na mesma ordem de grandeza, embora com valores menores que as deformações experimentais.

O modelo sólido com contato apesar de apresentar uma boa correlação com os resultados experimentais de deformação, é um modelo robusto, que apresenta uma maior fidelidade ao modelo real, mas que, necessita de grandes recursos computacionais para poder ser simulado.

Segundo Swift (1977), o comportamento esperado para a deformação do rebite em uma junta de topo submetida a um carregamento de tração é mostrado na Figura 5.13.

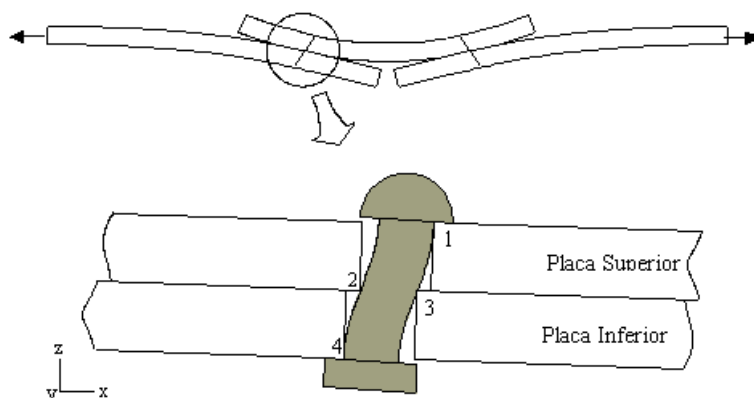


Figura 5.13 – Representação do rebite deformado durante o tracionamento da junta de topo.

Pode-se observar na Figura 5.13 que existem quatro regiões localizadas nas placas que estarão submetidas a esforços de compressão devido à flexão e cisalhamento do rebite.

As regiões 1 e 4 localizadas na chapa superior e inferior, respectivamente, estão sujeitas a esforços de compressão na direção  $z$  devido à cabeça do rebite e, a compressão na direção  $x$  devido à flexão das chapas.

As regiões 2 e 3 estão sujeitas a esforços de compressão devido ao esforço de cisalhamento do corpo do rebite.

As Figuras 5.14, 5.15, 5.16 e 5.15 mostram os valores máximos e mínimos para a tensão de Von Mises para os modelos com elemento de casca e para o modelo sólido com contato.

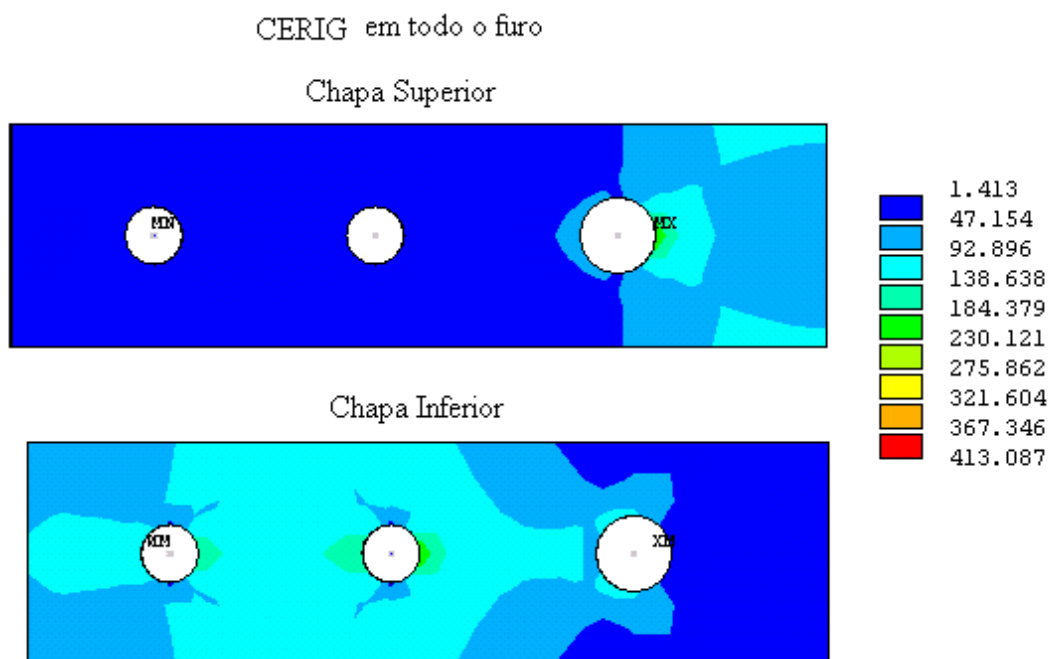


Figura 5.14 – Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite CERIG em todo furo.

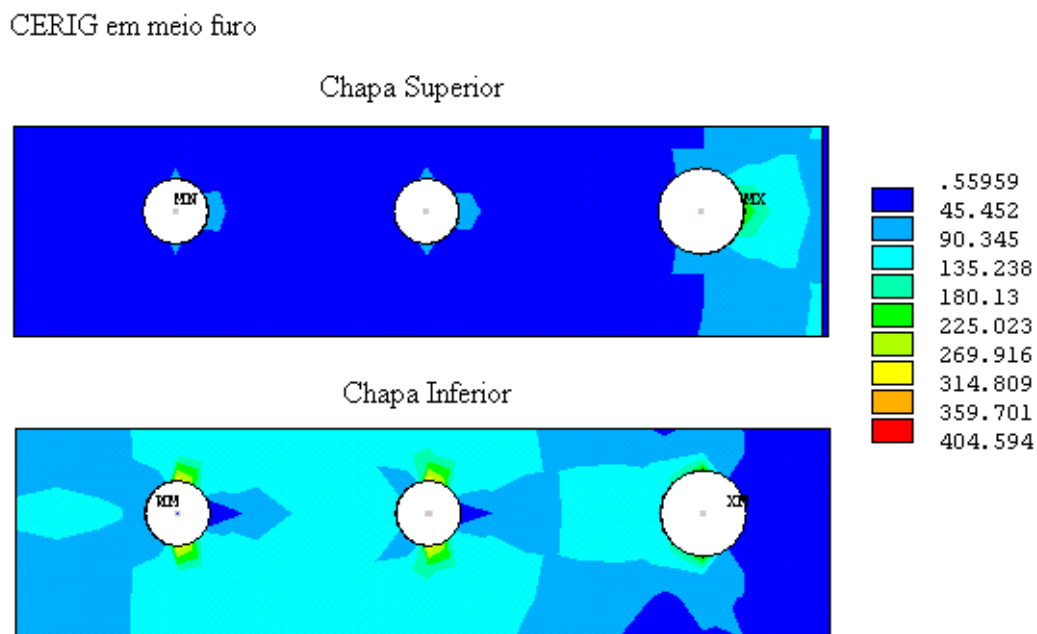


Figura 5.15 – Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite CERIG em meio furo.

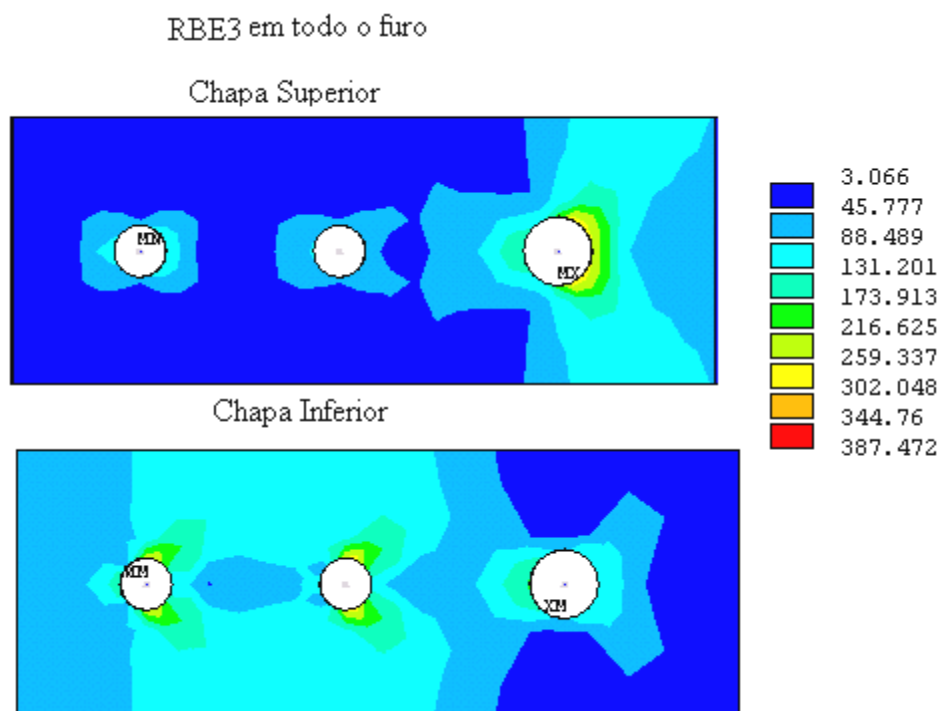


Figura 5.16 – Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite *RBE3* em todo furo.

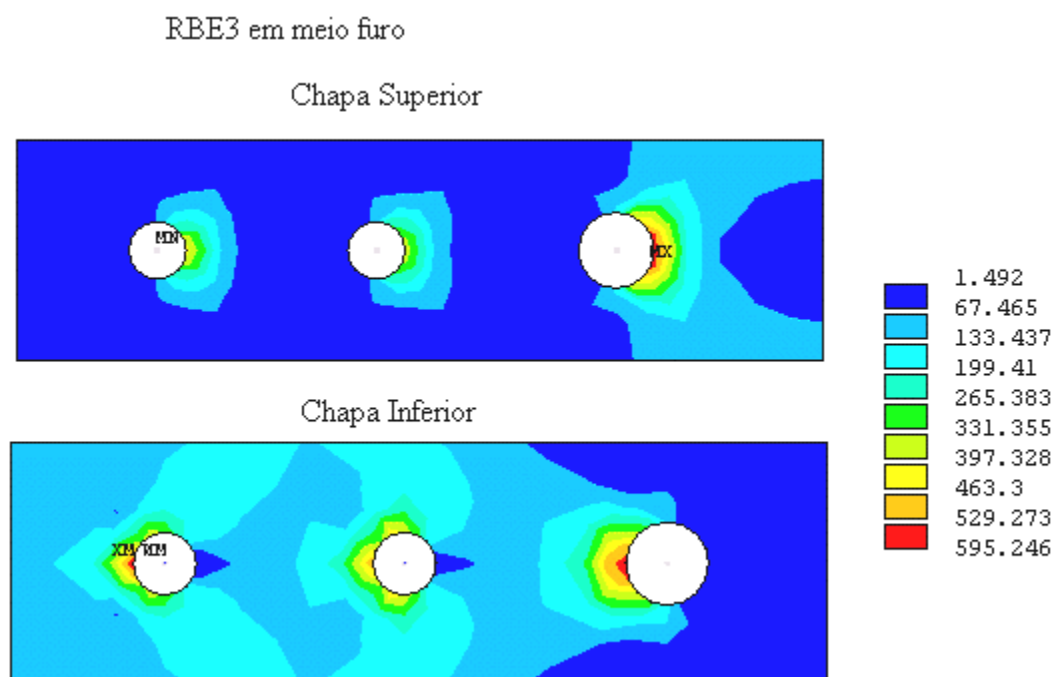


Figura 5.17 – Tensão de Von Mises para o modelo com elemento de casca e conexão chapa-rebite *RBE3* em meio furo.



Comparando os resultados obtidos da tensão de Von Mises com as diferentes formas de conexão chapa-rebite, observa-se que para o modelo com CERIG em todo o furo (Figura 5.14), o valor da tensão de Von Mises é de 413,087 MPa e é o máximo valor comparando com os outros modelos e que se encontra na última carreira de rebites como esperado. A conexão *CERIG* por ser uma conexão rígida, promovendo o mesmo deslocamento para cada nó do furo e por isso provoca esta maior concentração de tensão.

O modelo com a equação flexível RBE3 em todo o furo e com peso diferente para cada nó do furo (Figura 5.16) apresenta o valor da tensão de Von Mises de 387,43 MPa, menor que a tensão do modelo com CERIG em todo o furo. O comportamento da deformação do RBE3 mais próximo que o comportamento real do rebite durante o tracionamento, isto é, durante os esforços de tração cada região do rebite se deforma com intensidades diferentes e o RBE3 consegue reproduzir estas deformações.

Entretanto, a equação flexível RBE3 apresenta uma dificuldade que é atribuir manualmente cada valor diferente do peso para cada nó. Promovendo uma maior dificuldade e maior tempo para a construção do modelo.

Para os modelos com CERIG e RBE3 em meio furo, observa-se que as regiões 1 e 4 mostradas na Figura 5.13 não são simuladas e por isso, provocam uma variação muito brusca entre a região ao redor do furo que está sem as equações de restrições, causando uma grande concentração de tensão.

### **5.5 Resultados numéricos para o momento secundário**

O gráfico da Figura 5.18 mostra o comportamento do fator de momento  $k$  para vários carregamentos e também a curva referente à tensão do momento secundário  $\sigma_B$  para vários níveis de carregamento (referentes aos níveis de carregamento da junta sobreposta) ( $k$  e  $\sigma_B$  definidos no Capítulo 2).

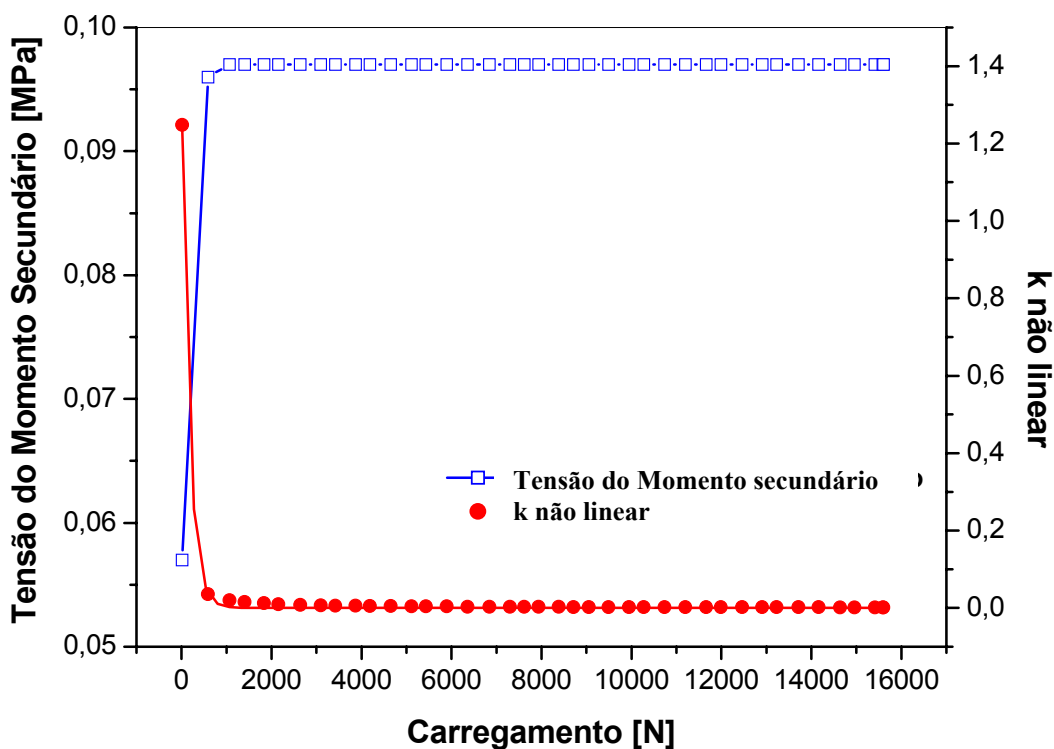


Figura 5.18 – Gráfico para o comportamento do fator de momento e para a tensão do momento secundário.

Analisando o gráfico apresentado na Figura 5.18, pode-se verificar que, para valores inferiores a 4.000 N, os valores correspondentes de  $k$  decaem rapidamente, a partir de 4.000 N a curva apresenta um comportamento linear assintótico, sendo o valor de  $k$  praticamente constante. Para baixos carregamentos, o fator de momento  $k$  assume um comportamento não linear.

Analisando a Equação 2.46 para o fator de momento  $k$ :

$$k = \frac{6}{2 + \left( \frac{Pl^2}{EI} \right)}$$

À medida que o carregamento aumenta, o valor do denominador tende a aumentar, diminuindo o valor de  $k$  e tendendo a ficar constante. Isto acontece porque à medida que aumenta a tração na junta sobreposta, o deslocamento  $\delta$  tende a se alinhar com a linha de força, ou seja, quando o deslocamento  $\delta$  for igual à metade da espessura ( $\delta_{\text{máx}} = t/2$ ) (Figura 5.19), o valor de  $k$  tende a ser constante.

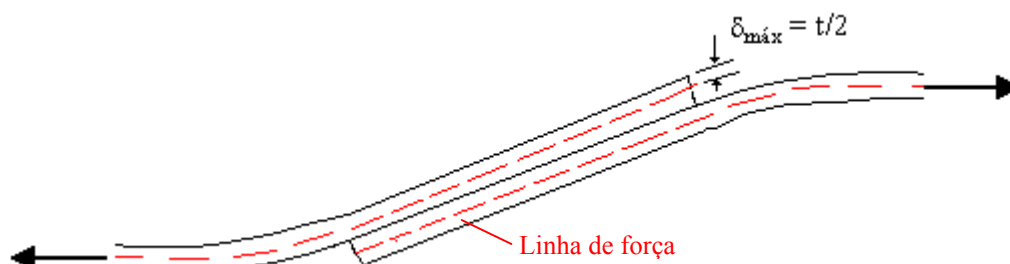


Figura 5.19 – Detalhe do deslocamento máximo e da linha de força na junta sobreposta.

A curva referente à tensão do momento secundário  $\sigma_B$  apresenta comportamento inverso ao fator de momento  $k$ , pois para valores inferiores a 4.000 N pode-se verificar que os valores correspondentes à tensão apresentam um aumento acentuado e, a partir de 4.000 N a curva apresenta um comportamento assintótico.

Analisando a Equação 2.43 para a tensão do momento secundário:

$$\sigma_B = \frac{P}{Wt} \left( \frac{6}{2 + Pl^2/EI} \right) = \frac{P}{Wt} k$$

Tem-se que à medida que a carga  $P$  aumenta, o valor de  $\sigma_B$  também aumenta e o numerador predomina sobre o denominador, pois o numerador  $P$  está sendo multiplicado, e não somado, ou seja, e, ocorre uma diminuição do efeito do momento secundário na junta sobreposta.

## CAPÍTULO 6

### 6. CONCLUSÕES

Analisando o comportamento das deformações experimentais com o comportamento das deformações dos modelos da junta sobreposta modelados com rebite viga e rebite mola, verificou-se que a melhor configuração para a simulação dos rebites, é um elemento com características mistas do elemento viga e do elemento mola.

A necessidade de implementação de uma solução que atendesse às características da junta sobreposta quanto à resistência ao cisalhamento e à flexão foi conseguida através do elemento “misto” proposto e sendo validado pela comparação das deformações observadas no modelo numérico com as deformações medidas através do experimento.

A fim de conseguir reproduzir as deformações das bordas das chapas da junta sobreposta, tendo em vista que, o modelo com elemento de casca e com rebite misto não conseguiu reproduzir de uma maneira satisfatória, foi proposto um modelo sólido com contato entre os rebites. Este modelo sólido conseguiu sanar o efeito de borda que acontece nos modelos com elemento de casca e reproduziu a deformação do extensômetro 9, com um valor muito próximo ao obtido no ensaio de tração monotônica. Entretanto, este modelo não obteve uma boa correlação com as deformações produzidas com baixos carregamentos.

A solução proposta do rebite misto é simples em termos de implementação e adequada para modelagem de juntas em modelos estruturais de conjuntos, porém não consegue reproduzir o efeito de borda. Nesta região, o material sofre influência do corte da chapa e, por isso ocorre um aumento da dureza por encruamento no material e, conseqüentemente a deformação medida pelo extensômetro é maior que a deformação numérica, pois não é possível simular as condições exatas da borda.

Para o ensaio de fotoelasticidade, observou-se que o modelo numérico da junta de topo com elemento de casca e rebite misto, utilizando a conexão chapa-rebite com *RBE3* em todo o furo, conseguiu uma melhor correlação dos valores numéricos com o experimentais para a região dos furos. Para os pontos afastados dos furos, não houve grande influência do tipo de elemento usado na conexão chapa-rebite. O modelo sólido da junta de topo com contato entre os rebites e as chapas conseguiu reproduzir as deformações de cisalhamento máximo para todos os pontos estudados.

A análise para o momento secundário, observou-se que, para baixos carregamentos, a tensão do momento secundário e o fator de momento não linear, apresentam um comportamento não-linear e, à medida que a carga aumenta, o comportamento torna-se linear assintótico, pois à medida que os esforços de tração aumentam o deslocamento da excentricidade passa a se alinhar com a linha de aplicação da força.

Foram alcançados todos os objetivos propostos para esta Dissertação.

## CAPITULO 7

### 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, V.; ASKENAZI A. *Building Better Products with Finite Element Analysis*, 5° ed. Onword Press, 1998.
- ANSYS, COMMAND MANUAL, *ANSYS User's Manual – Commands*, Swanson Analysis Systems, Inc., 2000.
- BOEING DESIGN MANUAL, *Ábacos Para Cálculo do Coeficiente de Flexibilidade*, 2002.
- BATHE, K.J, *Finite Element Procedure*, Ed. Copyright Material, 1996.
- CHAVES, C. E, WITTMANN, R. J., SPINELLI, H. A., *Analysis of Fastened Joints – Part 1: The Influence of Secondary Bending*, Coben - 17° Congresso Internacional de Engenharia Mecânica, 2003, São Paulo, Brasil
- FONSECA J., Ferramentas de Simulação Mecânica: Elementos Finitos, Apostila MEF, 2002.
- MIYAKE, E. T., Tratamento de Imagens Fotoelásticas Utilizando O Método dos Elementos de Contorno Para Análise de Tensões, Unicamp, 2003.
- MOAVENI, S., *Finite Element Analysis – Theory and Application with Ansys*, Prentice Hall, 1999.
- MÜLLER, R.P.G. *An Experimental and Analytical Investigation of the Fatigue Behavior of Fuselage Riveted Lap Joints. The Significance of the Rivet Squeeze Force, and a Comparison of 2024-T3 And Glare 3*, Delft University of Technology, 1995.
- NIU, M. CHUN-YUNG, *Airframe Structural Design –Practical Design Information and Data on Aircraft Structures*, 2° edição, Hardcover, 1999.
- RIBEIRO, R. P., *Manutenção e Fabricação de Aeronaves*, apostila, UFMG, 1998.
- RIJCK, J.J.M., and FAWAZ, S.A. – *A Simplified Approach for Stress Analysis of Mechanically Fastened Joints*, DoD /FAA/NASA Aging Aircraft Congress, 2000.
- SCHIJVE, J., *Some Elementary Calculations on Secondary Bending in Simple Lap Joints*, National Aerospace Laboratory NLR, Report TR 69116, Amsterdam, 1972.

- SCHIJVE, J., *Fatigue Of Structures And Materials*, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- SPINELLI, H. A., CHAVES, C. E., SILVA, F. A., *Modelagem de uma Junta Sobreposta Rebitada Através do Método dos Elementos Finitos*, SAE - 11º Congresso SAE Brasil, 2002.
- SOUZA, S. A., *Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos. Fundamentos Teóricos e Práticos*, São Paulo, Edgar Blücher, 1982.
- SWIFT, T., *Development of the Fail-Safe Design Feature of the Dc-10 - Damage Tolerance in Aircraft Structures*, ASTM STP 486, American Society for Testing and Materials, 1971.
- VIISOREANU, A. R., VIISOREANU, A., PARADY JUNIOR, JONH A., *Fasteners Modeling for MSC.Nastran Finite Elements Analysis*, SAE – International, 2000.

## CAPITULO 8

### 8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Continuar o estudo do momento secundário através de simulações numéricas;
- Fazer análises não-lineares para a geometria da junta sobreposta e avaliar o comportamento do momento secundário;
- Calcular a distribuição de carga para cada fileira de rebite, para as juntas sobreposta e de topo;
- Fazer o estudo da fadiga: cálculo da concentração de tensão ( $K_t$ ), coeficiente de fadiga ( $K_f$ ), severidade ao entalhe( $q$ ), levantamento das curvas S-N;
- Calcular o tempo de vida útil das juntas;
- Analisar a influência da interferência do rebite nas chapas;
- Analisar o efeito da tensão de compressão (*squeezing stress*) e suas conseqüências nas propriedades das juntas;
- Estudar outras configurações de juntas, com por exemplo, juntas circunferenciais;
- Estudar o efeito da pressurização nas juntas circunferenciais;
- Estudar outros tipos de materiais, como por exemplo, juntas com chapas de material composto;
- Analisar se a configuração do rebite misto é válida para juntas com três ou mais chapas.



## ANEXO A

### 1. Elemento de casca *SHELL63*

O elemento de casca *SHELL63* é um elemento elástico isoparamétrico, formado por quatro nós (I,J,K,L), apresenta seis graus de liberdade em cada nó: translação nas direções X,Y e Z e rotação nos eixos X,Y e Z.

Possui rigidez de fundação elástica, que é definida como a pressão requerida para produzir uma deflexão unitária na capacidade de fundação.

Apresenta rotação em torno do ângulo  $\theta$ , tensão de rigidez e capacidade de grande deflexão.

A espessura pode variar para cada nó. Se o elemento tem uma espessura constante, é necessário informar o seu valor apenas para um único nó, se for variável, é necessário informar o valor da espessura para todos os quatros nós.

A Figura A01 ilustra o elemento de casca *SHELL63*.

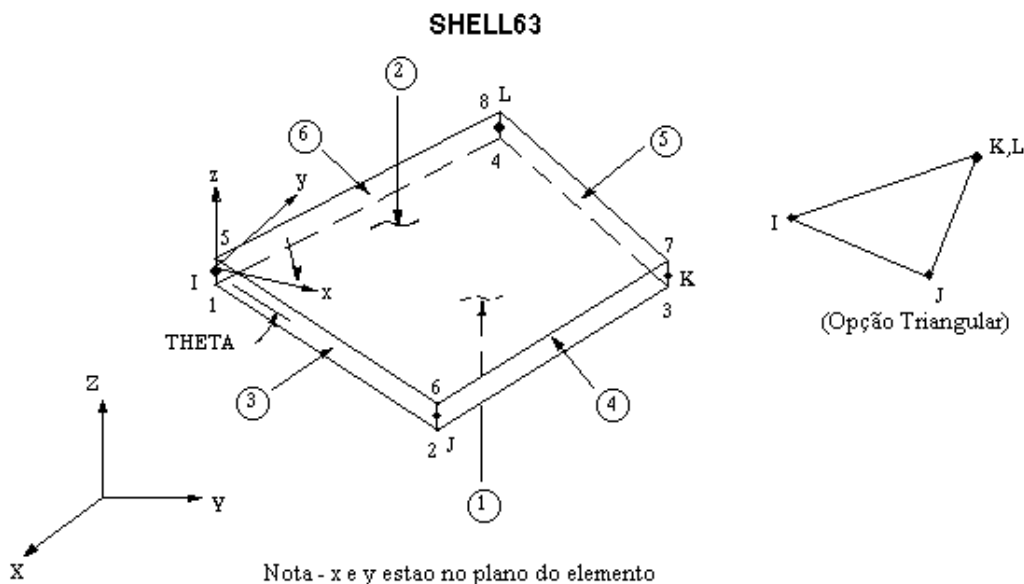


Figura A01 – Esquema do elemento *SHELL63*.

## 2. Elemento de casca *SHELL93*

O elemento de casca *SHELL93* é similar ao *SHELL63* e, é formado por oito nós (I, J, K, L, M, N, O, P). Apresenta seis graus de liberdade em cada nó: translação nas direções X,Y e Z e rotação nos eixos X,Y e Z.

A Figura A02 ilustra o elemento de casca *SHELL93*.

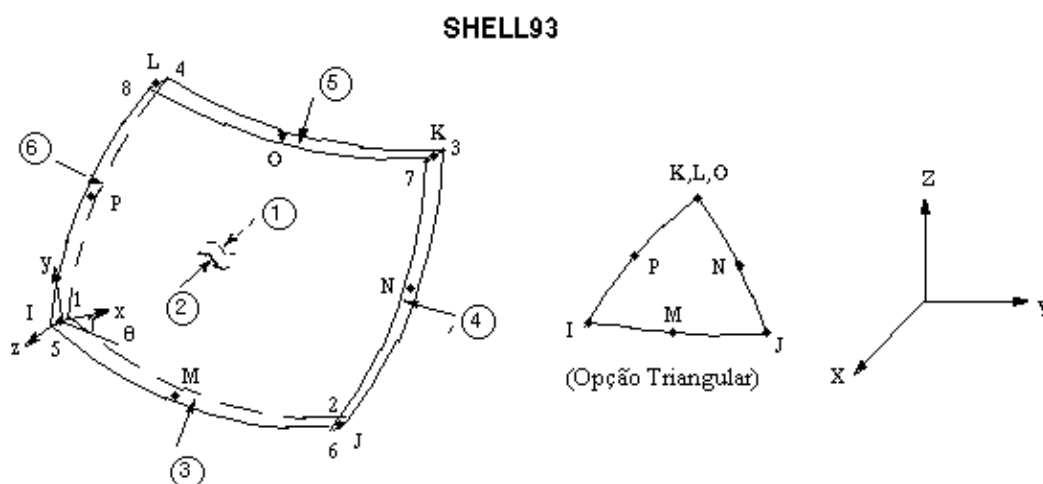


Figura A02 – Esquema do elemento de casca *SHELL93*.

## 3. Elemento de barra *BEAM4*

O elemento de barra *BEAM4*, é um elemento elástico uniaxial tridimensional, com tensão, compressão, torção e capacidade de momento.

Apresenta a forma de linha conectada por dois nós, e um terceiro nó (opcional), pode ser usado para especificar a orientação do eixo Y.

Possui 12 graus de liberdade, ou seja, translação nas direções X, Y e Z; rotação ao longo dos eixos X, Y e Z.

O elemento de barra *BEAM4* apresenta as seguintes propriedades:

- área da secção transversal;
- momentos de inércia  $I_{yy}$  e  $I_{zz}$ ;
- duas espessuras  $t_{ky}$  e  $t_{kz}$ ;
- ângulo de orientação  $\theta$ ;
- momento de inércia de torção  $I_{yz}$

A Figura A03 ilustra o elemento de barra *BEAM4*.

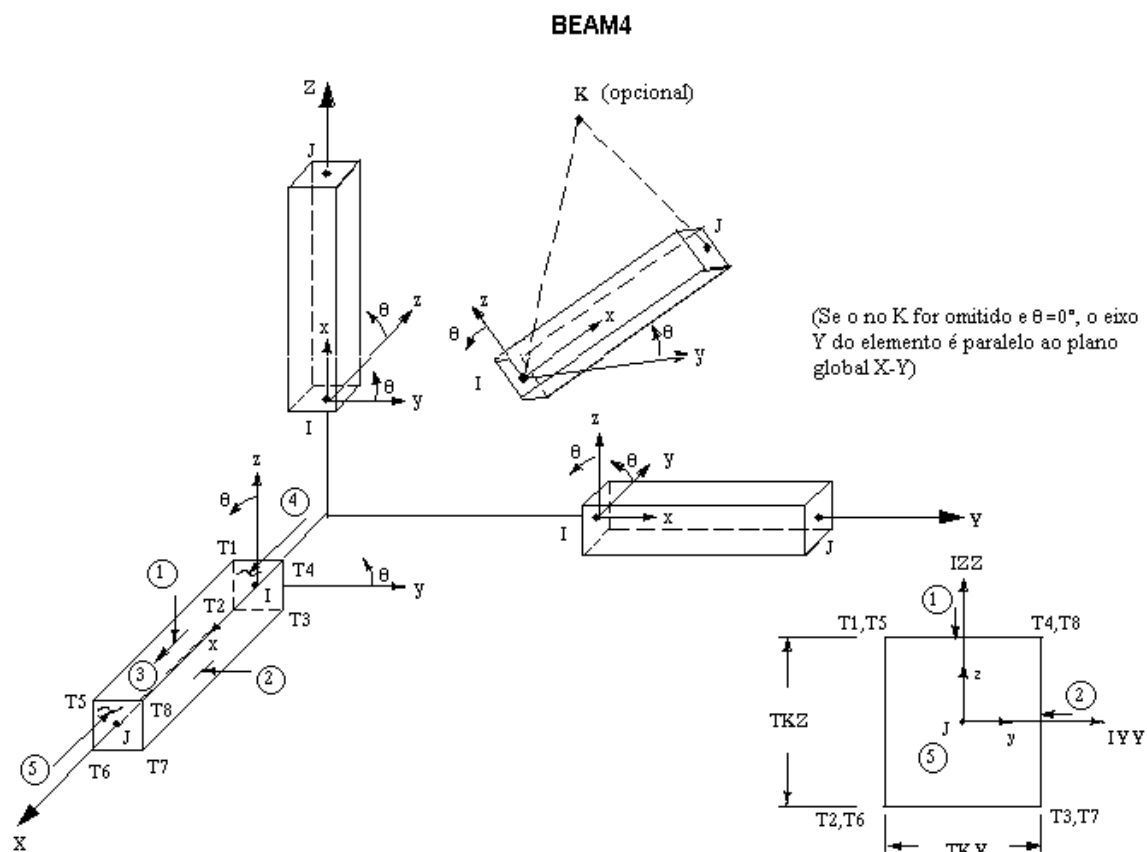


Figura A03 – Esquema do elemento de barra *BEAM4*.

#### 4. Elemento mola- amortecedor *COMBIN14*

O elemento mola-amortecedor *COMBIN14*, é um elemento uniaxial de tensão –compressão, formado por dois nós e, um terceiro nó (opcional) pode ser usado para especificar a orientação do eixo Y.

Possui três graus de liberdade para cada nó: translação nas direções X, Y e Z.

Apresenta capacidade torsional em uma, duas ou três dimensões. A opção torcional do elemento de mola, é uma rotação pura do elemento nos três graus de liberdade. A flexão e forças axiais não são consideradas..

Apresenta uma rigidez K.

O elemento de mola não possui massa, mas esta pode ser adicionada utilizando o elemento de massa *MASS21*.

A Figura A04 ilustra o elemento mola-amortecedor *COMBIN14*.

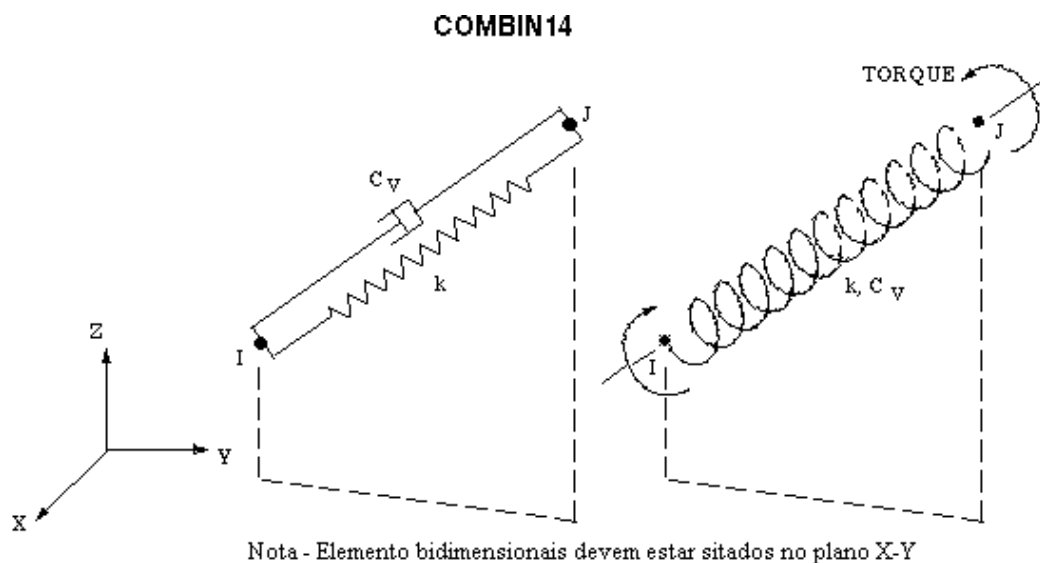


Figura A04 - Esquema do elemento mola- amortecedor *COMBIN14*.

### 5. Elemento de massa estrutural *MASS21*

O elemento de massa estrutural *MASS21* é definido por um único nó, com seis graus de liberdade: translação nas direções X,Y e Z e rotação nos eixos X,Y e Z. Apresenta componentes de massa concentrada (Força\*Tempo<sup>2</sup> / comprimento) na direção das coordenadas do elemento, e rotação inercial (Força\*Comprimento\*Tempo<sup>2</sup>) sobre os eixos de coordenadas do elemento. O sistema de coordenada deve ser inicialmente paralelo ao eixo do sistema de coordenada global ou, o sistema de coordenada nodal.

O elemento de massa não tem efeito na solução de análise estática, a menos que exista aceleração ou rotação no modelo numérico.

A Figura A05 ilustra o elemento de massa estrutural *MASS21*.

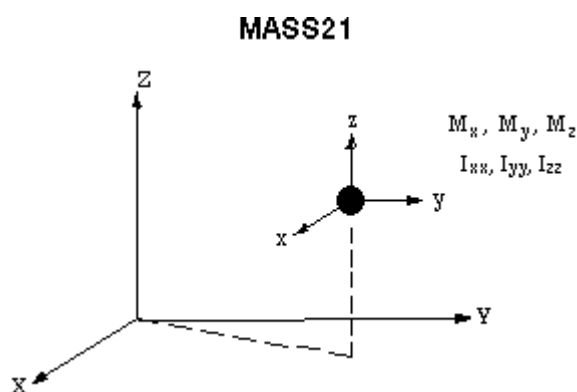


Figura A05 –Esquema do elemento de massa estrutural *MASS21*.

## 6. Elemento sólido *SOLID73*

O elemento sólido *SOLID73* é um elemento estrutural tridimensional, formado por oito nós (I, J, L, K, M, N, O, P) com seis graus de liberdade em cada nó: translação nas direções X,Y e Z e rotação nos eixos X,Y e Z.

Pode ser atribuído nas superfícies das faces do elemento variáveis como temperatura e pressão.

A geometria, as localizações dos nós e o sistema de coordenada são mostrados na Figura A06 e as direções das tensões do elemento sólido *SOLID73*, são mostradas na Figura A07.

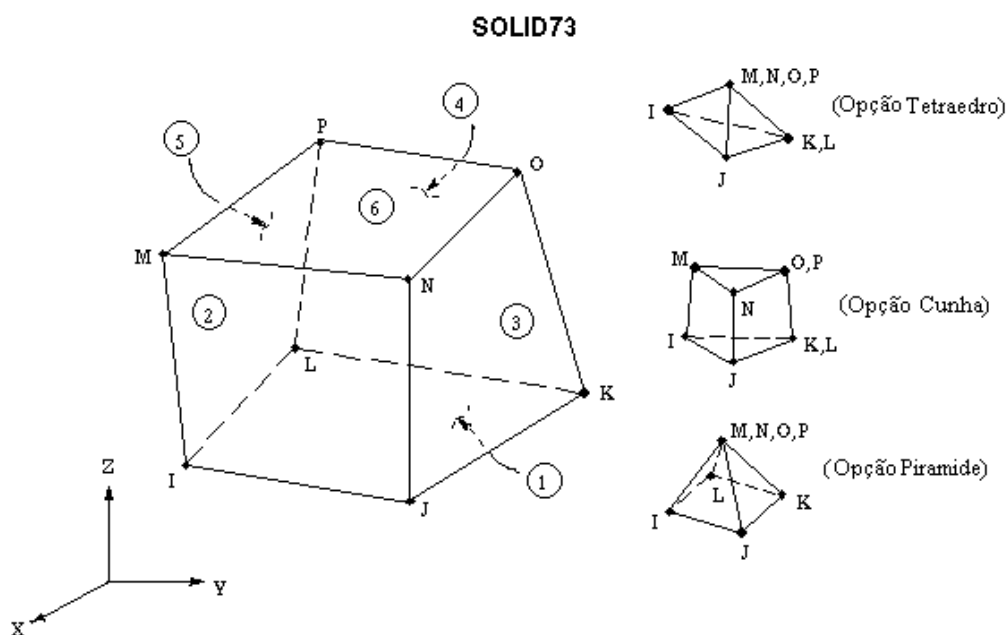


Figura A06 - Esquema do elemento sólido *SOLID73*.

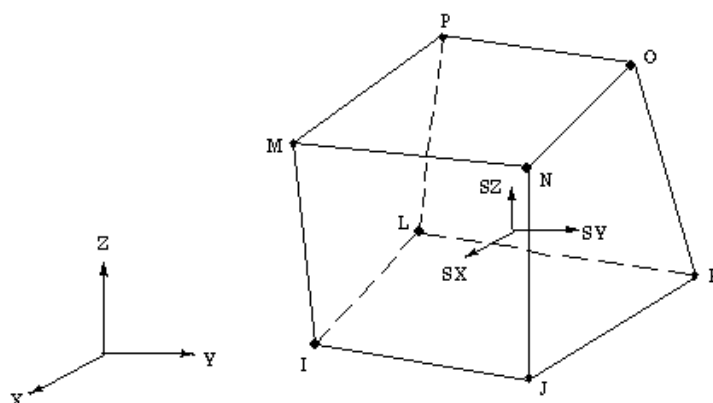
**SOLID73 TENSÕES**

Figura A07 – Tensões no elemento sólido *SOLID73*.

### 7. Elemento de contato *TARGE170*

O elemento de contato *TARGE170* é um elemento que representa um segmento da superfície rígida do contato, isto é, *TARGE170* representa várias superfícies “target” tridimensionais, as quais são associadas com o elemento de contato *CONTA174*. Os elementos de contato descrevem os limites das deformações de corpos dos elementos sólidos que potencialmente possam estar em contato. A superfície “target” é discretizada pelos elementos de segmentos *TARGE170*.

Pode ser imposto nos deslocamentos condições de translação ou rotação, assim como forças e momentos no elemento *TARGE170*.

A Figura A08 ilustra o elemento *TARGE170*.

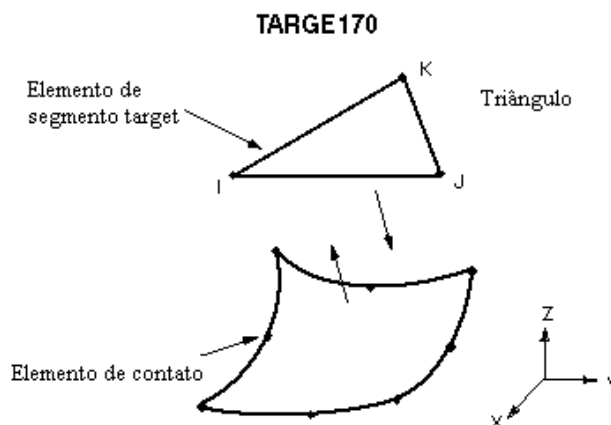


Figura A08 - Esquema do elemento *TARGE170*.

## 8. Elemento de contato *CONTA174*

O elemento de contato *CONTA174* representa o contato e deslizamento entre as superfícies tridimensionais “*target*” e a deformação destas superfícies.

Este elemento é formado por oito nós com três graus de liberdade em cada um: translação nas direções X,Y e Z e, está localizado nas superfícies dos elementos sólidos tridimensionais ou, nos elementos de casca que possuem nós intermediários (por exemplo, *SHELL93*). Possui também algumas características geométricas como os elementos sólidos ou de casca, como mostra a Figura A09.

O contato ocorre quando há penetração da superfície do elemento *CONTA174* com os elementos de segmentos *TARGE170* na superfície especificada “*target*”.

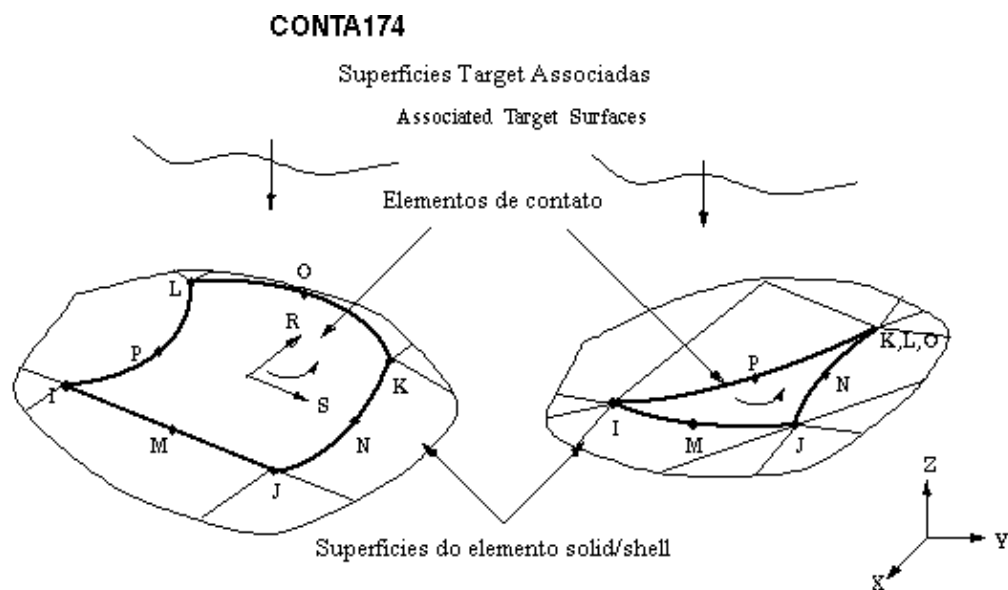


Figura 09 – Esquema do elemento de contato *CONTA174*.

## 9. Cinemática do contato

No estudo do contato entre dois corpos, denomina-se a superfície de um deles como sendo a superfície de contato e, a outra superfície “*target*” ou alvo. O conceito de par contato-alvo é amplamente usado na simulação por elementos finitos. Para o contato rígido-flexível, a superfície de contato é

associada ao corpo deformável e a superfície alvo deve ser associada a um corpo rígido.

A detecção dos pontos de contato é feita através da localização dos pontos nodais ou pontos de Gaus. A Figura A10 mostra a detecção da localização do ponto de contato para os pontos de Gaus.

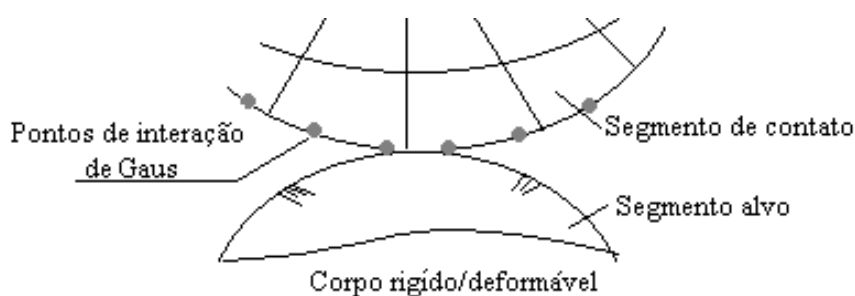


Figura A10 – Pontos de Gaus de contato.

Os elementos de contato são restringidos contra a penetração na superfície alvo através da integração de seus pontos. Entretanto, a superfície alvo pode penetrar na superfície do contato. O uso da integração dos pontos de Gaus permite que se consiga resultados precisos, embora algumas imprecisões possam levar à perda do contato e, conseqüentemente, dificultar a convergência dos resultados.

A distância da penetração é medida na direção normal à superfície de contato, localizada na integração dos pontos na superfície alvo. Podem ocorrer descontinuidades do contato, se a geometria estudada apresentar cantos vivos na superfície alvo, ou podem ser introduzidas pelo processo de discretização numérica. O cálculo da distância de penetração baseados neste método não tem restrição da geometria da superfície alvo rígida.



## ANEXO B

Neste Anexo B, são apresentados os arquivos de texto para a simulação das juntas sobreposta e de topo.

### 1. Modelo com elemento de casca para a junta sobreposta

```
finish
/clear
/title, lap joint
width = 8
height = 8
radius = 1.985
/auto
/prep7
!material
ex,1,74500
nuxy,1,0.33
ex,2,74000
nuxy,2,0.33
!elementos
et,1,shell63
r,1,1.6
et,2,beam4
r,2,12.3786,0.15,0.15,
3.97,3.97
et,3,combin14,0,1,0
r,3,3142.36,0.
et,4,mass21
r,4,1e-10
!areas da chapa
inferior
rectng,0,64,0,9.75
rectng,0,8,9.75,17.75
rectng,16,28,9.75,17.7
5
rectng,36,48,9.75,17.7
5
rectng,56,64,9.75,17.7
5
rectng,0,64,17.75,37.2
5
rectng,0,8,37.25,45.25
rectng,16,28,37.25,45.
25
rectng,36,48,37.25,45.
25
rectng,56,64,37.25,45.
25
rectng,0,64,45.25,64.7
5
rectng,0,8,64.75,72.75
rectng,16,28,64.75,72.
75
Rectng,36,48,64.75,72.
75
rectng,56,64,64.75,72.
75
rectng,0,64,72.75,92.2
5
rectng,0,8,92.25,100.2
5
rectng,16,28,92.25,100
.25
rectng,36,48,92.25,100
.25
rectng,56,64,92.25,100
.25
rectng,0,64,100.25,119
.75
rectng,0,8,119.75,127.
75
rectng,16,28,119.75,12
7.75
rectng,36,48,119.75,12
7.75
rectng,56,64,119.75,12
7.75
rectng,0,64,127.75,137
.5
nummrg,all
!base para os furos
!fileira 1
wpoffs,8,9.75
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,27,28
csys,4
arsysm,x,29
arsysm,y,29
arsysm,x,28
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,31,32
csys,4
arsysm,x,33
arsysm,y,33
arsysm,x,32
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,35,36
csys,4
arsysm,x,37
arsysm,y,37
arsysm,x,36
csys,0
!fileira 2
wpoffs,-44,23.5
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,39,40
csys,4
arsysm,x,41
arsysm,y,41
arsysm,x,40
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HIGHT/2
pcirc,radius
asba,43,44
csys,4
arsysm,x,45
arsysm,y,45
arsysm,x,44
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,width/2,height/
2
pcirc,radius
asba,47,48
csys,4
arsysm,x,49
arsysm,y,49
arsysm,x,48
csys,0
!fileira 3
wpoffs,-44,23.5
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,51,52
csys,4
arsysm,x,53
arsysm,y,53
arsysm,x,52
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,55,56
csys,4
arsysm,x,57
arsysm,y,57
arsysm,x,56
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,59,60
csys,4
arsysm,x,61
arsysm,y,61
arsysm,x,60
csys,0
!fileira 4
wpoffs,-44,23.5
rectng,,width/2,,heigh
t/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/
2
pcirc,radius
asba,63,64
csys,4
arsysm,x,65
arsysm,y,65
arsysm,x,64
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,67,68
csys,4
arsysm,x,69
arsysm,y,69
arsysm,x,68
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,71,72
csys,4
arsysm,x,73
arsysm,y,73
arsysm,x,72
csys,0
!fileira 5
wpoffs,-44,23.5
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,75,76
csys,4
arsysm,x,77
arsysm,y,77
arsysm,x,76
csys,0
```

```

wpooffs,16,-4          lccat,185,188
rectng,,width/2,,height/2 lccat,188,194
wpooffs,WIDTH/2,HEIGHT/2 lccat,185,187
pcirc,radius          lccat,186,192
asba,79,80            lccat,192,190
csys,4                lccat,186,187
arsysm,x,81           lccat,200,204
arsysm,y,81           lccat,204,190
arsysm,x,80           lccat,200,196
csys,0                lccat,195,199
wpooffs,16,-4          lccat,199,194
rectng,,width/2,,height/2 lccat,195,196
wpooffs,WIDTH/2,HEIGHT/2 !furo 6
pcirc,radius          lccat,205,208
asba,83,84            lccat,208,214
csys,4                lccat,205,207
arsysm,x,85           lccat,206,212
arsysm,y,85           lccat,212,210
arsysm,x,84           lccat,206,207
nummrg,all            lccat,220,224
csys,0                lccat,224,210
!concatenar os furos lccat,220,216
!furo 1               lccat,215,219
lccat,105,108         lccat,219,214
lccat,108,114         lccat,215,216
lccat,105,107         !furo 7
lccat,106,112         lccat,225,228
lccat,112,110         lccat,228,234
lccat,106,107         lccat,225,227
lccat,120,124         lccat,226,232
lccat,124,110         lccat,232,230
lccat,120,116         lccat,226,227
lccat,115,119         lccat,240,244
lccat,119,114         lccat,244,230
lccat,115,116         lccat,240,236
!furo 2               lccat,235,239
lccat,125,128         lccat,239,234
lccat,128,134         lccat,235,236
lccat,125,127         !furo 8
lccat,126,132         lccat,245,248
lccat,132,130         lccat,248,254
lccat,126,127         lccat,245,247
lccat,140,144         lccat,246,252
lccat,144,130         lccat,252,250
lccat,140,136         lccat,246,247
lccat,135,139         lccat,260,264
lccat,139,134         lccat,264,250
lccat,135,136         lccat,260,256
!furo 3               lccat,255,259
lccat,145,148         lccat,259,254
lccat,148,154         lccat,255,256
lccat,145,147         !furo 9
lccat,146,152         lccat,265,268
lccat,152,150         lccat,268,274
lccat,146,147         lccat,265,267
lccat,160,164         lccat,266,272
lccat,164,150         lccat,272,270
lccat,160,156         lccat,266,267
lccat,155,159         lccat,280,284
lccat,159,154         lccat,284,270
lccat,155,156         lccat,280,276
!furo 4               lccat,275,279
lccat,165,168         lccat,279,274
lccat,168,174         lccat,275,276
lccat,165,167         !furo 10
lccat,166,172         lccat,285,288
lccat,172,170         lccat,288,294
lccat,166,167         lccat,285,287
lccat,180,184         lccat,286,292
lccat,184,170         lccat,292,290
lccat,180,176         lccat,286,287
lccat,175,179         lccat,300,304
lccat,179,174         lccat,304,290
lccat,175,176         lccat,300,296
!furo 5               lccat,295,299
lccat,299,294
lccat,295,296
!furo 11
lccat,305,308
lccat,308,314
lccat,305,307
lccat,306,312
lccat,312,310
lccat,306,307
lccat,320,324
lccat,324,310
lccat,320,316
lccat,315,319
lccat,319,314
lccat,315,316
!furo 12
lccat,325,328
lccat,328,334
lccat,325,327
lccat,326,332
lccat,332,330
lccat,326,327
lccat,340,344
lccat,344,330
lccat,340,336
lccat,335,339
lccat,339,334
lccat,335,336
!furo 13
lccat,345,348
lccat,348,354
lccat,345,347
lccat,346,352
lccat,352,350
lccat,346,347
lccat,360,364
lccat,364,350
lccat,360,356
lccat,355,359
lccat,359,354
lccat,355,356
!furo 14
lccat,365,368
lccat,368,374
lccat,365,367
lccat,366,372
lccat,372,370
lccat,366,367
lccat,380,384
lccat,384,370
lccat,380,376
lccat,375,379
lccat,379,374
lccat,375,376
!furo 15
lccat,385,388
lccat,388,394
lccat,385,387
lccat,386,392
lccat,392,390
lccat,386,387
lccat,400,404
lccat,404,390
lccat,400,396
lccat,395,399
lccat,399,394
lccat,395,396
esize,2
eshape,2
type,1
real,1
RMODIF,1,6,-90.
RMODIF,1,7,1
amesh,all
nummrg,all
csys,0
!criar os nós mestres
!fileira 1
n,3089,12,13.75
n,3090,32,13.75
n,3091,52,13.75
!fileira 2
n,3092,12,41.25
n,3093,32,41.25
n,3094,52,41.25
!fileira 3
n,3095,12,68.75
n,3096,32,68.75
n,3097,52,68.75
!fileira 4
n,3098,12,96.25
n,3099,32,96.25
n,4000,52,96.25
!fileira 5
n,4001,12,123.75
n,4002,32,123.75
n,4003,52,123.75
!area 4x4
wpooffs,-200,-123.75
rectng,144,148,0,137.5
!no da area 4 x 4
n,4004,-4,68.75
n,4005,-2,70.75
n,4006,-2,72.75
n,4007,-4,72.75
n,4008,-2,74.70
n,4009,-4,76.65
n,4010,-2,78.60
n,4011,-2,80.55
n,4012,-4,80.55
n,4013,-2,82.50
n,4014,-4,84.45
n,4015,-2,86.40
n,4016,-2,88.35
n,4017,-4,88.35
n,4018,-2,90.30
n,4019,-4,92.25
n,4020,-2,94.25
n,4021,-2,96.25
n,4022,-4,96.25
n,4023,-2,98.25
n,4024,-4,100.25
n,4025,-2,102.20
n,4026,-2,104.15
n,4027,-4,104.15
n,4028,-2,106.10
n,4029,-4,108.05
n,4030,-2,110
n,4031,-2,111.95
n,4032,-4,111.95
n,4033,-2,113.90
n,4034,-4,115.85
n,4035,-2,117.80
n,4036,-2,119.75
n,4037,-4,119.75
n,4038,-2,121.75
n,4039,-4,123.75
n,4040,-2,125.75
n,4041,-2,127.75
n,4042,-4,127.75
n,4043,-2,129.70
n,4044,-4,131.60
n,4045,-2,133.60
n,4046,-2,135.55
n,4047,-4,135.55
n,4048,-2,137.50
n,4049,-4,137.50
!de baixo
n,4050,-2,66.750
n,4051,-2,64.750

```

```

n,4052,-4,64.750
n,4053,-2,62.800
n,4054,-4,60.850
n,4055,-2,58.900
n,4056,-2,56.950
n,4057,-4,56.950
n,4058,-2,55.000
n,4059,-4,53.050
n,4060,-2,51.100
n,4050,-2,66.750
n,4061,-2,49.150
n,4062,-4,49.150
n,4063,-2,47.200
n,4064,-4,45.250
n,4065,-2,43.250
n,4066,-2,41.250
n,4067,-4,41.250
n,4068,-2,39.250
n,4069,-4,37.250
n,4070,-2,35.300
n,4071,-2,33.350
n,4072,-4,33.350
n,4073,-2,31.400
n,4074,-4,29.450
n,4075,-2,27.500
n,4076,-2,25.550
n,4077,-4,25.550
n,4078,-2,23.600
n,4079,-4,21.650
n,4080,-2,19.700
n,4081,-2,17.750
n,4082,-4,17.750
n,4083,-2,15.750
n,4084,-4,13.750
n,4085,-2,11.750
n,4086,-2,9.75000
n,4087,-4,9.75000
n,4088,-2,7.80000
n,4089,-4,5.85000
n,4090,-2,3.90000
n,4091,-2,1.95000
n,4092,-4,1.95000
n,4093,-2,0
n,4094,-4,0
type,1
real,1
e,1170,1169,4005,4004
e,4005,1169,1165,4006
e,4004,4005,4006,4007
e,4006,1165,1356,4008
e,4007,4006,4008,4009
e,4008,1356,1355,4009
e,4009,1355,1354,4010
e,4010,1354,1353,4011
e,4009,4010,4011,4012
e,4012,4011,4013,4014
e,4011,1353,1352,4013
e,1352,1351,4014,4013
e,4014,1351,1350,4015
e,4014,4015,4016,4017
e,4015,1350,1349,4016
e,4017,4016,4018,4019
e,4016,1349,1348,4018
e,4018,1348,1316,4019
e,4019,1316,1650,4020
e,4019,4020,4021,4022
e,4020,1650,1649,4021
e,4021,1649,1648,4023
e,4022,4021,4023,4024
e,4024,4023,1648,1644
e,4024,1644,1835,4025
e,4024,4025,4026,4027
e,4025,1835,1834,4026
e,4027,4026,4028,4029
e,4026,1834,1833,4028
e,4029,4028,1833,1832
e,4029,1832,1831,4030
e,4029,4030,4031,4032
e,4030,1831,1830,4031
e,4032,4031,4033,4034
e,4031,1830,1829,4033
e,4033,1829,1828,4034
e,4034,1828,1827,4035
e,4034,4035,4036,4037
e,4035,1827,1795,4036
e,4036,1795,2129,4038
e,4037,4036,4038,4039
e,4038,2129,2128,4039
e,4039,2128,2127,4040
e,4040,2127,2123,4041
e,4039,4040,4041,4042
e,4041,2123,2304,4043
e,4042,4041,4043,4044
e,4043,2304,2303,4044
e,4044,2303,2302,4045
e,4045,2302,2301,4046
e,4044,4045,4046,4047
e,4046,2301,2269,4048
e,4047,4046,4048,4049
!de baixo
e,4050,1171,1170,4004
e,4052,4051,4050,4004
e,4051,837,1171,4050
e,4054,4053,4051,4052
e,4053,869,837,4051
e,4054,870,869,4053
e,4055,871,870,4054
e,4057,4056,4055,4054
e,4056,872,871,4055
e,4059,4058,4056,4057
e,4058,873,872,4056
e,4059,874,873,4058
e,4060,875,874,4059
e,4062,4061,4060,4059
e,4061,876,875,4060
e,4064,4063,4061,4062
e,4063,877,876,4061
e,4064,686,877,4063
e,4065,690,686,4064
e,4067,4066,4065,4064
e,4066,691,690,4065
e,4069,4068,4066,4067
e,4068,692,691,4066
e,4069,358,692,4068
e,4070,390,358,4069
e,4072,4071,4070,4069
e,4071,391,390,4070
e,4074,4073,4071,4072
e,4073,392,391,4071
e,4074,393,392,4073
e,4075,394,393,4074
e,4077,4076,4075,4074
e,4076,395,394,4075
e,4079,4078,4076,4077
e,4078,396,395,4076
e,4079,397,396,4078
e,4080,398,397,4079
e,4082,4081,4080,4079
e,4081,207,398,4080
e,4083,211,207,4081
e,4084,4083,4081,4082
e,4084,212,211,4083
e,4085,213,212,4084
e,4087,4086,4085,4084
e,4086,39,213,4085
e,4089,4088,4086,4087
e,4088,71,39,4086
e,4089,72,71,4088
e,4090,73,72,4089
e,4092,4091,4090,4089
e,4091,74,73,4090
e,4093,1,74,4091
e,4094,4093,4091,4092
nummrg,node,0.1
numm,all
!areas superiores
wpoffs,148,0,1.6
rectng,0,64,0,9.75
rectng,0,8,9.75,17.75
rectng,16,28,9.75,17.75
rectng,36,48,9.75,17.75
rectng,56,64,9.75,17.75
rectng,0,64,17.75,37.25
rectng,0,8,37.25,45.25
rectng,16,28,37.25,45.25
rectng,36,48,37.25,45.25
rectng,56,64,37.25,45.25
rectng,0,64,45.25,64.75
rectng,0,8,64.75,72.75
rectng,16,28,64.75,72.75
rectng,36,48,64.75,72.75
rectng,56,64,64.75,72.75
rectng,0,64,72.75,92.25
rectng,0,8,92.25,100.25
rectng,16,28,92.25,100.25
rectng,36,48,92.25,100.25
rectng,56,64,92.25,100.25
rectng,0,64,100.25,119.75
rectng,0,8,119.75,127.75
rectng,16,28,119.75,127.75
5
rectng,36,48,119.75,127.75
5
rectng,56,64,119.75,127.75
5
rectng,0,64,127.75,137.5
nummrg,all
!base para os furos
!fileira 6
wpoffs,8,9.75
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,114,115
csys,4
arsysm,x,116
arsysm,y,116
arsysm,x,115
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,142,143
csys,4
arsysm,x,144
arsysm,y,144
arsysm,x,143
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,146,147
csys,4
arsysm,x,148
arsysm,y,148
arsysm,x,147
csys,0
!fileira 5
wpoffs,-44,23.5
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,150,151
csys,4
arsysm,x,152
arsysm,y,152
arsysm,x,151
csys,0
wpoffs,16,-4
rectng,,width/2,,height/2
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2
pcirc,radius
asba,154,155
csys,4
arsysm,x,156
arsysm,y,156

```

```

arsysm,x,155          lccat,680,678          lccat,796,802          lccat,903,904
csys,0                lccat,674,675          lccat,793,795          !furo 30
wpoffs,16,-4         lccat,688,692          lccat,794,800          lccat,913,916
rectng,,width/2,,height/2 lccat,692,678          lccat,800,798          lccat,916,922
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2 lccat,688,684          lccat,794,795          lccat,913,915
pcirc,radius         lccat,683,687          lccat,808,812          lccat,914,920
asba,158,159         lccat,687,682          lccat,812,798          lccat,920,918
csys,4                lccat,683,684          lccat,808,804          lccat,914,915
arsysm,x,160         !furo 19                lccat,803,807          lccat,928,932
arsysm,y,160         lccat,693,696          lccat,807,802          lccat,932,918
arsysm,x,159         lccat,696,702          lccat,803,804          lccat,928,924
!fileira 5           lccat,693,695          !furo 25                lccat,923,927
wpoffs,-44,23.5     lccat,694,700          lccat,813,816          lccat,927,922
rectng,,width/2,,height/2 lccat,700,698          lccat,816,822          lccat,923,924
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2 lccat,694,695          lccat,813,815          esize,2
pcirc,radius         lccat,708,712          lccat,814,820          eshape,2
asba,162,163         lccat,712,698          lccat,820,818          type,1
csys,4                lccat,708,704          lccat,814,815          mat,2
arsysm,x,164         lccat,703,707          lccat,828,832          amesh,88,173,1
arsysm,y,164         lccat,707,702          lccat,832,818          nummrg,all
arsysm,x,163         lccat,703,704          lccat,828,824          !nos da area 4 x 4
csys,0                !furo 20                lccat,823,827          !de cima
wpoffs,16,-4         lccat,713,716          lccat,827,822          N,7183,68,68.750,1.6
rectng,,width/2,,height/2 lccat,716,722          lccat,823,824          N,7184,66,70.750,1.6
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2 lccat,713,715          !furo 26                n,7185,66,72.750,1.6
pcirc,radius         lccat,714,720          lccat,833,836          n,7186,68,72.750,1.6
asba,166,167         lccat,720,718          lccat,836,842          n,7187,66,74.700,1.6
csys,4                lccat,714,715          lccat,833,835          n,7188,68,76.650,1.6
arsysm,x,168         lccat,728,732          lccat,834,840          n,7189,66,78.600,1.6
arsysm,y,168         lccat,732,718          lccat,840,838          n,7190,66,80.550,1.6
arsysm,x,167         lccat,728,724          lccat,834,835          n,7191,68,80.550,1.6
csys,0                lccat,723,727          lccat,848,852          n,7192,66,82.500,1.6
wpoffs,16,-4         lccat,727,722          lccat,852,838          n,7193,68,84.450,1.6
rectng,,width/2,,height/2 lccat,723,724          lccat,848,844          n,7194,66,86.400,1.6
wpoffs,WIDTH/2,HEIGHT/2 !furo 21                lccat,843,847          n,7195,66,88.350,1.6
pcirc,radius         lccat,733,736          lccat,847,842          n,7196,68,88.350,1.6
asba,170,171         lccat,736,742          lccat,843,844          n,7197,66,90.300,1.6
csys,4                lccat,733,735          !furo 27                n,7198,68,92.250,1.6
arsysm,x,172         lccat,734,740          lccat,853,856          n,7199,66,94.250,1.6
arsysm,y,172         lccat,740,738          lccat,856,862          n,7200,66,96.250,1.6
arsysm,x,171         lccat,734,735          lccat,853,855          n,7201,68,96.250,1.6
nummrg,all           lccat,748,752          lccat,854,860          n,7202,66,98.250,1.6
csys,0                lccat,752,738          lccat,860,858          n,7203,68,100.25,1.6
!concatenar os furos lccat,748,744          lccat,854,855          n,7204,66,102.20,1.6
!furo 16              lccat,743,747          lccat,868,872          n,7205,66,104.15,1.6
lccat,633,636         lccat,747,742          lccat,872,858          n,7206,68,104.15,1.6
lccat,636,642         lccat,743,744          lccat,868,864          n,7207,66,106.10,1.6
lccat,633,635         !furo 22                lccat,863,867          n,7208,68,108.05,1.6
lccat,634,640         lccat,753,756          lccat,867,862          n,7209,66,110.00,1.6
lccat,640,638         lccat,756,762          lccat,863,864          n,7210,66,111.95,1.6
lccat,634,635         lccat,753,755          !furo 28                n,7211,68,111.95,1.6
lccat,648,652         lccat,754,760          lccat,873,876          n,7212,66,113.90,1.6
lccat,652,638         lccat,760,758          lccat,876,882          n,7213,68,115.85,1.6
lccat,648,644         lccat,754,755          lccat,873,875          n,7214,66,117.80,1.6
lccat,643,647         lccat,768,772          lccat,874,880          n,7215,66,119.75,1.6
lccat,647,642         lccat,772,758          lccat,880,878          n,7216,68,119.75,1.6
lccat,643,644         lccat,768,764          lccat,874,875          n,7217,66,121.75,1.6
!furo 17              lccat,763,767          lccat,888,892          n,7218,68,123.75,1.6
lccat,653,656         lccat,767,762          lccat,892,878          n,7219,66,125.75,1.6
lccat,656,662         lccat,763,764          lccat,888,884          n,7220,66,127.75,1.6
lccat,653,655         !furo 23                lccat,883,887          n,7221,68,127.75,1.6
lccat,654,660         lccat,773,776          lccat,887,882          N,7222,66,129.70,1.6
lccat,660,658         lccat,776,782          lccat,883,884          N,7223,68,131.65,1.6
lccat,654,655         lccat,773,775          !furo 29                N,7224,66,133.60,1.6
lccat,668,672         lccat,774,780          lccat,893,896          n,7225,66,135.55,1.6
lccat,672,658         lccat,780,778          lccat,896,902          n,7226,68,135.55,1.6
lccat,668,664         lccat,774,775          lccat,893,895          n,7227,66,137.50,1.6
lccat,663,667         lccat,788,792          lccat,894,900          n,7228,68,137.50,1.6
lccat,667,662         lccat,792,778          lccat,900,898          n,7222,66,129.70,1.6
lccat,663,664         lccat,788,784          lccat,894,895          n,7223,68,131.65,1.6
!furo 18              lccat,783,787          lccat,908,912          n,7224,66,133.60,1.6
lccat,673,676         lccat,787,782          lccat,912,898          n,7225,66,135.55,1.6
lccat,676,682         lccat,783,784          lccat,908,904          n,7226,68,135.55,1.6
lccat,673,675         !furo 24                lccat,903,907          n,7227,66,137.50,1.6
lccat,674,680         lccat,793,796          lccat,907,902          n,7228,68,137.50,1.6

```

```

!de baixo
N,7229,66,66.750,1.6
N,7230,66,64.750,1.6
N,7231,68,64.750,1.6
N,7232,66,62.800,1.6
N,7233,68,60.850,1.6
N,7234,66,58.900,1.6
N,7235,66,56.950,1.6
N,7236,68,56.950,1.6
N,7237,66,55.000,1.6
N,7238,68,53.050,1.6
N,7239,66,51.100,1.6
N,7240,66,49.150,1.6
N,7241,68,49.150,1.6
N,7242,66,47.200,1.6
N,7243,68,45.250,1.6
N,7244,66,43.250,1.6
N,7245,66,41.250,1.6
N,7246,68,41.250,1.6
N,7247,66,39.250,1.6
N,7248,68,37.250,1.6
N,7249,66,35.300,1.6
N,7250,66,33.350,1.6
N,7251,68,33.350,1.6
N,7252,66,31.400,1.6
N,7253,68,29.450,1.6
N,7254,66,27.500,1.6
N,7255,66,25.550,1.6
N,7256,68,25.550,1.6
N,7257,66,23.600,1.6
N,7258,68,21.650,1.6
N,7259,66,19.700,1.6
N,7260,66,17.750,1.6
N,7261,68,17.750,1.6
N,7262,66,15.750,1.6
N,7263,68,13.750,1.6
N,7264,66,11.750,1.6
N,7265,66,9.7500,1.6
N,7266,68,9.7500,1.6
N,7267,66,7.8000,1.6
N,7268,68,5.8500,1.6
N,7269,66,3.9000,1.6
N,7270,66,1.9500,1.6
n,7271,68,1.9500,1.6
n,7272,66,0,1.6
n,7273,68,0,1.6
type,1
mat,1
e,7183,7184,5352,5351
e,7183,7186,7185,7184
e,7184,7185,5349,5352
e,7186,7188,7187,7185
e,7185,7187,5401,5349
e,7187,7188,5402,5401
e,7188,7189,5403,5402
e,7188,7191,7190,7189
e,7189,7190,5404,5403
e,7191,7193,7192,7190
e,7190,7192,5405,5404
e,7192,7193,5406,5405
e,7193,7194,5407,5406
e,7193,7196,7195,7194
e,7194,7195,5408,5407
e,7196,7198,7197,7195
e,7195,7197,5409,5408
e,7197,7198,5400,5409
e,7198,7199,5829,5400
e,7198,7201,7200,7199
e,7199,7200,5830,5829
e,7201,7203,7202,7200
e,7200,7202,5831,5830
e,7202,7203,5828,5831
e,7203,7206,7205,7204
e,7203,7204,5880,5828
e,7204,7205,5881,5880
e,7206,7208,7207,7205
e,7205,7207,5882,5881
e,7207,7208,5883,5882
e,7208,7209,5884,5883
e,7208,7211,7210,7209
e,7209,7210,5885,5884
e,7211,7213,7212,7210
e,7210,7212,5886,5885
e,7212,7213,5887,5886
e,7213,7216,7215,7214
e,7213,7214,5888,5887
e,7214,7215,5879,5888
e,7216,7218,7217,7215
e,7215,7217,6308,5879
e,7217,7218,6309,6308
e,7218,7221,7220,7219
e,7218,7219,6310,6309
e,7219,7220,6307,6310
e,7221,7223,7222,7220
e,7220,7222,6359,6307
e,7222,7223,6360,6359
e,7223,7224,6361,6360
e,7223,7226,7225,7224
e,7224,7225,6362,6361
e,7226,7228,7227,7225
e,7225,7227,6358,6362
!de baixo
e,7273,7271,7270,7272
e,7271,7268,7269,7270
e,7272,7270,4129,4096
e,7270,7269,4130,4129
e,7269,7268,4131,4130
e,7268,7266,7265,7267
e,7267,7265,4128,4132
e,7268,7267,4132,4131
e,7266,7263,7264,7265
e,7265,7264,4392,4128
e,7264,7263,4393,4392
e,7263,7261,7260,7262
e,7263,7262,4394,4393
e,7262,7260,4391,4394
e,7261,7258,7259,7260
e,7260,7259,4443,4391
e,7259,7258,4444,4443
e,7258,7256,7255,7257
e,7258,7257,4445,4444
e,7257,7255,4446,4445
e,7256,7253,7254,7255
e,7255,7254,4447,4446
e,7254,7253,4448,4447
e,7253,7252,4449,4448
e,7253,7251,7250,7252
e,7252,7250,4450,4449
e,7251,7248,7249,7250
e,7250,7249,4451,4450
e,7249,7248,4442,4451
e,7248,7246,7245,7247
e,7248,7247,4871,4442
e,7247,7245,4872,4871
e,7246,7243,7244,7245
e,7245,7244,4873,4872
e,7244,7243,4870,4873
e,7243,7241,7240,7242
e,7243,7242,4922,4870
e,7242,7240,4923,4922
e,7241,7238,7239,7240
e,7240,7239,4924,4923
e,7239,7238,4925,4924
e,7238,7236,7235,7237
e,7237,7235,4927,4926
e,7238,7237,4926,4925
e,7236,7233,7234,7235
e,7235,7234,4928,4927
e,7234,7233,4929,4928
e,7233,7232,4930,4929
e,7233,7231,7230,7232
e,7232,7230,4921,4930
e,7231,7183,7229,7230
e,7230,7229,5350,4921
e,7229,7183,5351,5350
!area maior
wpoffs,-200,-123.75,-1.6
rectng,0,144,1.95,135.55
rectng,0,144,0,1.95
rectng,0,144,135.55,137.5
wpoffs,212,0,1.6
rectng,0,4,0,137.5
wpoffs,4,0
rectng,0,144,1.95,135.55
rectng,0,144,0,1.95
rectng,0,144,135.55,137.5
wpoffs,-68,0,-1.6
nummrg,all
esize,4
eshape,2
amesh,174,176,1
amesh,178,180,1
nummrg,node,0.1
!NOS mestres
!fileira 1
n,10012,12,13.75,1.6
n,10013,32,13.75,1.6
n,10014,52,13.75,1.6
!fileira 2
n,10015,12,41.25,1.6
n,10016,32,41.25,1.6
n,10017,52,41.25,1.6
!fileira 3
n,10018,12,68.75,1.6
n,10019,32,68.75,1.6
n,10020,52,68.75,1.6
!fileira 4
n,10021,12,96.25,1.6
n,10022,32,96.25,1.6
n,10023,52,96.25,1.6
!fileira 5
n,10024,12,123.75,1.6
n,10025,32,123.75,1.6
n,10026,52,123.75,1.6
!no força
n,10027,280.75,68.75,1.6
!massa 21
type,4
real,4
e,3089
e,3090
e,3091
e,3092
e,3093
e,3094
e,3095
e,3096
e,3097
e,3098
e,3099
e,4000
e,4001
e,4002
e,4003
e,10012
e,10013
e,10014
e,10015
e,10016
e,10017
e,10018
e,10019
e,10020
e,10021
e,10022
e,10023
e,10024
e,10025
e,10026
e,10027
!condicao de contorno de
engaste
D,7274,all,0
D,7345,all,0
D,7381,all,0
D,7382,all,0
D,7383,all,0
D,7384,all,0
D,7385,all,0
D,7386,all,0
D,7387,all,0
D,7388,all,0
D,7389,all,0
D,7390,all,0
D,7391,all,0
D,7392,all,0
D,7393,all,0
D,7394,all,0
D,7395,all,0
D,7396,all,0
D,7397,all,0
D,7398,all,0
D,7399,all,0
D,7400,all,0
D,7401,all,0
D,7402,all,0
D,7403,all,0
D,7404,all,0
D,7405,all,0
D,7406,all,0
D,7407,all,0
D,7408,all,0
D,7409,all,0
D,7410,all,0
D,7411,all,0
D,7412,all,0
D,7413,all,0
D,8569,all,0
D,8607,all,0
!condicao de tracao
D,10027,UY,0
D,10027,Uz,0
D,10027,rotx,0
D,10027,roty,0
D,10027,rotz,0
!forca
cerig,10027,8644,all
cerig,10027,8680,all
cerig,10027,8681,all
cerig,10027,8682,all
cerig,10027,8683,all
cerig,10027,8684,all
cerig,10027,8685,all
cerig,10027,8686,all
cerig,10027,8687,all
cerig,10027,8688,all
cerig,10027,8689,all
cerig,10027,8690,all
cerig,10027,8691,all
cerig,10027,8692,all
cerig,10027,8693,all
cerig,10027,8694,all
cerig,10027,8695,all
cerig,10027,8696,all
cerig,10027,8697,all
cerig,10027,8698,all
cerig,10027,8699,all
cerig,10027,8700,all
cerig,10027,8701,all
cerig,10027,8702,all

```





```

*DIM,rbe3_ND,ARRAY,9
*DIM,rbe3_WT,ARRAY,9
*SET,rbe3_ND(1),6922
*SET,rbe3_WT(1),E-6
*SET,rbe3_ND(2),6925
*SET,rbe3_WT(2),0.383
*SET,rbe3_ND(3),6924
*SET,rbe3_WT(3),0.707
*SET,rbe3_ND(4),6923
*SET,rbe3_WT(4),0.924
*SET,rbe3_ND(5),6920
*SET,rbe3_WT(5),1
*SET,rbe3_ND(6),6957
*SET,rbe3_WT(6),0.924
*SET,rbe3_ND(7),6958
*SET,rbe3_WT(7),0.707
*SET,rbe3_ND(8),6959
*SET,rbe3_WT(8),0.383
*SET,rbe3_ND(9),6936
*SET,rbe3_WT(9),E-6
rbe3,10021,all,rbe3_nd(1),rbe3_wt(1)
*SET,rbe3_ND
*SET,rbe3_WT
!furo 26
*DIM,rbe3_ND,ARRAY,9
*DIM,rbe3_WT,ARRAY,9
*SET,rbe3_ND(1),6966
*SET,rbe3_WT(1),E-6
*SET,rbe3_ND(2),6969
*SET,rbe3_WT(2),0.383
*SET,rbe3_ND(3),6968
*SET,rbe3_WT(3),0.707
*SET,rbe3_ND(4),6967
*SET,rbe3_WT(4),0.924
*SET,rbe3_ND(5),6964
*SET,rbe3_WT(5),1
*SET,rbe3_ND(6),7001
*SET,rbe3_WT(6),0.924
*SET,rbe3_ND(7),7002
*SET,rbe3_WT(7),0.707
*SET,rbe3_ND(8),7003
*SET,rbe3_WT(8),0.383
*SET,rbe3_ND(9),6980
*SET,rbe3_WT(9),E-6
rbe3,10022,all,rbe3_nd(1),rbe3_wt(1)
*SET,rbe3_ND
*SET,rbe3_WT
!furo 27
*DIM,rbe3_ND,ARRAY,9
*DIM,rbe3_WT,ARRAY,9
*SET,rbe3_ND(1),7010
*SET,rbe3_WT(1),E-6
*SET,rbe3_ND(2),7013
*SET,rbe3_WT(2),0.383
*SET,rbe3_ND(3),7012
*SET,rbe3_WT(3),0.707
*SET,rbe3_ND(4),7011
*SET,rbe3_WT(4),0.924
*SET,rbe3_ND(5),7008
*SET,rbe3_WT(5),1
*SET,rbe3_ND(6),7045
*SET,rbe3_WT(6),0.924
*SET,rbe3_ND(7),7046
*SET,rbe3_WT(7),0.707
*SET,rbe3_ND(8),7011
*SET,rbe3_WT(8),0.383
*SET,rbe3_ND(9),7024
*SET,rbe3_WT(9),E-6
rbe3,10023,all,rbe3_nd(1),rbe3_wt(1)
*SET,rbe3_ND
*SET,rbe3_WT
!furo 28
*DIM,rbe3_ND,ARRAY,9
*DIM,rbe3_WT,ARRAY,9
*SET,rbe3_ND(1),7054
*SET,rbe3_WT(1),E-6
*SET,rbe3_ND(2),7057
*SET,rbe3_WT(2),0.383
*SET,rbe3_ND(3),7056
*SET,rbe3_WT(3),0.707
*SET,rbe3_ND(4),7055
*SET,rbe3_WT(4),0.924
*SET,rbe3_ND(5),7052
*SET,rbe3_WT(5),1
*SET,rbe3_ND(6),7089
*SET,rbe3_WT(6),0.924
*SET,rbe3_ND(7),7090
*SET,rbe3_WT(7),0.707
*SET,rbe3_ND(8),7091
*SET,rbe3_WT(8),0.383
*SET,rbe3_ND(9),7068
*SET,rbe3_WT(9),E-6
rbe3,10024,all,rbe3_nd(1),rbe3_wt(1)
*SET,rbe3_ND
*SET,rbe3_WT
!furo 29
*DIM,rbe3_ND,ARRAY,9
*DIM,rbe3_WT,ARRAY,9
*SET,rbe3_ND(1),7098
*SET,rbe3_WT(1),E-6
*SET,rbe3_ND(2),7101
*SET,rbe3_WT(2),0.383
*SET,rbe3_ND(3),7100
*SET,rbe3_WT(3),0.707
*SET,rbe3_ND(4),7099
*SET,rbe3_WT(4),0.924
*SET,rbe3_ND(5),7096
*SET,rbe3_WT(5),1
*SET,rbe3_ND(6),7133
*SET,rbe3_WT(6),0.924
*SET,rbe3_ND(7),7134
*SET,rbe3_WT(7),0.707
*SET,rbe3_ND(8),7135
*SET,rbe3_WT(8),0.383
*SET,rbe3_ND(9),7112
*SET,rbe3_WT(9),E-6
rbe3,10025,all,rbe3_nd(1),rbe3_wt(1)
*SET,rbe3_ND
*SET,rbe3_WT
!furo 30
*DIM,rbe3_ND,ARRAY,9
*DIM,rbe3_WT,ARRAY,9
*SET,rbe3_ND(1),7142
*SET,rbe3_WT(1),E-6
*SET,rbe3_ND(2),7145
*SET,rbe3_WT(2),0.383
*SET,rbe3_ND(3),7144
*SET,rbe3_WT(3),0.707
*SET,rbe3_ND(4),7143
*SET,rbe3_WT(4),0.924
*SET,rbe3_ND(5),7140
*SET,rbe3_WT(5),1
*SET,rbe3_ND(6),7177
*SET,rbe3_WT(6),0.924
*SET,rbe3_ND(7),7178
*SET,rbe3_WT(7),0.707
*SET,rbe3_ND(8),7179
*SET,rbe3_WT(8),0.383
*SET,rbe3_ND(9),7156
*SET,rbe3_WT(9),E-6
rbe3,10026,all,rbe3_nd(1),rbe3_wt(1)
*SET,rbe3_ND
*SET,rbe3_WT
!rebites
!viga
type,2
real,2
mat,2
e,3089,10012
e,3090,10013
e,3091,10014
e,3092,10015
e,3093,10016
e,3094,10017
e,3095,10018
e,3096,10019
e,3097,10020
e,3098,10021
e,3099,10022
e,4000,10023
e,4001,10024
e,4002,10025
e,4003,10026
!mola
type,3
real,3
mat,2
e,3089,10012
e,3090,10013
e,3091,10014
e,3092,10015
e,3093,10016
e,3094,10017
e,3095,10018
e,3096,10019
e,3097,10020
e,3098,10021
e,3099,10022
e,4000,10023
e,4001,10024
e,4002,10025
e,4003,10026
F,10027,FX,15600

```

## 2. Modelo com elemento de casca para a junta de topo

```

FINI
/clear
/title,butt joint
r1=2.39
r2=3.155
/prep7
!material
!aluminio 2024-t3
EX,1,74500.
NUXY,1,0.33
!titanio
EX,2,11652.5.
NUXY,2,0.31
!coluna 1
ET,1,SHELL93
real,1
R,1,2.5
!coluna 2
real,2
r,2,3.8
!coluna 3
real,3
r,3,5.0
!chapa inferior
real,4
r,4,3.0
!!cerig
ET,4,mass21
real,11
r,11,1e-10
!areas superiores (z=2.75)
!coluna 1 (t = 2.5)
/pnum,area,1
wpoffs,0,0,2.75
rectng,0,6,30.5,6.1
rectng,0,6,6.1,12.2
rectng,0,6,12.2,18.3
rectng,0,6,18.3,30.5
rectng,0,6,30.5,36.6
rectng,0,6,36.6,42.7
rectng,0,6,42.7,54.9
rectng,0,6,54.9,61
rectng,0,6,61,67.1
rectng,0,6,67.1,79.3
rectng,0,6,79.3,85.4
rectng,0,6,85.4,91.5
rectng,0,6,91.5,103.7
rectng,0,6,103.7,109.8
rectng,0,6,109.8,115.9
rectng,0,6,115.9,122
rectng,6,17.5,0,6.1
rectng,6,17.5,18.3,30.5
rectng,6,17.5,42.7,54.9
rectng,6,17.5,67.1,79.3
rectng,6,17.5,91.5,103.7
rectng,6,17.5,115.9,122
rectng,17.5,23,0,6.1
rectng,17.5,23,6.1,12.2
rectng,17.5,23,12.2,18.3
rectng,17.5,23,18.3,30.5
rectng,17.5,23,30.5,36.6
rectng,17.5,23,36.6,42.7
rectng,17.5,23,42.7,54.9
rectng,17.5,23,54.9,61
rectng,17.5,23,61,67.1
rectng,17.5,23,67.1,79.3
rectng,17.5,23,79.3,85.4
rectng,17.5,23,85.4,91.5
rectng,17.5,23,91.5,103.7
rectng,17.5,23,103.7,109.8
rectng,17.5,23,109.8,115.9
rectng,17.5,23,115.9,122
!furos coluna 1
wpoffs,6,6.1
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,39,40
csys,4
arsysm,x,41
arsysm,y,41
arsysm,x,40
csys,0
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1

```



```

pcirc,r1
asba,43,44
csys,4
arsysm,x,45
arsysm,y,45
arsysm,x,44
csys,0
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,47,48
csys,4
arsysm,x,49
arsysm,y,49
arsysm,x,48
csys,0
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,51,52
csys,4
arsysm,x,53
arsysm,y,53
arsysm,x,52
csys,0
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,55,56
csys,4
arsysm,x,57
arsysm,y,57
arsysm,x,56
csys,0
nummrg,all
!coluna 2
wpoffs,-11.75,-109.8
!t=3.8
rectng,23,37,0,6.1
rectng,23,37,18.3,30.5
rectng,23,37,42.7,54.9
rectng,23,37,67.1,79.3
rectng,23,37,91.5,103.7
rectng,23,37,115.9,122
rectng,37,41,0,6.1
rectng,37,41,6.1,12.2
rectng,37,41,12.2,18.3
rectng,37,41,18.3,30.5
rectng,37,41,30.5,36.6
rectng,37,41,36.6,42.7
rectng,37,41,42.7,54.9
rectng,37,41,54.9,61
rectng,37,41,61,67.1
rectng,37,41,67.1,79.3
rectng,37,41,79.3,85.4
rectng,37,41,85.4,91.5
rectng,37,41,91.5,103.7
rectng,37,41,103.7,109.8
rectng,37,41,109.8,115.9
rectng,37,41,115.9,122
!coluna 2
wpoffs,23,6.1
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,81,82
csys,4
arsysm,x,83
arsysm,y,83
arsysm,x,82
csys,0
wpoffs,-7,18.3
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,89,90
csys,4
arsysm,x,91
arsysm,y,91
arsysm,x,90
csys,0
wpoffs,-7,18.3
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,93,94
csys,4
arsysm,x,95
arsysm,y,95
arsysm,x,94
csys,0
wpoffs,-7,18.3
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,97,98
csys,4
arsysm,x,99
arsysm,y,99
arsysm,x,98
csys,0
nummrg,all
!coluna 3
wpoffs,-30,-109.8
!t=5
rectng,41,43.9,0,6.1
rectng,41,43.9,6.1,12.2
rectng,41,43.9,12.2,18.3
rectng,41,43.9,18.3,30.5
rectng,41,43.9,30.5,36.6
rectng,41,43.9,36.6,42.7
rectng,41,43.9,42.7,54.9
rectng,41,43.9,54.9,61
rectng,41,43.9,61,67.1
rectng,41,43.9,67.1,79.3
rectng,41,43.9,79.3,85.4
rectng,41,43.9,85.4,91.5
rectng,41,43.9,91.5,103.7
rectng,41,43.9,103.7,109.8
rectng,41,43.9,109.8,115.9
rectng,41,43.9,115.9,122
rectng,43.9,50,0,6.1
rectng,50,55.913,0,6.1
rectng,43.9,50,18.3,30.5
rectng,50,55.913,18.3,30.5
rectng,43.9,50,42.7,54.9
rectng,50,55.913,42.7,54.9
rectng,43.9,50,67.1,79.3
rectng,50,55.913,67.1,79.3
rectng,43.9,50,91.5,103.7
rectng,50,55.913,91.5,103.7
rectng,43.9,50,115.9,122
rectng,50,55.913,115.9,122
rectng,55.913,67.25,0,6.1
rectng,55.913,67.25,6.1,12.2
rectng,55.913,67.25,12.2,18.3
rectng,55.913,67.25,18.3,30.5
rectng,55.913,67.25,30.5,36.6
rectng,55.913,67.25,36.6,42.7
rectng,55.913,67.25,42.7,54.9
rectng,55.913,67.25,54.9,61
rectng,55.913,67.25,61,67.1
rectng,55.913,67.25,67.1,79.3
rectng,55.913,67.25,79.3,85.4
rectng,55.913,67.25,85.4,91.5
rectng,55.913,67.25,91.5,103.7
rectng,55.913,67.25,103.7,109.8
rectng,55.913,67.25,109.8,115.9
rectng,55.913,67.25,115.9,122
!coluna 3
wpoffs,43.9,6.1
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,145,146
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,145,146
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,147
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,148
csys,0
nummrg,all
!furo 12
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,149,150
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,149,150
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,151
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,152
csys,0
!furo 13
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,153,154
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,153,154
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,155
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,156
csys,0
!furo 14
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,157,158
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,157,158
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,159
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,160
csys,0
!furo 15
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,161,162
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,161,162
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,163
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,164
csys,0
nummrg,all
!area inferior
wpoffs,-50,-109.8,-2.75
!coluna 1
rectng,0,6,0,6.1
rectng,0,6,6.1,12.2
rectng,0,6,12.2,18.3
rectng,0,6,18.3,30.5
rectng,0,6,30.5,36.6
rectng,0,6,36.6,42.7
rectng,0,6,42.7,54.9
rectng,0,6,54.9,61
rectng,0,6,61,67.1
rectng,0,6,67.1,79.3
rectng,0,6,79.3,85.4
rectng,0,6,85.4,91.5
rectng,0,6,91.5,103.7
rectng,0,6,103.7,109.8
rectng,0,6,109.8,115.9
rectng,0,6,115.9,122
rectng,6,17.5,0,6.1
rectng,6,17.5,18.3,30.5
rectng,6,17.5,42.7,54.9
rectng,6,17.5,67.1,79.3
rectng,6,17.5,91.5,103.7
rectng,6,17.5,115.9,122
rectng,17.5,23,0,6.1
rectng,17.5,23,6.1,12.2
rectng,17.5,23,12.2,18.3
rectng,17.5,23,18.3,30.5
rectng,17.5,23,30.5,36.6
rectng,17.5,23,36.6,42.7
rectng,17.5,23,42.7,54.9
rectng,17.5,23,54.9,61
rectng,17.5,23,61,67.1
rectng,17.5,23,67.1,79.3
rectng,17.5,23,79.3,85.4
rectng,17.5,23,85.4,91.5
rectng,17.5,23,91.5,103.7

```

```

rectng,17.5,23,103.7,109.8
rectng,17.5,23,109.8,115.9
rectng,17.5,23,115.9,122
!furos coluna 1
!furo 16
wpoffs,6,6.1
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,203,204
csys,4
arsysm,x,205
arsysm,y,205
arsysm,x,204
csys,0
!furo 17
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,207,208
csys,4
arsysm,x,209
arsysm,y,209
arsysm,x,208
csys,0
!furo 18
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,211,212
csys,4
arsysm,x,213
arsysm,y,213
arsysm,x,212
csys,0
!furo 19
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,215,216
csys,4
arsysm,x,217
arsysm,y,217
arsysm,x,216
csys,0
!furo 20
wpoffs,-5.75,18.3
rectng,,5.75,,6.1
wpoffs,5.75,6.1
pcirc,r1
asba,219,220
csys,4
arsysm,x,221
arsysm,y,221
arsysm,x,220
csys,0
!coluna 2
wpoffs,-11.75,-109.8
!t=3.8
rectng,23,37,0,6.1
rectng,23,37,18.3,30.5
rectng,23,37,42.7,54.9
rectng,23,37,67.1,79.3
rectng,23,37,91.5,103.7
rectng,23,37,115.9,122
rectng,37,41,0,6.1
rectng,37,41,6.1,12.2
rectng,37,41,12.2,18.3
rectng,37,41,18.3,30.5
rectng,37,41,30.5,36.6
rectng,37,41,36.6,42.7
rectng,37,41,42.7,54.9
rectng,37,41,54.9,61
rectng,37,41,61,67.1
rectng,37,41,67.1,79.3
rectng,37,41,79.3,85.4
rectng,37,41,85.4,91.5
rectng,37,41,91.5,103.7
rectng,37,41,103.7,109.8
rectng,37,41,109.8,115.9
rectng,37,41,115.9,122
!furo 21
wpoffs,23,6.1
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,245,246
csys,4
arsysm,x,247
arsysm,y,247
arsysm,x,246
csys,0
!furo 22
wpoffs,-7,18.3
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,249,250
csys,4
arsysm,x,251
arsysm,y,251
arsysm,x,250
csys,0
!furo 23
wpoffs,-7,18.3
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,253,254
csys,4
arsysm,x,255
arsysm,y,255
arsysm,x,254
csys,0
!furo 24
wpoffs,-7,18.3
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,257,258
csys,4
arsysm,x,259
arsysm,y,259
arsysm,x,258
csys,0
!furo 25
wpoffs,-7,18.3
rectng,,7,,6.1
wpoffs,7,6.1
pcirc,r1
asba,261,262
csys,4
arsysm,x,263
arsysm,y,263
arsysm,x,262
csys,0
!coluna 3
wpoffs,-30,-109.8
!t=5
rectng,41,43.9,0,6.1
rectng,41,43.9,6.1,12.2
rectng,41,43.9,12.2,18.3
rectng,41,43.9,18.3,30.5
rectng,41,43.9,30.5,36.6
rectng,41,43.9,36.6,42.7
rectng,41,43.9,42.7,54.9
rectng,41,43.9,54.9,61
rectng,41,43.9,61,67.1
rectng,41,43.9,67.1,79.3
rectng,41,43.9,79.3,85.4
rectng,41,43.9,85.4,91.5
rectng,41,43.9,91.5,103.7
rectng,41,43.9,103.7,109.8
rectng,41,43.9,109.8,115.9
rectng,41,43.9,115.9,122
rectng,41,43.9,122,18.3
rectng,43.9,50,0,6.1
rectng,50,55.913,0,6.1
rectng,43.9,50,18.3,30.5
rectng,50,55.913,18.3,30.5
rectng,43.9,50,42.7,54.9
rectng,50,55.913,42.7,54.9
rectng,43.9,50,67.1,79.3
rectng,50,55.913,67.1,79.3
rectng,43.9,50,91.5,103.7
rectng,50,55.913,91.5,103.7
rectng,43.9,50,115.9,122
rectng,50,55.913,115.9,122
rectng,55.913,66,0,6.1
rectng,55.913,66,6.1,12.2
rectng,55.913,66,12.2,18.3
rectng,55.913,66,18.3,30.5
rectng,55.913,66,30.5,36.6
rectng,55.913,66,36.6,42.7
rectng,55.913,66,42.7,54.9
rectng,55.913,66,54.9,61
rectng,55.913,66,61,67.1
rectng,55.913,66,67.1,79.3
rectng,55.913,66,79.3,85.4
rectng,55.913,66,85.4,91.5
rectng,55.913,66,91.5,103.7
rectng,55.913,66,103.7,109.8
rectng,55.913,66,109.8,115.9
rectng,55.913,66,115.9,122
!coluna 3
!furo 26
wpoffs,43.9,6.1
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,309,310
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,309,310
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,311
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,312
csys,0
!furo 27
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,313,314
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,313,314
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,315
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,316
csys,0
!furo 28
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,317,318
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,317,318
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,319
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,320
csys,0
!furo 29
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,321,322
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,321,322
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,323
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,324
csys,0
!furo 30
wpoffs,-6.1,18.3
rectng,,6.1,,6.1
wpoffs,6.1,6.1
pcirc,r2
asba,325,326
rectng,,5.913,,6.1
pcirc,r2
asba,325,326
csys,4
wpoffs,.0935,
arsysm,y,327
wpoffs,-0.0935,
arsysm,y,328
csys,0
!areas maiores
wpoffs,-233.231,-123.8
rectng,0,53.7,0,150
rectng,53.7,177.231,14,75
rectng,53.7,177.231,75,136
rectng,177.231,183.231,14,136
wpoffs,106.479,192.661623
839
wpoffs,-58.984
pcirc,57
asba,329,333
nummrg,kp,.05
wpoffs,0,-235.3223
pcirc,57
asba,334,329

```

nummrg,kp,0.05	n,7870,-2,	112.85	n,7945,-2,	27.450	e,7914,7874,7876,7916,789
nummrg,all	n,7871,-2,	115.90	n,7946,-2,	24.400	9,7875,7900,7915
nummrg,all,.05	n,7872,-2,	118.95	n,7947,-2,	21.350	e,7874,4147,4142,7876,785
type,1	n,7873,-2,	122.00	n,7948,-2,	18.300	4,4146,7855,7875
mat,1	n,7874,-4,	64.050	n,7949,-2,	15.250	e,7876,4142,4171,7878,785
esize,3.5	n,7875,-4,	65.575	n,7950,-2,	12.200	5,4172,7856,7877
eshape,2	n,7876,-4,	67.100	n,7951,-2,	9.1500	e,7916,7876,7878,7918,790
real,1	n,7877,-4,	68.625	n,7952,-2,	6.1000	0,7877,7901,7917
amesh,1,58	n,7878,-4,	70.150	n,7953,-2,	3.0500	e,7878,4171,4169,7918,785
real,2	n,7879,-4,	76.250	n,7954,-2,	0.0000	6,4170,7857,7901
amesh,59,100	n,7880,-4,	77.775	n,7955,-4,	57.950	e,7918,4169,4167,7879,785
real,3	n,7881,-4,	79.300	n,7956,-4,	56.425	7,4168,7858,7902
amesh,101,144	n,7882,-4,	80.825	n,7957,-4,	54.900	e,7918,7879,7881,7920,790
esize,2.5	n,7883,-4,	82.350	n,7958,-4,	53.375	2,7880,7903,7919
amesh,145,164	n,7884,-4,	88.450	n,7959,-4,	51.850	e,7879,4167,4162,7881,785
nummrg,all	n,7885,-4,	89.975	n,7960,-4,	45.750	8,4166,7859,7880
real,4	n,7886,-4,	91.500	n,7961,-4,	44.225	e,7881,4162,4195,7883,785
esize,3.5	n,7887,-4,	93.025	n,7962,-4,	42.700	9,4196,7860,7882
amesh,165,308	n,7888,-4,	94.550	n,7963,-4,	41.175	e,7920,7881,7883,7922,790
nummrg,all	n,7889,-4,	100.65	n,7964,-4,	39.650	3,7882,7904,7921
esize,2.5	n,7890,-4,	102.17	n,7965,-4,	33.550	e,7883,4195,4190,7922,786
amesh,309,328,1	n,7891,-4,	103.70	n,7966,-4,	32.025	0,4194,7861,7904
nummrg,all	n,7892,-4,	105.23	n,7967,-4,	30.500	e,7922,4190,4211,7884,786
!nos para os rebites	n,7893,-4,	106.75	n,7968,-4,	28.975	1,4212,7862,7905
!chapa,inferior	n,7894,-4,	112.85	n,7969,-4,	27.450	e,7922,7884,7886,7924,790
n,7823,11.75,12.2	n,7895,-4,	114.38	n,7970,-4,	21.350	5,7885,7906,7923
n,7824,11.75,36.6	n,7896,-4,	115.90	n,7971,-4,	19.825	e,7884,4211,4206,7886,786
n,7825,11.75,61	n,7897,-4,	117.43	n,7972,-4,18.300	16.775	2,4210,7863,7885
n,7826,11.75,85.4	n,7898,-4,	118.95	n,7973,-4,	16.775	e,7886,4206,4235,7888,786
n,7827,11.75,109.8	n,7899,-5,	62.525	n,7974,-4,	15.250	3,4236,7864,7887
n,7828,30,12.2	n,7900,-5,	67.100	n,7975,-4,	9.1500	e,7924,7886,7888,7926,790
n,7829,30,36.6	n,7901,-5,	71.675	n,7976,-4,	7.6250	6,7887,7907,7925
n,7830,30,61	n,7902,-5,	74.725	n,7977,-4,	6.1000	e,7888,4235,4233,7926,786
n,7831,30,85.4	n,7903,-5,	79.300	n,7978,-4,	4.5750	4,4234,7865,7907
n,7832,30,109.8	n,7904,-5,	83.875	n,7979,-4,	3.0500	e,7926,4233,4231,7889,786
n,7833,50,12.2	n,7905,-5,	86.925	n,7980,-5,	59.475	5,4232,7866,7908
n,7834,50,36.6	n,7906,-5,	91.500	n,7981,-5,	54.900	e,7926,7889,7891,7928,790
n,7835,50,61	n,7907,-5,	96.075	n,7982,-5,	50.325	8,7890,7909,7927
n,7836,50,85.4	n,7908,-5,	99.125	n,7983,-5,	47.275	e,7889,4231,4226,7891,786
n,7837,50,109.8	n,7909,-5,	103.70	n,7984,-5,	42.700	6,4230,7867,7890
!chapa superior	n,7910,-5,	108.27	n,7985,-5,	38.125	e,7891,4226,4259,7893,786
n,7838,11.75,12.2,2.75	n,7911,-5,	111.32	n,7986,-5,	35.075	7,4260,7868,7892
n,7839,11.75,36.6,2.75	n,7912,-5,	115.90	n,7987,-5,	30.500	e,7928,7891,7893,7930,790
n,7840,11.75,61,2.75	n,7913,-5,	120.47	n,7988,-5,	25.925	9,7892,7910,7929
n,7841,11.75,85.4,2.75	n,7914,-6,	61.000	n,7989,-5,	22.875	e,7893,4259,4254,7930,786
n,7842,11.75,109.8,2.75	n,7915,-6,	64.050	n,7990,-5,	18.300	8,4258,7869,7910
n,7843,30,12.2,2.75	n,7916,-6,	67.100	n,7991,-5,	13.725	e,7930,4254,4275,7894,786
n,7844,30,36.6,2.75	n,7917,-6,	70.150	n,7992,-5,	10.675	9,4276,7870,7911
n,7845,30,61,2.75	n,7918,-6,	73.200	n,7993,-5,	6.1000	e,7930,7894,7896,7932,791
n,7846,30,85.4,2.75	n,7919,-6,	76.250	n,7994,-5,	1.5250	1,7895,7912,7931
n,7847,30,109.8,2.75	n,7920,-6,	79.300	n,7995,-6,	57.950	e,7894,4275,4270,7896,787
n,7848,50,12.2,2.75	n,7921,-6,	82.350	n,7996,-6,	54.900	0,4274,7871,7895
n,7849,50,36.6,2.75	n,7922,-6,	85.400	n,7997,-6,	51.850	e,7896,4270,4291,7898,787
n,7850,50,61,2.75	n,7923,-6,	88.450	n,7998,-6,	48.800	1,4292,7872,7897
n,7851,50,85.4,2.75	n,7924,-6,	91.500	n,7999,-6,	45.750	e,7932,7896,7898,7934,791
n,7852,50,109.8,2.75	n,7925,-6,	94.550	n,8000,-6,	42.700	2,7897,7913,7933
!nos para area de	n,7926,-6,	97.600	n,8001,-6,	39.650	e,7898,4291,4286,7934,787
transicao	n,7927,-6,	100.65	n,8002,-6,	36.600	2,4290,7873,7913
n,7853,-2,61.000	n,7928,-6,	103.70	n,8003,-6,	33.550	e,8014,3973,3987,7979,795
n,7854,-2,64.050	n,7929,-6,	106.75	n,8004,-6,	30.500	4,3988,7953,7994
n,7855,-2,67.100	n,7930,-6,	109.80	n,8005,-6,	27.450	e,7979,3987,3982,7977,795
n,7856,-2,70.150	n,7931,-6,	112.85	n,8006,-6,	24.400	3,3986,7952,7978
n,7857,-2,73.200	n,7932,-6,	115.90	n,8007,-6,	21.350	e,8014,7979,7977,8012,799
n,7858,-2,76.250	n,7933,-6,	118.95	n,8008,-6,	18.300	4,7978,7993,8013
n,7859,-2,79.300	n,7934,-6,	122.00	n,8009,-6,	15.250	e,7977,3982,4003,7975,795
n,7860,-2,82.350	n,7935,-2,	57.950	n,8010,-6,	12.200	2,4004,7951,7976
n,7861,-2,85.400	n,7936,-2,	54.900	n,8011,-6,	9.1500	e,7975,4003,3998,8010,795
n,7862,-2,88.450	n,7937,-2,	51.850	n,8012,-6,	6.1000	1,4002,7950,7992
n,7863,-2,91.500	n,7938,-2,	48.800	n,8013,-6,	3.0500	e,8012,7977,7975,8010,799
n,7864,-2,94.550	n,7939,-2,	45.750	n,8014,-6,	0.0000	3,7976,7992,8011
n,7865,-2,97.600	n,7940,-2,	42.700	type,1		e,8010,3998,4019,7974,795
n,7866,-2,100.65	n,7941,-2,	39.650	real,4		0,4020,7949,7991
n,7867,-2,103.70	n,7942,-2,	36.600	mat,1		e,7974,4019,4014,7972,794
n,7868,-2,106.75	n,7943,-2,	33.550	e,7914,4126,4147,7874,785		9,4018,7948,7973
n,7869,-2,109.80	n,7944,-2,	30.500	3,4148,7854,7899		

e, 8010, 7974, 7972, 8008, 799	CERIG, 10102, 9455, all	d, 3210, ux	d, 3164, roty
1, 7973, 7990, 8009	CERIG, 10102, 9456, all	d, 3211, ux	d, 3165, roty
e, 7972, 4014, 4043, 7970, 794	CERIG, 10102, 9457, all	d, 3236, ux	d, 3166, roty
8, 4044, 7947, 7971	CERIG, 10102, 9458, all	d, 3237, ux	d, 3167, roty
e, 7970, 4043, 4041, 8006, 794	CERIG, 10102, 9459, all	d, 3238, ux	d, 3208, roty
7, 4042, 7946, 7989	CERIG, 10102, 9460, all	d, 3239, ux	d, 3209, roty
e, 8008, 7972, 7970, 8006, 799	CERIG, 10102, 9461, all	d, 2636, ux	d, 3210, roty
0, 7971, 7989, 8007	CERIG, 10102, 9462, all	d, 3264, ux	d, 3211, roty
e, 7970, 4043, 4041, 8006, 794	CERIG, 10102, 9463, all	d, 3265, ux	d, 3236, roty
7, 4042, 7946, 7989	CERIG, 10102, 9464, all	d, 3266, ux	d, 3237, roty
e, 7969, 4039, 4034, 7967, 794	CERIG, 10102, 9465, all	d, 3267, ux	d, 3238, roty
5, 4038, 7944, 7968	CERIG, 10102, 9466, all	d, 3268, ux	d, 3239, roty
e, 8006, 4041, 4039, 7969, 794	CERIG, 10102, 9467, all	d, 3269, ux	d, 3263, roty
6, 4040, 7945, 7988	CERIG, 10102, 9468, all	d, 3270, ux	d, 3264, roty
e, 8006, 7969, 7967, 8004, 798	CERIG, 10102, 9469, all	d, 3311, ux	d, 3265, roty
8, 7968, 7987, 8005	CERIG, 10102, 9470, all	d, 3312, ux	d, 3266, roty
e, 7967, 4034, 4067, 7965, 794	CERIG, 10102, 9471, all	d, 3313, ux	d, 3267, roty
4, 4068, 7943, 7966	CERIG, 10102, 9472, all	d, 3314, ux	d, 3268, roty
e, 7965, 4067, 4062, 8002, 794	CERIG, 10102, 9473, all	d, 3339, ux	d, 3269, roty
3, 4066, 7942, 7986	CERIG, 10102, 9474, all	d, 3340, ux	d, 3270, roty
e, 8004, 7967, 7965, 8002, 798	CERIG, 10102, 9475, all	d, 3341, ux	d, 3311, roty
7, 7966, 7986, 8003	CERIG, 10102, 9476, all	d, 3342, ux	d, 3312, roty
e, 8002, 4062, 4083, 7964, 794	CERIG, 10102, 9477, all	d, 3366, ux	d, 3313, roty
2, 4084, 7941, 7985	CERIG, 10102, 9478, all	d, 3367, ux	d, 3314, roty
e, 8002, 7964, 7962, 8000, 798	CERIG, 10102, 9479, all	d, 3368, ux	d, 3339, roty
5, 7963, 7984, 8001	CERIG, 10102, 9480, all	d, 3369, ux	d, 3340, roty
e, 7965, 4067, 4062, 8002, 794	CERIG, 10102, 9481, all	d, 3370, ux	d, 3341, roty
3, 4066, 7942, 7986	CERIG, 10102, 9482, all	d, 371, ux	d, 3342, roty
e, 7962, 4078, 4107, 7960, 794	CERIG, 10102, 9483, all	d, 3372, ux	d, 3366, roty
0, 4108, 7939, 7961	CERIG, 10102, 9484, all	d, 3373, ux	d, 3367, roty
e, 7964, 4083, 4078, 7962, 794	CERIG, 10102, 9485, all	d, 3414, ux	d, 3368, roty
1, 4082, 7940, 7963	CERIG, 10102, 9486, all	d, 3415, ux	d, 3369, roty
e, 7960, 4107, 4105, 7998, 793	CERIG, 10102, 9487, all	d, 3416, ux	d, 3370, roty
9, 4106, 7938, 7983	CERIG, 10102, 9488, all	d, 3417, ux	d, 3371, roty
e, 8000, 7962, 7960, 7998, 798	CERIG, 10102, 9489, all	d, 3442, ux	d, 3372, roty
4, 7961, 7983, 7999	!simetria em x	d, 3443, ux	d, 3373, roty
e, 7998, 4105, 4103, 7959, 793	d, 2970, ux	d, 3444, ux	d, 3414, roty
8, 4104, 7937, 7982	d, 2978, ux	d, 3445, ux	d, 3415, roty
e, 7959, 4103, 4098, 7957, 793	d, 2979, ux	d, 3469, ux	d, 3416, roty
7, 4102, 7936, 7958	d, 2980, ux	d, 3470, ux	d, 3417, roty
e, 7998, 7959, 7957, 7996, 798	d, 2981, ux	d, 3471, ux	d, 3442, roty
2, 7958, 7981, 7997	d, 3002, ux	d, 3472, ux	d, 3443, roty
e, 7957, 4098, 4131, 7955, 793	d, 3003, ux	d, 2970, roty	d, 3444, roty
6, 4132, 7935, 7956	d, 3004, ux	d, 2978, roty	d, 3445, roty
e, 7996, 7957, 7955, 7914, 798	d, 3005, ux	d, 2979, roty	d, 3469, roty
1, 7956, 7980, 7995	d, 3030, ux	d, 2980, roty	d, 3470, roty
e, 7955, 4131, 4126, 7914, 793	d, 3031, ux	d, 2981, roty	d, 3471, roty
5, 4130, 7853, 7980	d, 3032, ux	d, 3002, roty	d, 3472, roty
esize, 6.1	d, 3033, ux	d, 3003, roty	d, 2970, rotz
eshape, 4	d, 3057, ux	d, 3004, roty	d, 2978, rotz
type, 1	d, 3058, ux	d, 3005, roty	d, 2979, rotz
real, 4	d, 3059, ux	d, 3030, roty	d, 2980, rotz
amesh, 330, 331, 1	d, 3060, ux	d, 3031, roty	d, 2981, rotz
amesh, 333	d, 3061, ux	d, 3032, roty	d, 3002, rotz
nummrg, all	d, 3062, ux	d, 3033, roty	d, 3003, rotz
nummrg, node, 0.05	d, 3063, ux	d, 3057, roty	d, 3004, rotz
!no da força	d, 3064, ux	d, 3058, roty	d, 3005, rotz
n, 10102, -250, 61	d, 3105, ux	d, 3059, roty	d, 3030, rotz
!cerig da força	d, 3106, ux	d, 3060, roty	d, 3031, rotz
CERIG, 10102, 9359, all	d, 3107, ux	d, 3061, roty	d, 3032, rotz
CERIG, 10102, 9437, all	d, 3108, ux	d, 3062, roty	d, 3033, rotz
CERIG, 10102, 9441, all	d, 3133, ux	d, 3063, roty	d, 3057, rotz
CERIG, 10102, 9442, all	d, 3134, ux	d, 3064, roty	d, 3058, rotz
CERIG, 10102, 9443, all	d, 3135, ux	d, 3105, roty	d, 3059, rotz
CERIG, 10102, 9444, all	d, 3136, ux	d, 3106, roty	d, 3060, rotz
CERIG, 10102, 9445, all	d, 3160, ux	d, 3107, roty	d, 3061, rotz
CERIG, 10102, 9446, all	d, 3161, ux	d, 3108, roty	d, 3062, rotz
CERIG, 10102, 9447, all	d, 3162, ux	d, 3133, roty	d, 3063, rotz
CERIG, 10102, 9448, all	d, 3163, ux	d, 3134, roty	d, 3064, rotz
CERIG, 10102, 9449, all	d, 3164, ux	d, 3135, roty	d, 3105, rotz
CERIG, 10102, 9450, all	d, 3165, ux	d, 3136, roty	d, 3106, rotz
CERIG, 10102, 9451, all	d, 3166, ux	d, 3160, roty	d, 3107, rotz
CERIG, 10102, 9452, all	d, 3167, ux	d, 3161, roty	d, 3108, rotz
CERIG, 10102, 9453, all	d, 3208, ux	d, 3162, roty	d, 3133, rotz
CERIG, 10102, 9454, all	d, 3209, ux	d, 3163, roty	d, 3134, rotz

```

d,3135,rotz
d,3136,rotz
d,3160,rotz
d,3161,rotz
d,3162,rotz
d,3163,rotz
d,3164,rotz
d,3165,rotz
d,3166,rotz
d,3167,rotz
d,3208,rotz
d,3209,rotz
d,3210,rotz
d,3211,rotz
d,3236,rotz
d,3237,rotz
d,3238,rotz
d,3239,rotz
d,3263,rotz
d,3264,rotz
d,3265,rotz
d,3266,rotz
d,3267,rotz
d,3268,rotz
d,3269,rotz
d,3270,rotz
d,3311,rotz
d,3312,rotz
d,3313,rotz
d,3314,rotz
d,3339,rotz
d,3340,rotz
d,3341,rotz
d,3342,rotz
d,3366,rotz
d,3367,rotz
d,3368,rotz
d,3369,rotz
d,3370,rotz
d,3371,rotz
d,3372,rotz
d,3373,rotz

d,3414,rotz
d,3415,rotz
d,3416,rotz
d,3417,rotz
d,3442,rotz
d,3443,rotz
d,3444,rotz
d,3445,rotz
d,3469,rotz
d,3470,rotz
d,3471,rotz
d,3472,rotz
d,10102,uy
d,10102,uz
d,10102,rotx
d,10102,roty
d,10102,rotz
type,4
real,11
e,7823
e,7824
e,7825
e,7826
e,7827
e,7828
e,7829
e,7830
e,7831
e,7832
e,7833
e,7834
e,7835
e,7836
e,7837
e,7838
e,7839
e,7840
e,7841
e,7842
e,7843
e,7844
e,7845

e,7846
e,7847
e,7848
e,7849
e,7850
e,7851
e,7852
e,10102
!rebites mola
!coluna 1 d=4.78
et,2,combin14,0,1,0
type,2
mat,2
real,5
R,5,6666.67,0
e,7823,7838
e,7824,7839
e,7825,7840
e,7826,7841
e,7827,7842
!coluna 2
type,2
mat,2
real,6
r,6,6909.09,0.
e,7828,7843
e,7829,7844
e,7830,7845
e,7831,7846
e,7832,7847
!coluna 3
type,2
mat,2
real,7
r,7,7692.31,0.
e,7833,7848
e,7834,7849
e,7835,7850
e,7836,7851
e,7837,7852
!rebite viga
!coluna 1 d=4.78

et,3,beam4
type,3
mat,2
real,8
r,8,17.95,99.15,99.15,4.7
8,4.78
e,7823,7838
e,7824,7839
e,7825,7840
e,7826,7841
e,7827,7842
!coluna 2 d=4.78
type,3
mat,2
real,9
R,9,17.95,193.85,193.85,4
.78,4.78
e,7828,7843
e,7829,7844
e,7830,7845
e,7831,7846
e,7832,7847
!coluna 3 !!d=6.31
type,3
mat,2
real,10
R,10,31.3575,352.08,352.0
8,6.31,6.31
e,7833,7848
e,7834,7849
e,7835,7850
e,7836,7851
e,7837,7852
F,10102,FX,-36000.
/VIEW,1,0.381215,-
0.816263,0.434039
/ANGLE,1,-54.72944

```

## CERIG em todo o furo

```

!cerig todo furo
!furo 1
cerig, 7838, 925,all
cerig, 7838, 961,all
cerig, 7838, 963,all
cerig, 7838, 965,all
cerig, 7838, 897,all
cerig, 7838, 903,all
cerig, 7838, 901,all
cerig, 7838, 899,all
cerig, 7838, 893,all
cerig, 7838, 984,all
cerig, 7838, 986,all
cerig, 7838, 988,all
cerig, 7838, 929,all
cerig, 7838, 935,all
cerig, 7838, 933,all
cerig, 7838, 931,all
cerig, 7838, 930,all
cerig, 7838, 960,all
cerig, 7838, 962,all
cerig, 7838, 964,all
cerig, 7838, 966,all
cerig, 7838, 904,all
cerig, 7838, 902,all
cerig, 7838, 900,all
cerig, 7838, 898,all
cerig, 7838, 983,all

cerig, 7838, 985,all
cerig, 7838, 987,all
cerig, 7838, 989,all
cerig, 7838, 936,all
cerig, 7838, 934,all
cerig, 7838, 932,all!
furo 2
cerig, 7839, 1035,all
cerig, 7839, 1071,all
cerig, 7839, 1073,all
cerig, 7839, 1075,all
cerig, 7839, 1007,all
cerig, 7839, 1013,all
cerig, 7839, 1011,all
cerig, 7839, 1009,all
cerig, 7839, 1003,all
cerig, 7839, 1094,all
cerig, 7839, 1096,all
cerig, 7839, 1098,all
cerig, 7839, 1039,all
cerig, 7839, 1045,all
cerig, 7839, 1043,all
cerig, 7839, 1041,all
cerig, 7839, 1040,all
cerig, 7839, 1070,all
cerig, 7839, 1072,all
cerig, 7839, 1074,all
cerig, 7839, 1076,all

cerig, 7839, 1014,all
cerig, 7839, 1012,all
cerig, 7839, 1010,all
cerig, 7839, 1008,all
cerig, 7839, 1093,all
cerig, 7839, 1095,all
cerig, 7839, 1097,all
cerig, 7839, 1099,all
cerig, 7839, 1046,all
cerig, 7839, 1044,all
cerig, 7839, 1042,all
!furo 3
cerig, 7840, 1145,all
cerig, 7840, 1181,all
cerig, 7840, 1183,all
cerig, 7840, 1185,all
cerig, 7840, 1117,all
cerig, 7840, 1123,all
cerig, 7840, 1121,all
cerig, 7840, 1119,all
cerig, 7840, 1113,all
cerig, 7840, 1204,all
cerig, 7840, 1206,all
cerig, 7840, 1208,all
cerig, 7840, 1149,all
cerig, 7840, 1155,all
cerig, 7840, 1153,all
cerig, 7840, 1151,all

cerig, 7840, 1150,all
cerig, 7840, 1180,all
cerig, 7840, 1182,all
cerig, 7840, 1184,all
cerig, 7840, 1186,all
cerig, 7840, 1124,all
cerig, 7840, 1122,all
cerig, 7840, 1120,all
cerig, 7840, 1118,all
cerig, 7840, 1203,all
cerig, 7840, 1205,all
cerig, 7840, 1207,all
cerig, 7840, 1209,all
cerig, 7840, 1156,all
cerig, 7840, 1154,all
cerig, 7840, 1152,all
!furo 4
cerig, 7841, 1255,all
cerig, 7841, 1291,all
cerig, 7841, 1293,all
cerig, 7841, 1295,all
cerig, 7841, 1227,all
cerig, 7841, 1233,all
cerig, 7841, 1231,all
cerig, 7841, 1229,all
cerig, 7841, 1223,all
cerig, 7841, 1314,all
cerig, 7841, 1316,all

```

cerig, 7841, 1318,all	cerig, 7843, 2083,all	cerig, 7845, 2273,all	cerig, 7848, 3553,all
cerig, 7841, 1259,all	cerig, 7843, 2021,all	cerig, 7845, 2271,all	cerig, 7848, 3554,all
cerig, 7841, 1265,all	cerig, 7843, 2019,all	cerig, 7845, 2269,all	cerig, 7848, 3555,all
cerig, 7841, 1263,all	cerig, 7843, 2017,all	!furo 9	cerig, 7848, 3522,all
cerig, 7841, 1261,all	cerig, 7843, 2015,all	cerig, 7846, 2372,all	cerig, 7848, 3529,all
cerig, 7841, 1260,all	cerig, 7843, 2100,all	cerig, 7846, 2408,all	cerig, 7848, 3528,all
cerig, 7841, 1290,all	cerig, 7843, 2102,all	cerig, 7846, 2410,all	cerig, 7848, 3527,all
cerig, 7841, 1292,all	cerig, 7843, 2104,all	cerig, 7846, 2412,all	cerig, 7848, 3526,all
cerig, 7841, 1294,all	cerig, 7843, 2106,all	cerig, 7846, 2344,all	cerig, 7848, 3525,all
cerig, 7841, 1296,all	cerig, 7843, 2053,all	cerig, 7846, 2350,all	cerig, 7848, 3524,all
cerig, 7841, 1234,all	cerig, 7843, 2051,all	cerig, 7846, 2348,all	cerig, 7848, 3523,all
cerig, 7841, 1232,all	cerig, 7843, 2049,all	cerig, 7846, 2346,all	cerig, 7848, 3521,all
cerig, 7841, 1230,all	!furo 7	cerig, 7846, 2340,all	cerig, 7848, 3569,all
cerig, 7841, 1228,all	cerig, 7844, 2152,all	cerig, 7846, 2431,all	cerig, 7848, 3570,all
cerig, 7841, 1313,all	cerig, 7844, 2188,all	cerig, 7846, 2433,all	cerig, 7848, 3571,all
cerig, 7841, 1315,all	cerig, 7844, 2190,all	cerig, 7846, 2435,all	cerig, 7848, 3572,all
cerig, 7841, 1317,all	cerig, 7844, 2192,all	cerig, 7846, 2376,al	cerig, 7848, 3573,all
cerig, 7841, 1319,all	cerig, 7844, 2124,all	cerig, 7846, 2382,all	cerig, 7848, 3574,all
cerig, 7841, 1266,all	cerig, 7844, 2130,all	cerig, 7846, 2380,all	cerig, 7848, 3575,all
cerig, 7841, 1264,all	cerig, 7844, 2128,all	cerig, 7846, 2378,all	cerig, 7848, 3497,all
cerig, 7841, 1262,all	cerig, 7844, 2126,all	cerig, 7846, 2377,all	cerig, 7848, 3504,all
!furo 5	cerig, 7844, 2120,all	cerig, 7846, 2407,all	cerig, 7848, 3503,all
cerig, 7842, 1365,all	cerig, 7844, 2211,all	cerig, 7846, 2409,all	cerig, 7848, 3502,all
cerig, 7842, 1401,al	cerig, 7844, 2213,all	cerig, 7846, 2411,all	cerig, 7848, 3501,all
cerig, 7842, 1403,all	cerig, 7844, 2215,all	cerig, 7846, 2413,all	cerig, 7848, 3500,all
cerig, 7842, 1405,all	cerig, 7844, 2156,all	cerig, 7846, 2351,all	cerig, 7848, 3499,all
cerig, 7842, 1337,all	cerig, 7844, 2162,all	cerig, 7846, 2349,all	cerig, 7848, 3498,all
cerig, 7842, 1343,all	cerig, 7844, 2160,all	cerig, 7846, 2347,all	!furo 12
cerig, 7842, 1341,all	cerig, 7844, 2158,all	cerig, 7846, 2345,all	cerig, 7849, 3589,all
cerig, 7842, 1339,all	cerig, 7844, 2157,all	cerig, 7846, 2430,all	cerig, 7849, 3645,all
cerig, 7842, 1333,all	cerig, 7844, 2187,all	cerig, 7846, 2432,all	cerig, 7849, 3646,all
cerig, 7842, 1424,all	cerig, 7844, 2189,all	cerig, 7846, 2434,all	cerig, 7849, 3647,all
cerig, 7842, 1426,all	cerig, 7844, 2191,all	cerig, 7846, 2436,all	cerig, 7849, 3648,all
cerig, 7842, 1428,all	cerig, 7844, 2193,all	cerig, 7846, 2383,all	cerig, 7849, 3649,all
cerig, 7842, 1369,all	cerig, 7844, 2131,all	cerig, 7846, 2381,all	cerig, 7849, 3650,all
cerig, 7842, 1375,all	cerig, 7844, 2129,all	cerig, 7846, 2379,all	cerig, 7849, 3651,all
cerig, 7842, 1373,all	cerig, 7844, 2127,all	!furo 10	cerig, 7849, 3618,all
cerig, 7842, 1371,all	cerig, 7844, 2125,all	cerig, 7847, 2482,all	cerig, 7849, 3625,all
cerig, 7842, 1370,all	cerig, 7844, 2210,all	cerig, 7847, 2518,all	cerig, 7849, 3624,all
cerig, 7842, 1400,all	cerig, 7844, 2212,all	cerig, 7847, 2520,all	cerig, 7849, 3623,all
cerig, 7842, 1402,all	cerig, 7844, 2214,all	cerig, 7847, 2522,all	cerig, 7849, 3622,all
cerig, 7842, 1404,all	cerig, 7844, 2216,all	cerig, 7847, 2454,all	cerig, 7849, 3621,all
cerig, 7842, 1406,all	cerig, 7844, 2163,all	cerig, 7847, 2460,all	cerig, 7849, 3620,all
cerig, 7842, 1344,all	cerig, 7844, 2161,all	cerig, 7847, 2458,all	cerig, 7849, 3619,all
cerig, 7842, 1342,all	cerig, 7844, 2159,all	cerig, 7847, 2456,all	cerig, 7849, 3617,all
cerig, 7842, 1340,all	!furo 8	cerig, 7847, 2450,all	cerig, 7849, 3665,all
cerig, 7842, 1338,all	cerig, 7845, 2262,all	cerig, 7847, 2541,all	cerig, 7849, 3666,all
cerig, 7842, 1423,all	cerig, 7845, 2298,all	cerig, 7847, 2543,all	cerig, 7849, 3667,all
cerig, 7842, 1425,all	cerig, 7845, 2300,all	cerig, 7847, 2545,all	cerig, 7849, 3668,all
cerig, 7842, 1427,all	cerig, 7845, 2302,all	cerig, 7847, 2486,all	cerig, 7849, 3669,all
cerig, 7842, 1429,all	cerig, 7845, 2234,all	cerig, 7847, 2492,all	cerig, 7849, 3670,all
cerig, 7842, 1376,all	cerig, 7845, 2240,all	cerig, 7847, 2490,all	cerig, 7849, 3671,all
cerig, 7842, 1374,all	cerig, 7845, 2238,all	cerig, 7847, 2488,all	cerig, 7849, 3593,all
cerig, 7842, 1372,all	cerig, 7845, 2236,all	cerig, 7847, 2487,all	cerig, 7849, 3600,all
!furo 6	cerig, 7845, 2230,all	cerig, 7847, 2517,all	cerig, 7849, 3599,all
cerig, 7843, 2042,all	cerig, 7845, 2321,all	cerig, 7847, 2519,all	cerig, 7849, 3598,all
cerig, 7843, 2078,all	cerig, 7845, 2323,all	cerig, 7847, 2521,all	cerig, 7849, 3597,all
cerig, 7843, 2080,all	cerig, 7845, 2325,all	cerig, 7847, 2523,all	cerig, 7849, 3596,all
cerig, 7843, 2082,all	cerig, 7845, 2266,all	cerig, 7847, 2461,all	cerig, 7849, 3595,all
cerig, 7843, 2014,all	cerig, 7845, 2272,all	cerig, 7847, 2459,all	cerig, 7849, 3594,all
cerig, 7843, 2020,all	cerig, 7845, 2270,all	cerig, 7847, 2457,all	!furo 13
cerig, 7843, 2018,all	cerig, 7845, 2268,all	cerig, 7847, 2455,all	cerig, 7850, 3685,all
cerig, 7843, 2016,all	cerig, 7845, 2267,all	cerig, 7847, 2540,all	cerig, 7850, 3741,all
cerig, 7843, 2010,all	cerig, 7845, 2297,all	cerig, 7847, 2542,all	cerig, 7850, 3742,all
cerig, 7843, 2101,all	cerig, 7845, 2299,all	cerig, 7847, 2544,all	cerig, 7850, 3743,all
cerig, 7843, 2103,all	cerig, 7845, 2301,all	cerig, 7847, 2546,all	cerig, 7850, 3744,all
cerig, 7843, 2105,all	cerig, 7845, 2303,all	cerig, 7847, 2493,all	cerig, 7850, 3745,all
cerig, 7843, 2046,all	cerig, 7845, 2241,all	cerig, 7847, 2491,all	cerig, 7850, 3746,all
cerig, 7843, 2052,all	cerig, 7845, 2239,all	cerig, 7847, 2489,all	cerig, 7850, 3747,all
cerig, 7843, 2050,all	cerig, 7845, 2237,all	!furo 11	cerig, 7850, 3714,all
cerig, 7843, 2048,all	cerig, 7845, 2235,all	cerig, 7848, 3493,all	cerig, 7850, 3721,all
cerig, 7843, 2047,all	cerig, 7845, 2320,all	cerig, 7848, 3549,all	cerig, 7850, 3720,all
cerig, 7843, 2077,all	cerig, 7845, 2322,all	cerig, 7848, 3550,all	cerig, 7850, 3719,all
cerig, 7843, 2079,all	cerig, 7845, 2324,all	cerig, 7848, 3551,all	cerig, 7850, 3718,all
cerig, 7843, 2081,all	cerig, 7845, 2326,all	cerig, 7848, 3552,all	cerig, 7850, 3717,all

cerig, 7850, 3716,all	cerig, 7852, 3959,all	!furo18	cerig, 7827, 5305,all
cerig, 7850, 3715,all	cerig, 7852, 3881,all	cerig, 7825, 5117,all	cerig, 7827, 5396,all
cerig, 7850, 3713,all	cerig, 7852, 3888,all	cerig, 7825, 5153,all	cerig, 7827, 5398,all
cerig, 7850, 3761,all	cerig, 7852, 3887,all	cerig, 7825, 5155,all	cerig, 7827, 5400,all
cerig, 7850, 3762,all	cerig, 7852, 3886,all	cerig, 7825, 5157,all	cerig, 7827, 5341,all
cerig, 7850, 3763,all	cerig, 7852, 3885,all	cerig, 7825, 5089,all	cerig, 7827, 5347,all
cerig, 7850, 3764,all	cerig, 7852, 3884,all	cerig, 7825, 5095,all	cerig, 7827, 5345,all
cerig, 7850, 3765,all	cerig, 7852, 3883,all	cerig, 7825, 5093,all	cerig, 7827, 5343,all
cerig, 7850, 3766,all	cerig, 7852, 3882,all	cerig, 7825, 5091,all	cerig, 7827, 5342,all
cerig, 7850, 3767,all	!furo 16	cerig, 7825, 5085,all	cerig, 7827, 5372,all
cerig, 7850, 3689,all	cerig, 7823, 4897,all	cerig, 7825, 5176,all	cerig, 7827, 5374,all
cerig, 7850, 3696,all	cerig, 7823, 4933,all	cerig, 7825, 5178,all	cerig, 7827, 5376,all
cerig, 7850, 3695,all	cerig, 7823, 4935,all	cerig, 7825, 5180,all	cerig, 7827, 5378,all
cerig, 7850, 3694,all	cerig, 7823, 4937,all	cerig, 7825, 5121,all	cerig, 7827, 5316,all
cerig, 7850, 3693,all	cerig, 7823, 4869,all	cerig, 7825, 5127,all	cerig, 7827, 5314,all
cerig, 7850, 3692,all	cerig, 7823, 4875,all	cerig, 7825, 5125,all	cerig, 7827, 5312,all
cerig, 7850, 3691,all	cerig, 7823, 4873,all	cerig, 7825, 5123,all	cerig, 7827, 5310,all
cerig, 7850, 3690,all	cerig, 7823, 4871,all	cerig, 7825,0 5122,all	cerig, 7827, 5395,all
!furo 14	cerig, 7823, 4865,all	cerig, 7825,0 5152,all	cerig, 7827, 5397,all
cerig, 7851, 3781,all	cerig, 7823, 4956,all	cerig, 7825,0 5154,all	cerig, 7827, 5399,all
cerig, 7851, 3837,all	cerig, 7823, 4958,all	cerig, 7825,0 5156,all	cerig, 7827, 5401,all
cerig, 7851, 3838,all	cerig, 7823, 4960,all	cerig, 7825,0 5158,all	cerig, 7827, 5348,all
cerig, 7851, 3839,all	cerig, 7823, 4901,all	cerig, 7825,0 5096,all	cerig, 7827, 5346,all
cerig, 7851, 3840,all	cerig, 7823, 4907,all	cerig, 7825,0 5094,all	cerig, 7827, 5344,all
cerig, 7851, 3841,all	cerig, 7823, 4905,all	cerig, 7825,0 5092,all	!furo 21
cerig, 7851, 3842,all	cerig, 7823, 4903,all	cerig, 7825,0 5090,all	cerig, 7828, 6014,all
cerig, 7851, 3843,all	cerig, 7823, 4902,all	cerig, 7825,0 5175,all	cerig, 7828, 6049,all
cerig, 7851, 3810,all	cerig, 7823, 4932,all	cerig, 7825,0 5177,all	cerig, 7828, 6050,all
cerig, 7851, 3817,all	cerig, 7823, 4934,all	cerig, 7825,0 5179,all	cerig, 7828, 6051,all
cerig, 7851, 3816,all	cerig, 7823, 4936,all	cerig, 7825,0 5181,all	cerig, 7828, 6052,all
cerig, 7851, 3815,all	cerig, 7823, 4938,all	cerig, 7825,0 5128,all	cerig, 7828, 6053,all
cerig, 7851, 3814,all	cerig, 7823, 4876,all	cerig, 7825,0 5126,all	cerig, 7828, 6054,all
cerig, 7851, 3813,all	cerig, 7823, 4874,all	cerig, 7825,0 5124,all	cerig, 7828, 6055,all
cerig, 7851, 3812,all	cerig, 7823, 4872,all	!furo 19	cerig, 7828, 5986,all
cerig, 7851, 3811,all	cerig, 7823, 4870,all	cerig, 7826, 5227,all	cerig, 7828, 5993,all
cerig, 7851, 3809,all	cerig, 7823, 4955,all	cerig, 7826, 5263,all	cerig, 7828, 5992,all
cerig, 7851, 3857,all	cerig, 7823, 4957,all	cerig, 7826, 5265,all	cerig, 7828, 5991,all
cerig, 7851, 3858,all	cerig, 7823, 4959,all	cerig, 7826, 5267,all	cerig, 7828, 5990,all
cerig, 7851, 3859,all	cerig, 7823, 4961,all	cerig, 7826, 5199,all	cerig, 7828, 5989,all
cerig, 7851, 3860,all	cerig, 7823, 4908,all	cerig, 7826, 5205,all	cerig, 7828, 5988,all
cerig, 7851, 3861,all	cerig, 7823, 4906,all	cerig, 7826, 5203,all	cerig, 7828, 5987,all
cerig, 7851, 3862,all	cerig, 7823, 4904,all	cerig, 7826, 5201,all	cerig, 7828, 5982,all
cerig, 7851, 3863,all	!furo17	cerig, 7826, 5195,all	cerig, 7828, 6072,all
cerig, 7851, 3785,all	cerig, 7824, 5007,all	cerig, 7826, 5286,all	cerig, 7828, 6073,all
cerig, 7851, 3792,all	cerig, 7824, 5043,all	cerig, 7826, 5288,all	cerig, 7828, 6074,all
cerig, 7851, 3791,all	cerig, 7824, 5045,all	cerig, 7826, 5290,all	cerig, 7828, 6075,all
cerig, 7851, 3790,all	cerig, 7824, 5047,all	cerig, 7826, 5231,all	cerig, 7828, 6076,all
cerig, 7851, 3789,all	cerig, 7824, 4979,all	cerig, 7826, 5237,all	cerig, 7828, 6077,all
cerig, 7851, 3788,all	cerig, 7824, 4985,all	cerig, 7826, 5235,all	cerig, 7828, 6078,all
cerig, 7851, 3787,all	cerig, 7824, 4983,all	cerig, 7826, 5233,all	cerig, 7828, 6018,all
cerig, 7851, 3786,all	cerig, 7824, 4981,all	cerig, 7826,0 5232,all	cerig, 7828, 6025,all
!furo 15	cerig, 7824, 4975,all	cerig, 7826,0 5262,all	cerig, 7828, 6024,all
cerig, 7852, 3877,all	cerig, 7824, 5066,all	cerig, 7826,0 5264,all	cerig, 7828, 6023,all
cerig, 7852, 3933,all	cerig, 7824, 5068,all	cerig, 7826,0 5266,all	cerig, 7828, 6022,all
cerig, 7852, 3934,all	cerig, 7824, 5070,all	cerig, 7826,0 5268,all	cerig, 7828, 6021,all
cerig, 7852, 3935,all	cerig, 7824, 5011,all	cerig, 7826,0 5206,all	cerig, 7828, 6020,all
cerig, 7852, 3936,all	cerig, 7824, 5017,all	cerig, 7826,0 5204,all	cerig, 7828, 6019,all
cerig, 7852, 3937,all	cerig, 7824, 5015,all	cerig, 7826,0 5202,all	!furo 22
cerig, 7852, 3938,all	cerig, 7824, 5013,all	cerig, 7826,0 5200,all	cerig, 7829, 6124,all
cerig, 7852, 3939,all	cerig, 7824, 5012,all	cerig, 7826,0 5285,all	cerig, 7829, 6159,all
cerig, 7852, 3906,all	cerig, 7824, 5042,all	cerig, 7826,0 5287,all	cerig, 7829, 6160,all
cerig, 7852, 3913,all	cerig, 7824, 5044,all	cerig, 7826,0 5289,all	cerig, 7829, 6161,all
cerig, 7852, 3912,all	cerig, 7824, 5046,all	cerig, 7826,0 5291,all	cerig, 7829, 6162,all
cerig, 7852, 3911,all	cerig, 7824, 5048,all	cerig, 7826,0 5238,all	cerig, 7829, 6163,all
cerig, 7852, 3910,all	cerig, 7824, 4986,all	cerig, 7826,0 5236,all	cerig, 7829, 6164,all
cerig, 7852, 3909,all	cerig, 7824, 4984,all	cerig, 7826,0 5234,all	cerig, 7829, 6165,all
cerig, 7852, 3908,all	cerig, 7824, 4982,all	!furo 20	cerig, 7829, 6096,all
cerig, 7852, 3907,all	cerig, 7824, 4980,all	cerig, 7827, 5337,all	cerig, 7829, 6103,all
cerig, 7852, 3905,all	cerig, 7824, 5065,all	cerig, 7827, 5373,all	cerig, 7829, 6102,all
cerig, 7852, 3953,all	cerig, 7824, 5067,all	cerig, 7827, 5375,all	cerig, 7829, 6101,all
cerig, 7852, 3954,all	cerig, 7824, 5069,all	cerig, 7827, 5377,all	cerig, 7829, 6100,all
cerig, 7852, 3955,all	cerig, 7824, 5071,all	cerig, 7827, 5309,all	cerig, 7829, 6099,all
cerig, 7852, 3956,all	cerig, 7824, 5018,all	cerig, 7827, 5315,all	cerig, 7829, 6098,all
cerig, 7852, 3957,all	cerig, 7824, 5016,all	cerig, 7827, 5313,all	cerig, 7829, 6097,all
cerig, 7852, 3958,all	cerig, 7824, 5014,all	cerig, 7827, 5311,all	cerig, 7829, 6092,all







cerig, 7823, 4932, all  
 !furo 17  
 cerig, 7824, 5007, all  
 cerig, 7824, 5012, all  
 cerig, 7824, 5013, all  
 cerig, 7824, 5014, all  
 cerig, 7824, 5015, all  
 cerig, 7824, 5016, all  
 cerig, 7824, 5017, all  
 cerig, 7824, 5018, all  
 cerig, 7824, 5011, all  
 cerig, 7824, 4979, all  
 cerig, 7824, 5048, all  
 cerig, 7824, 5047, all  
 cerig, 7824, 5046, all  
 cerig, 7824, 5045, all  
 cerig, 7824, 5044, all  
 cerig, 7824, 5043, all  
 cerig, 7824, 5042, all  
 !furo 18  
 cerig, 7825, 5117, all  
 cerig, 7825, 5122, all  
 cerig, 7825, 5123, all  
 cerig, 7825, 5124, all  
 cerig, 7825, 5125, all  
 cerig, 7825, 5126, all  
 cerig, 7825, 5127, all  
 cerig, 7825, 5128, all  
 cerig, 7825, 5121, all  
 cerig, 7825, 5089, all  
 cerig, 7825, 5158, all  
 cerig, 7825, 5157, all  
 cerig, 7825, 5156, all  
 cerig, 7825, 5155, all  
 cerig, 7825, 5154, all  
 cerig, 7825, 5153, all  
 cerig, 7825, 5152, all  
 !furo 19  
 cerig, 7826, 5227, all  
 cerig, 7826, 5232, all  
 cerig, 7826, 5233, all  
 cerig, 7826, 5234, all  
 cerig, 7826, 5235, all  
 cerig, 7826, 5236, all  
 cerig, 7826, 5237, all  
 cerig, 7826, 5238, all  
 cerig, 7826, 5231, all  
 cerig, 7826, 5199, all  
 cerig, 7826, 5268, all  
 cerig, 7826, 5267, all  
 cerig, 7826, 5266, all  
 cerig, 7826, 5265, all  
 cerig, 7826, 5264, all  
 cerig, 7826, 5263, all  
 cerig, 7826, 5262, all  
 !furo 20  
 cerig, 7827, 5337, all  
 cerig, 7827, 5342, all  
 cerig, 7827, 5343, all  
 cerig, 7827, 5344, all  
 cerig, 7827, 5345, all  
 cerig, 7827, 5346, all  
 cerig, 7827, 5347, all  
 cerig, 7827, 5348, all  
 cerig, 7827, 5341, all  
 cerig, 7827, 5309, all  
 cerig, 7827, 5378, all  
 cerig, 7827, 5377, all  
 cerig, 7827, 5376, all  
 cerig, 7827, 5375, all  
 cerig, 7827, 5374, all  
 cerig, 7827, 5373, all  
 cerig, 7827, 5372, all  
 !furo 21  
 cerig, 7828, 6014, all  
 cerig, 7828, 6019, all  
 cerig, 7828, 6020, all  
 cerig, 7828, 6021, all  
 cerig, 7828, 6022, all  
 cerig, 7828, 6023, all  
 cerig, 7828, 6024, all  
 cerig, 7828, 6025, all  
 cerig, 7828, 6018, all  
 cerig, 7828, 5986, all  
 cerig, 7828, 6055, all  
 cerig, 7828, 6054, all  
 cerig, 7828, 6053, all  
 cerig, 7828, 6052, all  
 cerig, 7828, 6051, all  
 cerig, 7828, 6050, all  
 cerig, 7828, 6049, all  
 !furo 22  
 cerig, 7829, 6124, all  
 cerig, 7829, 6129, all  
 cerig, 7829, 6130, all  
 cerig, 7829, 6131, all  
 cerig, 7829, 6132, all  
 cerig, 7829, 6133, all  
 cerig, 7829, 6134, all  
 cerig, 7829, 6135, all  
 cerig, 7829, 6128, all  
 cerig, 7829, 6096, all  
 cerig, 7829, 6165, all  
 cerig, 7829, 6164, all  
 cerig, 7829, 6163, all  
 cerig, 7829, 6162, all  
 cerig, 7829, 6161, all  
 cerig, 7829, 6160, all  
 cerig, 7829, 6159, all  
 !furo 23  
 cerig, 7830, 6234, all  
 cerig, 7830, 6239, all  
 cerig, 7830, 6240, all  
 cerig, 7830, 6241, all  
 cerig, 7830, 6242, all  
 cerig, 7830, 6243, all  
 cerig, 7830, 6244, all  
 cerig, 7830, 6245, all  
 cerig, 7830, 6238, all  
 cerig, 7830, 6206, all  
 cerig, 7830, 6275, all  
 cerig, 7830, 6274, all  
 cerig, 7830, 6273, all  
 cerig, 7830, 6272, all  
 cerig, 7830, 6271, all  
 cerig, 7830, 6270, all  
 cerig, 7830, 6269, all  
 !furo 24  
 cerig, 7831, 6344, all  
 cerig, 7831, 6349, all  
 cerig, 7831, 6350, all  
 cerig, 7831, 6351, all  
 cerig, 7831, 6352, all  
 cerig, 7831, 6353, all  
 cerig, 7831, 6354, all  
 cerig, 7831, 6355, all  
 cerig, 7831, 6348, all  
 cerig, 7831, 6316, all  
 cerig, 7831, 6385, all  
 cerig, 7831, 6384, all  
 cerig, 7831, 6383, all  
 cerig, 7831, 6382, all  
 cerig, 7831, 6381, all  
 cerig, 7831, 6380, all  
 cerig, 7831, 6379, all  
 !furo 25  
 cerig, 7832, 6454, all  
 cerig, 7832, 6459, all  
 cerig, 7832, 6460, all  
 cerig, 7832, 6461, all  
 cerig, 7832, 6462, all  
 cerig, 7832, 6463, all  
 cerig, 7832, 6464, all  
 cerig, 7832, 6465, all  
 cerig, 7832, 6458, all  
 cerig, 7832, 6426, all  
 cerig, 7832, 6495, all  
 cerig, 7832, 6494, all  
 cerig, 7832, 6493, all  
 cerig, 7832, 6492, all  
 cerig, 7832, 6491, all  
 cerig, 7832, 6490, all  
 cerig, 7832, 6489, all  
 !furo 26  
 cerig, 7833, 7343, all  
 cerig, 7833, 7348, all  
 cerig, 7833, 7349, all  
 cerig, 7833, 7350, all  
 cerig, 7833, 7351, all  
 cerig, 7833, 7352, all  
 cerig, 7833, 7353, all  
 cerig, 7833, 7354, all  
 cerig, 7833, 7347, all  
 cerig, 7833, 7372, all  
 cerig, 7833, 7405, all  
 cerig, 7833, 7404, all  
 cerig, 7833, 7403, all  
 cerig, 7833, 7402, all  
 cerig, 7833, 7401, all  
 cerig, 7833, 7400, all  
 cerig, 7833, 7399, all  
 !furo 27  
 cerig, 7834, 7439, all  
 cerig, 7834, 7444, all  
 cerig, 7834, 7445, all  
 cerig, 7834, 7446, all  
 cerig, 7834, 7447, all  
 cerig, 7834, 7448, all  
 cerig, 7834, 7449, all  
 cerig, 7834, 7450, all  
 cerig, 7834, 7443, all  
 cerig, 7834, 7468, all  
 cerig, 7834, 7501, all  
 cerig, 7834, 7500, all  
 cerig, 7834, 7499, all  
 cerig, 7834, 7498, all  
 cerig, 7834, 7497, all  
 cerig, 7834, 7496, all  
 cerig, 7834, 7495, all  
 !furo 28  
 cerig, 7835, 7535, all  
 cerig, 7835, 7540, all  
 cerig, 7835, 7541, all  
 cerig, 7835, 7542, all  
 cerig, 7835, 7543, all  
 cerig, 7835, 7544, all  
 cerig, 7835, 7545, all  
 cerig, 7835, 7546, all  
 cerig, 7835, 7539, all  
 cerig, 7835, 7564, all  
 cerig, 7835, 7597, all  
 cerig, 7835, 7596, all  
 cerig, 7835, 7595, all  
 cerig, 7835, 7594, all  
 cerig, 7835, 7593, all  
 cerig, 7835, 7592, all  
 cerig, 7835, 7591, all  
 !furo 29  
 cerig, 7836, 7631, all  
 cerig, 7836, 7636, all  
 cerig, 7836, 7637, all  
 cerig, 7836, 7638, all  
 cerig, 7836, 7639, all  
 cerig, 7836, 7640, all  
 cerig, 7836, 7641, all  
 cerig, 7836, 7642, all  
 cerig, 7836, 7635, all  
 cerig, 7836, 7660, all  
 cerig, 7836, 7693, all  
 cerig, 7836, 7692, all  
 cerig, 7836, 7691, all  
 cerig, 7836, 7690, all  
 cerig, 7836, 7689, all  
 cerig, 7836, 7688, all  
 cerig, 7836, 7687, all  
 !furo 30  
 cerig, 7837, 7727, all  
 cerig, 7837, 7732, all  
 cerig, 7837, 7733, all  
 cerig, 7837, 7734, all  
 cerig, 7837, 7735, all  
 cerig, 7837, 7736, all  
 cerig, 7837, 7737, all  
 cerig, 7837, 7738, all  
 cerig, 7837, 7731, all  
 cerig, 7837, 7756, all  
 cerig, 7837, 7789, all  
 cerig, 7837, 7788, all  
 cerig, 7837, 7787, all  
 cerig, 7837, 7786, all  
 cerig, 7837, 7785, all  
 cerig, 7837, 7784, all  
 cerig, 7837, 7783, all  
 nummrg, all

## RBE3 em todo o furo

```

!Reb3 todo furo
!furo 1
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET,RBE3_ND(1),925
*SET,RBE3_WT(1),1
*SET,RBE3_ND(2),930
*SET,RBE3_WT(2),0.981
*SET,RBE3_ND(3),931
*SET,RBE3_WT(3),0.924
*SET,RBE3_ND(4),932
*SET,RBE3_WT(4),0.832
*SET,RBE3_ND(5),933
*SET,RBE3_WT(5),0.707
*SET,RBE3_ND(6),934
*SET,RBE3_WT(6),0.556
*SET,RBE3_ND(7),935
*SET,RBE3_WT(7),0.383
*SET,RBE3_ND(8),936
*SET,RBE3_WT(8),0.195
*SET,RBE3_ND(9),929
*SET,RBE3_WT(9),E-06
*SET,RBE3_ND(10),989
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET,RBE3_ND(11),988
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET,RBE3_ND(12),987
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET,RBE3_ND(13),986
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET,RBE3_ND(14),985
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET,RBE3_ND(15),984
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET,RBE3_ND(16),983
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET,RBE3_ND(17),893
*SET,RBE3_WT(17),1
*SET,RBE3_ND(18),898
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET,RBE3_ND(19),899
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET,RBE3_ND(20),900
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET,RBE3_ND(21),901
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET,RBE3_ND(22),902
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET,RBE3_ND(23),903
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET,RBE3_ND(24),904
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET,RBE3_ND(25),897
*SET,RBE3_WT(25),E-6
*SET,RBE3_ND(26),966
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET,RBE3_ND(27),965
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET,RBE3_ND(28),964
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET,RBE3_ND(29),963
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET,RBE3_ND(30),962
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET,RBE3_ND(31),961
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET,RBE3_ND(32),960
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7838,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 2
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET,RBE3_ND(1),1035
*SET,RBE3_WT(1),1
*SET,RBE3_ND(2),1040
*SET,RBE3_WT(2),0.981
*SET,RBE3_ND(3),1041
*SET,RBE3_WT(3),0.924
*SET,RBE3_ND(4),1042
*SET,RBE3_WT(4),0.832
*SET,RBE3_ND(5),1043
*SET,RBE3_WT(5),0.707
*SET,RBE3_ND(6),1044
*SET,RBE3_WT(6),0.556
*SET,RBE3_ND(7),1045
*SET,RBE3_WT(7),0.383
*SET,RBE3_ND(8),1046
*SET,RBE3_WT(8),0.195
*SET,RBE3_ND(9),1039
*SET,RBE3_WT(9),E-6
*SET,RBE3_ND(10),1099
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET,RBE3_ND(11),1098
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET,RBE3_ND(12),1097
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET,RBE3_ND(13),1096
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET,RBE3_ND(14),1095
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET,RBE3_ND(15),1094
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET,RBE3_ND(16),1093
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET,RBE3_ND(17),1003
*SET,RBE3_WT(17),1
*SET,RBE3_ND(18),1008
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET,RBE3_ND(19),1009
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET,RBE3_ND(20),1010
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET,RBE3_ND(21),1011
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET,RBE3_ND(22),1012
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET,RBE3_ND(23),1013
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET,RBE3_ND(24),1014
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET,RBE3_ND(25),1007
*SET,RBE3_WT(25),E-6
*SET,RBE3_ND(26),1076
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET,RBE3_ND(27),1075
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET,RBE3_ND(28),1074
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET,RBE3_ND(29),1073
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET,RBE3_ND(30),1072
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET,RBE3_ND(31),1071
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET,RBE3_ND(32),1070
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7839,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 3
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET,RBE3_ND(1),1145
*SET,RBE3_WT(1),1
*SET,RBE3_ND(2),1150
*SET,RBE3_WT(2),0.981
*SET,RBE3_ND(3),1151
*SET,RBE3_WT(3),0.924
*SET,RBE3_ND(4),1152
*SET,RBE3_WT(4),0.832
*SET,RBE3_ND(5),1153
*SET,RBE3_WT(5),0.707
*SET,RBE3_ND(6),1154
*SET,RBE3_WT(6),0.556
*SET,RBE3_ND(7),1155
*SET,RBE3_WT(7),0.383
*SET,RBE3_ND(8),1156
*SET,RBE3_WT(8),0.195
*SET,RBE3_ND(9),1149
*SET,RBE3_WT(9),E-6
*SET,RBE3_ND(10),1209
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET,RBE3_ND(11),1208
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET,RBE3_ND(12),1207
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET,RBE3_ND(13),1206
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET,RBE3_ND(14),1205
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET,RBE3_ND(15),1204
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET,RBE3_ND(16),1203
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET,RBE3_ND(17),1113
*SET,RBE3_WT(17),1
*SET,RBE3_ND(18),1118
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET,RBE3_ND(19),1119
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET,RBE3_ND(20),1120
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET,RBE3_ND(21),1121
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET,RBE3_ND(22),1122
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET,RBE3_ND(23),1123
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET,RBE3_ND(24),1124
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET,RBE3_ND(25),1117
*SET,RBE3_WT(25),E-6
*SET,RBE3_ND(26),1186
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET,RBE3_ND(27),1185
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET,RBE3_ND(28),1184
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET,RBE3_ND(29),1183
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET,RBE3_ND(30),1182
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET,RBE3_ND(31),1181
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET,RBE3_ND(32),1180
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7840,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 4
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET,RBE3_ND(1),1255
*SET,RBE3_WT(1),1
*SET,RBE3_ND(2),1260
*SET,RBE3_WT(2),0.981
*SET,RBE3_ND(3),1261
*SET,RBE3_WT(3),0.924
*SET,RBE3_ND(4),1262
*SET,RBE3_WT(4),0.832
*SET,RBE3_ND(5),1263
*SET,RBE3_WT(5),0.707
*SET,RBE3_ND(6),1264
*SET,RBE3_WT(6),0.556
*SET,RBE3_ND(7),1265
*SET,RBE3_WT(7),0.383
*SET,RBE3_ND(8),1266
*SET,RBE3_WT(8),0.195
*SET,RBE3_ND(9),1259
*SET,RBE3_WT(9),E-6
*SET,RBE3_ND(10),1319
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET,RBE3_ND(11),1318
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET,RBE3_ND(12),1317
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET,RBE3_ND(13),1316
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET,RBE3_ND(14),1315
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET,RBE3_ND(15),1314
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET,RBE3_ND(16),1313
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET,RBE3_ND(17),1223
*SET,RBE3_WT(17),1
*SET,RBE3_ND(18),1228
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET,RBE3_ND(19),1229
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET,RBE3_ND(20),1230
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET,RBE3_ND(21),1231
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET,RBE3_ND(22),1232
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET,RBE3_ND(23),1233
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET,RBE3_ND(24),1234
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET,RBE3_ND(25),1227
*SET,RBE3_WT(25),E-6
*SET,RBE3_ND(26),1296
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET,RBE3_ND(27),1295
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET,RBE3_ND(28),1294
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET,RBE3_ND(29),1293
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET,RBE3_ND(30),1292
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET,RBE3_ND(31),1291
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET,RBE3_ND(32),1290
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7841,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 5
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32

```

```

*SET, RBE3_ND(1),1365 *SET, RBE3_ND(3),2048 *SET, RBE3_ND(5),2160 *SET, RBE3_ND(7),2272
*SET, RBE3_WT(1), 1 *SET, RBE3_WT(3),0.924 *SET, RBE3_WT(5),0.707 *SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(2),1370 *SET, RBE3_ND(4),2049 *SET, RBE3_ND(6),2161 *SET, RBE3_ND(8),2273
*SET, RBE3_WT(2),0.981 *SET, RBE3_WT(4),0.832 *SET, RBE3_WT(6),0.556 *SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(3),1371 *SET, RBE3_ND(5),2050 *SET, RBE3_ND(7),2162 *SET, RBE3_ND(9),2266
*SET, RBE3_WT(3),0.924 *SET, RBE3_WT(5),0.707 *SET, RBE3_WT(7),0.383 *SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(4),1372 *SET, RBE3_ND(6),2051 *SET, RBE3_ND(8),2163 *SET, RBE3_ND(10),2326
*SET, RBE3_WT(4),0.832 *SET, RBE3_WT(6),0.556 *SET, RBE3_WT(8),0.195 *SET, RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(5),1373 *SET, RBE3_ND(7),2052 *SET, RBE3_ND(9),2156 *SET, RBE3_ND(11),2325
*SET, RBE3_WT(5),0.707 *SET, RBE3_WT(7),0.383 *SET, RBE3_WT(9),E-6 *SET, RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(6),1374 *SET, RBE3_ND(8),2053 *SET, RBE3_ND(10),2216 *SET, RBE3_ND(12),2324
*SET, RBE3_WT(6),0.556 *SET, RBE3_WT(8),0.195 *SET, RBE3_WT(10),0.195 *SET, RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(7),1375 *SET, RBE3_ND(9),2046 *SET, RBE3_ND(11),2215 *SET, RBE3_ND(13),2323
*SET, RBE3_WT(7),0.383 *SET, RBE3_WT(9),E-6 *SET, RBE3_WT(11),0.383 *SET, RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(8),1376 *SET, RBE3_ND(10),2106 *SET, RBE3_ND(12),2214 *SET, RBE3_ND(14),2322
*SET, RBE3_WT(8),0.195 *SET, RBE3_WT(10),0.195 *SET, RBE3_WT(12),0.556 *SET, RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(9),1369 *SET, RBE3_ND(11),2105 *SET, RBE3_ND(13),2213 *SET, RBE3_ND(15),2321
*SET, RBE3_WT(9),E-6 *SET, RBE3_WT(11),0.383 *SET, RBE3_WT(13),0.707 *SET, RBE3_WT(15),924
*SET, RBE3_ND(10),1429 *SET, RBE3_ND(12),2104 *SET, RBE3_ND(14),2212 *SET, RBE3_ND(16),2320
*SET, RBE3_WT(10),0.195 *SET, RBE3_WT(12),0.556 *SET, RBE3_WT(14),0.832 *SET, RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(11),1428 *SET, RBE3_ND(13),2103 *SET, RBE3_ND(15),2211 *SET, RBE3_ND(17),2230
*SET, RBE3_WT(11),0.383 *SET, RBE3_WT(13),0.707 *SET, RBE3_WT(15),0.924 *SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(12),1427 *SET, RBE3_ND(14),2102 *SET, RBE3_ND(16),2210 *SET, RBE3_ND(18),2235
*SET, RBE3_WT(12),0.556 *SET, RBE3_WT(14),0.832 *SET, RBE3_WT(16),0.981 *SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(13),1426 *SET, RBE3_ND(15),2101 *SET, RBE3_ND(17),2120 *SET, RBE3_ND(19),2236
*SET, RBE3_WT(13),0.707 *SET, RBE3_WT(15),0.924 *SET, RBE3_WT(17), 1 *SET, RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(14),1425 *SET, RBE3_ND(16),2100 *SET, RBE3_ND(18),2125 *SET, RBE3_ND(20),2237
*SET, RBE3_WT(14),0.832 *SET, RBE3_WT(16),0.981 *SET, RBE3_WT(18),0.981 *SET, RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(15),1424 *SET, RBE3_ND(17),2010 *SET, RBE3_ND(19),2126 *SET, RBE3_ND(21),2238
*SET, RBE3_WT(15),0.924 *SET, RBE3_WT(17), 1 *SET, RBE3_WT(19),0.924 *SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(16),1423 *SET, RBE3_ND(18),2015 *SET, RBE3_ND(20),2127 *SET, RBE3_ND(22),2239
*SET, RBE3_WT(16),0.981 *SET, RBE3_WT(18),0.981 *SET, RBE3_WT(20),0.832 *SET, RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(17),1333 *SET, RBE3_ND(19),2016 *SET, RBE3_ND(21),2128 *SET, RBE3_ND(23),2240
*SET, RBE3_WT(17), 1 *SET, RBE3_WT(19),0.924 *SET, RBE3_WT(21),0.707 *SET, RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(18),1338 *SET, RBE3_ND(20),2017 *SET, RBE3_ND(22),2129 *SET, RBE3_ND(24),2241
*SET, RBE3_WT(18),0.981 *SET, RBE3_WT(20),0.832 *SET, RBE3_WT(22),0.556 *SET, RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(19),1339 *SET, RBE3_ND(21),2018 *SET, RBE3_ND(23),2130 *SET, RBE3_ND(25),2234
*SET, RBE3_WT(19),0.924 *SET, RBE3_WT(21),0.707 *SET, RBE3_WT(23),0.382 *SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(20),1340 *SET, RBE3_ND(22),2019 *SET, RBE3_ND(24),2131 *SET, RBE3_ND(26),2303
*SET, RBE3_WT(20),0.832 *SET, RBE3_WT(22),0.556 *SET, RBE3_WT(24),0.195 *SET, RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(21),1341 *SET, RBE3_ND(23),2020 *SET, RBE3_ND(25),2124 *SET, RBE3_ND(27),2302
*SET, RBE3_WT(21),0.707 *SET, RBE3_WT(23),0.382 *SET, RBE3_WT(25),E-6 *SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(22),1342 *SET, RBE3_ND(24),2021 *SET, RBE3_ND(26),2193 *SET, RBE3_ND(28),2301
*SET, RBE3_WT(22),0.556 *SET, RBE3_WT(24),0.195 *SET, RBE3_WT(26),0.195 *SET, RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(23),1343 *SET, RBE3_ND(25),2014 *SET, RBE3_ND(27),2192 *SET, RBE3_ND(29),2300
*SET, RBE3_WT(23),0.382 *SET, RBE3_WT(25),E-6 *SET, RBE3_WT(27),0.383 *SET, RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(24),1344 *SET, RBE3_ND(26),2083 *SET, RBE3_ND(28),2191 *SET, RBE3_ND(30),2299
*SET, RBE3_WT(24),0.195 *SET, RBE3_WT(26),0.195 *SET, RBE3_WT(28),0.556 *SET, RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(25),1337 *SET, RBE3_ND(27),2082 *SET, RBE3_ND(29),2190 *SET, RBE3_ND(31),2298
*SET, RBE3_WT(25),E-6 *SET, RBE3_WT(27),0.383 *SET, RBE3_WT(29),0.707 *SET, RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(26),1406 *SET, RBE3_ND(28),2081 *SET, RBE3_ND(30),2189 *SET, RBE3_ND(32),2297
*SET, RBE3_WT(26),0.195 *SET, RBE3_WT(28),0.556 *SET, RBE3_WT(30),0.832 *SET, RBE3_WT(32),0.981
*SET, RBE3_ND(27),1405 *SET, RBE3_ND(29),2080 *SET, RBE3_ND(31),2188 *RBE3,7845,ALL,RBE3_ND(1),
*SET, RBE3_WT(27),0.383 *SET, RBE3_WT(29),0.707 *SET, RBE3_WT(31),0.924 *RBE3_WT(1)
*SET, RBE3_ND(28),1404 *SET, RBE3_ND(30),2079 *SET, RBE3_ND(32),2187 *SET, RBE3_ND
*SET, RBE3_WT(28),0.556 *SET, RBE3_WT(30),0.832 *SET, RBE3_WT(32),0.981 *!FURO 9
*SET, RBE3_ND(29),1403 *SET, RBE3_ND(31),2078 *RBE3,7844,ALL,RBE3_ND(1),
*SET, RBE3_WT(29),0.707 *SET, RBE3_WT(31),0.924 *RBE3_WT(1)
*SET, RBE3_ND(30),1402 *SET, RBE3_ND(32),2077 *SET, RBE3_ND
*SET, RBE3_WT(30),0.832 *SET, RBE3_WT(32),0.981 *SET, RBE3_WT
RBE3,7842,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET, RBE3_ND
*SET, RBE3_WT
!furo 6
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),2042
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),2047
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),2048
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),2049
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),2050
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),2051
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),2052
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),2053
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),2046
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),2106
*SET, RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),2105
*SET, RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),2104
*SET, RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),2103
*SET, RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),2102
*SET, RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),2101
*SET, RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),2100
*SET, RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),2010
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),2015
*SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),2016
*SET, RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),2017
*SET, RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),2018
*SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),2019
*SET, RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),2020
*SET, RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),2021
*SET, RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),2014
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),2083
*SET, RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),2082
*SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),2081
*SET, RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),2080
*SET, RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),2079
*SET, RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),2078
*SET, RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),2077
*SET, RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7843,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 7
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),2152
*SET, RBE3_WT(1),1
*SET, RBE3_ND(2),2157
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),2158
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),2159
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),2160
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),2161
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),2162
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),2163
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),2156
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),2216
*SET, RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),2215
*SET, RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),2214
*SET, RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),2213
*SET, RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),2212
*SET, RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),2211
*SET, RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),2210
*SET, RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),2120
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),2125
*SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),2126
*SET, RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),2127
*SET, RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),2128
*SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),2129
*SET, RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),2130
*SET, RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),2131
*SET, RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),2124
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),2193
*SET, RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),2192
*SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),2191
*SET, RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),2190
*SET, RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),2189
*SET, RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),2188
*SET, RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),2187
*SET, RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7844,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 8
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),2262
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),2267
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),2268
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),2269
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),2270
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),2271
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),2272
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),2273
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),2266
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),2326
*SET, RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),2325
*SET, RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),2324
*SET, RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),2323
*SET, RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),2322
*SET, RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),2321
*SET, RBE3_WT(15),924
*SET, RBE3_ND(16),2320
*SET, RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),2230
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),2235
*SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),2236
*SET, RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),2237
*SET, RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),2238
*SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),2239
*SET, RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),2240
*SET, RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),2241
*SET, RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),2234
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),2303
*SET, RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),2302
*SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),2301
*SET, RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),2300
*SET, RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),2299
*SET, RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),2298
*SET, RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),2297
*SET, RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7845,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 9
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),2372
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),2377
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),2378
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),2379
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),2380
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),2381
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),2382
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),2383
*SET, RBE3_WT(8),0.195

```

```

*SET, RBE3_ND(9),2376
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),2436
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),2435
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),2434
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),2433
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),2432
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),2431
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),2430
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),2340
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),2345
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),2346
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),2347
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),2348
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),2349
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),2350
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),2351
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),2344
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),2413
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),2412
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),2411
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),2410
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),2409
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),2408
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),2407
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7846,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 10
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),2482
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),2487
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),2488
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),2489
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),2490
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),2491
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),2492
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),2493
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),2486
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),2546
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),2545
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),2544
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),2543
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),2542
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),2541
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),2540
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),2450
*SET,RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),2455
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),2456
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),2457
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),2458
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),2459
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),2460
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),2461
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),2454
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),2523
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),2522
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),2521
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),2520
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),2519
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),2518
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),2517
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7847,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
RBE3_ND(1),3493
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),3498
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),3499
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),3500
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),3501
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),3502
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),3503
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),3504
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),3497
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),3575
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),3574
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),3573
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),3572
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),3571
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),3570
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),3569
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),3521
*SET,RBE3_WT(17),1
*SET, RBE3_ND(18),3523
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),3524
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),3525
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),3526
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),3527
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),3528
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),3529
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),3522
*SET,RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),3555
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),3554
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),3553
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),3552
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),3551
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),3550
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),3549
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7848,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 12
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),3589
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),3594
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),3595
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),3596
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),3597
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),3598
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),3599
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),3600
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),3593
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),3671
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),3670
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),3669
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),3668
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),3667
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),3666
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),3665
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),3617
*SET, RBE3_WT(17),1
*SET, RBE3_ND(18),3619
*SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),3620
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),3621
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),3622
*SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),3623
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),3624
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),3625
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),3618
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),3651
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),3650
*SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),3649
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),3648
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),3647
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),3646
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),3645
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7849,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 13
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),3685
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),3690
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),3691
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),3692
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),3693
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),3694
*SET, RBE3_WT(6),.556
*SET, RBE3_ND(7),3695
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),3696
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),3689
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),3767
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),3766
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),3765
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),3764
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),3763
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),3762
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),3761
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),3713
*SET, RBE3_WT(17),1
*SET, RBE3_ND(18),3715
*SET,RBE3_WT(18),0.981

```

```

*SET, RBE3_ND(19),3716
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),3717
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),3718
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),3719
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),3720
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),3721
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),3714
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),3747
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),3746
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),3745
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),3744
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),3743
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),3742
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),3741
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7850,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 14
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),3781
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),3786
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),3787
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),3788
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),3789
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),3790
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),3791
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),3792
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),785
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),3863
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),3862
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),3861
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),3860
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),3859
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),3858
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),3857
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),3809
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),3811
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),3812
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),3813
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),3814
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),3815
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),3816
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),3913
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),3906
*SET,RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),3939
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),3938
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),3937
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),3936
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),3935
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),3934
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),3933
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7852,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 16
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),4897
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),4902
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),4903
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),4904
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),4905
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),4906
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),4907
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),4908
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),4901
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),4961
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),4960
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),4959
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),4958
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),4957
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),4956
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),4955
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),4865
*SET,RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),4870
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),4871
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),4872
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),4873
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),4874
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),4875
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),4876
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),4869
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),4938
*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),4937
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),4936
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),4935
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),4934
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),4933
*SET,RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),4932
*SET, RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7823,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 17
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),5007
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),5012
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),5013
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),5014
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),5015
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),5016
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),5017
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),5018
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),5011
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),5071
*SET,RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),5070
*SET,RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),5069
*SET,RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),5068
*SET,RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),5067
*SET,RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),5066
*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),5065
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),4975
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),4980
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),4981
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),4982
*SET,RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),4983
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),4984
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),4985
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),4986
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),4979
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),5048
*SET,RBE3_WT(26),0.195

```



```

!FURO 22
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),6124
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),6129
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),6130
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),6131
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),6132
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),6133
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),6134
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),6135
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),6128
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),6188
*SET, RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),6187
*SET, RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),6186
*SET, RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),6185
*SET, RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),6184
*SET, RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),6183
*SET, RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),6182
*SET, RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),6092
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),6097
*SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),6098
*SET, RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),6099
*SET, RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),6100
*SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),6101
*SET, RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),6102
*SET, RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),6103
*SET, RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),6096
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),6165
*SET, RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),6164
*SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),6163
*SET, RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),6162
*SET, RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),6161
*SET, RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),6160
*SET, RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),6159
*SET, RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7829,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 23
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),6234
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),6349
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),6350
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),6351
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),6352
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),6353
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),6354
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),6355
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),6348
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),6408
*SET, RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),6407
*SET, RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),6406
*SET, RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),6405
*SET, RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),6404
*SET, RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),6403
*SET, RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),6402
*SET, RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),6312
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),6317
*SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),6318
*SET, RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),6319
*SET, RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),6320
*SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),6321
*SET, RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),6322
*SET, RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),6323
*SET, RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),6316
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),6385
*SET, RBE3_WT(26),195
*SET, RBE3_ND(27),6384
*SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),6383
*SET, RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),6382
*SET, RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),6381
*SET, RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),6380
*SET, RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),6379
*SET, RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7831,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
!FURO 25
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),6454
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),6459
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),6460
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),6461
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),6462
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),6463
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),6464
*SET, RBE3_WT(7),0.383
*SET, RBE3_ND(8),6465
*SET, RBE3_WT(8),0.195
*SET, RBE3_ND(9),6458
*SET, RBE3_WT(9),E-6
*SET, RBE3_ND(10),6518
*SET, RBE3_WT(10),0.195
*SET, RBE3_ND(11),6517
*SET, RBE3_WT(11),0.383
*SET, RBE3_ND(12),6516
*SET, RBE3_WT(12),0.556
*SET, RBE3_ND(13),6515
*SET, RBE3_WT(13),0.707
*SET, RBE3_ND(14),6514
*SET, RBE3_WT(14),0.832
*SET, RBE3_ND(15),6513
*SET, RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),6512
*SET, RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),6422
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),6427
*SET, RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),6428
*SET, RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),6429
*SET, RBE3_WT(20),0.832
*SET, RBE3_ND(21),6430
*SET, RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),6431
*SET, RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),6432
*SET, RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),6433
*SET, RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),6426
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),6495
*SET, RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),6494
*SET, RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),6493
*SET, RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),6492
*SET, RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),6491
*SET, RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),6490
*SET, RBE3_WT(31),0.924
*SET, RBE3_ND(32),6489
*SET, RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7832,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
!FURO 26
*DIM,RBE3_ND,ARRAY,32
*DIM,RBE3_WT,ARRAY,32
*SET, RBE3_ND(1),7343
*SET, RBE3_WT(1), 1
*SET, RBE3_ND(2),7348
*SET, RBE3_WT(2),0.981
*SET, RBE3_ND(3),7349
*SET, RBE3_WT(3),0.924
*SET, RBE3_ND(4),7350
*SET, RBE3_WT(4),0.832
*SET, RBE3_ND(5),7351
*SET, RBE3_WT(5),0.707
*SET, RBE3_ND(6),7352
*SET, RBE3_WT(6),0.556
*SET, RBE3_ND(7),7353

```





```

*SET,RBE3_WT(15),0.924
*SET, RBE3_ND(16),7803
*SET,RBE3_WT(16),0.981
*SET, RBE3_ND(17),7755
*SET, RBE3_WT(17), 1
*SET, RBE3_ND(18),7757
*SET,RBE3_WT(18),0.981
*SET, RBE3_ND(19),7758
*SET,RBE3_WT(19),0.924
*SET, RBE3_ND(20),7759
*SET,RBE3_WT(20),0.832

*SET, RBE3_ND(21),7760
*SET,RBE3_WT(21),0.707
*SET, RBE3_ND(22),7761
*SET,RBE3_WT(22),0.556
*SET, RBE3_ND(23),7762
*SET,RBE3_WT(23),0.382
*SET, RBE3_ND(24),7763
*SET,RBE3_WT(24),0.195
*SET, RBE3_ND(25),7756
*SET, RBE3_WT(25),E-6
*SET, RBE3_ND(26),7789

*SET,RBE3_WT(26),0.195
*SET, RBE3_ND(27),7788
*SET,RBE3_WT(27),0.383
*SET, RBE3_ND(28),7787
*SET,RBE3_WT(28),0.556
*SET, RBE3_ND(29),7786
*SET,RBE3_WT(29),0.707
*SET, RBE3_ND(30),7785
*SET,RBE3_WT(30),0.832
*SET, RBE3_ND(31),7784
*SET,RBE3_WT(31),0.924

*SET, RBE3_ND(32),7783
*SET,RBE3_WT(32),0.981
RBE3,7837,ALL,RBE3_ND(1),
RBE3_WT(1)
*SET,RBE3_ND
*SET,RBE3_WT
nummrg,all

!Reb3 meio furo
!furo 1
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET,RBE3_N(1),929
*SET,RBE3_P(1),E-6
*SET,RBE3_N(2),989
*SET,RBE3_P(2),0.195
*SET,RBE3_N(3),988
*SET,RBE3_P(3),0.383
*SET,RBE3_N(4),987
*SET,RBE3_P(4),0.556
*SET,RBE3_N(5),986
*SET,RBE3_P(5),0.707
*SET,RBE3_N(6),985
*SET,RBE3_P(6),0.832
*SET,RBE3_N(7),984
*SET,RBE3_P(7),0.924
*SET,RBE3_N(8),983
*SET,RBE3_P(8),0.981
*SET,RBE3_N(9),893
*SET,RBE3_P(9),1
*SET,RBE3_N(10),898
*SET,RBE3_P(10),0.981
*SET,RBE3_N(11),899
*SET,RBE3_P(11),0.924
*SET,RBE3_N(12),900
*SET,RBE3_P(12),0.832
*SET,RBE3_N(13),901
*SET,RBE3_P(13),0.707
*SET,RBE3_N(14),902
*SET,RBE3_P(14),0.556
*SET,RBE3_N(15),903
*SET,RBE3_P(15),0.382
*SET,RBE3_N(16),904
*SET,RBE3_P(16),0.195
*SET,RBE3_N(17),897
*SET,RBE3_P(17),E-6
RBE3,7838,ALL,RBE3_N(1),R
BE3_P(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 2
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET,RBE3_N(1),1039
*SET,RBE3_P(1),E-6
*SET,RBE3_N(2),1099
*SET,rBE3_P(2),0.195
*SET,RBE3_N(3),1098
*SET,RBE3_P(3),0.383
*SET,RBE3_N(4),1097
*SET,RBE3_P(4),0.556
*SET,RBE3_N(5),1096
*SET,RBE3_P(5),0.707
*SET,RBE3_N(6),1095
*SET,RBE3_P(6),0.832
*SET,RBE3_N(7),1094
*SET,RBE3_P(7),0.924
*SET,RBE3_N(8),1093
*SET,RBE3_P(8),0.981
*SET,RBE3_N(9),1003
*SET,RBE3_P(9),1

*SET,RBE3_N(10),1008
*SET,RBE3_P(10),0.981
*SET,RBE3_N(11),1009
*SET,RBE3_P(11),0.924
*SET,RBE3_N(12),1010
*SET,RBE3_P(12),0.832
*SET,RBE3_N(13),1011
*SET,RBE3_P(13),0.707
*SET,RBE3_N(14),1012
*SET,RBE3_P(14),0.556
*SET,RBE3_N(15),1013
*SET,RBE3_P(15),0.382
*SET,RBE3_N(16),1014
*SET,RBE3_P(16),0.195
*SET,RBE3_N(17),1007
*SET,RBE3_P(17),E-6
RBE3,7839,ALL,RBE3_N(1),R
BE3_P(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 3
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET,RBE3_N(1),1149
*SET,RBE3_P(1),E-6
*SET,RBE3_N(2),1209
*SET,RBE3_P(2),0.195
*SET,RBE3_N(3),1208
*SET,RBE3_P(3),0.383
*SET,RBE3_N(4),1207
*SET,RBE3_P(4),0.556
*SET,RBE3_N(5),1206
*SET,RBE3_P(5),0.707
*SET,RBE3_N(6),1205
*SET,RBE3_P(6),0.832
*SET,RBE3_N(7),1204
*SET,RBE3_P(7),0.924
*SET,RBE3_N(8),1203
*SET,RBE3_P(8),0.981
*SET,RBE3_N(9),1113
*SET,RBE3_P(9),1
*SET,RBE3_N(10),1118
*SET,RBE3_P(10),0.981
*SET,RBE3_N(11),1119
*SET,RBE3_P(11),0.924
*SET,rBE3_N(12),1120
*SET,RBE3_P(12),0.832
*SET,RBE3_N(13),1121
*SET,RBE3_P(13),0.707
*SET,RBE3_N(14),1122
*SET,RBE3_P(14),0.556
*SET,RBE3_N(15),1123
*SET,RBE3_P(15),0.382
*SET,RBE3_N(16),1124
*SET,RBE3_P(16),0.195
*SET,RBE3_N(17),1117
*SET,RBE3_P(17),E-6
RBE3,7840,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 4
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17

*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET,RBE3_P(1),E-6
*SET,RBE3_N(2),1319
*SET,RBE3_P(2),0.195
*SET,RBE3_N(3),1318
*SET,RBE3_P(3),0.383
*SET,RBE3_N(4),1317
*SET,RBE3_P(4),.556
*SET,RBE3_N(5),1316
*SET,RBE3_P(5),0.707
*SET,RBE3_N(6),1315
*SET,RBE3_P(6),0.832
*SET,RBE3_N(7),1314
*SET,RBE3_P(7),0.924
*SET,RBE3_N(8),1313
*SET,RBE3_P(8),0.981
*SET,RBE3_N(9),1223
*SET,RBE3_P(9),1
*SET,RBE3_N(10),1228
*SET,RBE3_P(10),0.981
*SET,RBE3_N(11),1229
*SET,RBE3_P(11),0.924
*SET,RBE3_N(12),1230
*SET,RBE3_P(12),0.832
*SET,RBE3_N(13),1231
*SET,RBE3_P(13),0.707
*SET,RBE3_N(14),1232
*SET,RBE3_P(14),0.556
*SET,RBE3_N(15),1233
*SET,RBE3_P(15),0.382
*SET,RBE3_N(16),1234
*SET,RBE3_P(16),0.195
*SET,RBE3_N(17),1227
*SET,RBE3_P(17),E-6
RBE3,7841,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 5
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET,RBE3_N(1),1369
*SET,RBE3_P(1),E-6
*SET,RBE3_N(2),1429
*SET,RBE3_P(2),0.195
*SET,RBE3_N(3),1428
*SET,RBE3_P(3),0.383
*SET,RBE3_N(4),1427
*SET,RBE3_P(4),0.556
*SET,RBE3_N(5),1426
*SET,RBE3_P(5),0.707
*SET,RBE3_N(6),1425
*SET,RBE3_P(6),0.832
*SET,RBE3_N(7),1424
*SET,RBE3_P(7),0.924
*SET,RBE3_N(8),1423
*SET,RBE3_P(8),0.981
*SET,RBE3_N(9),1333
*SET,RBE3_P(9),1
*SET,RBE3_N(10),1338
*SET,RBE3_P(10),0.981
*SET,RBE3_N(11),1339

*SET,RBE3_P(11),0.924
*SET,RBE3_N(12),1340
*SET,RBE3_P(12),0.832
*SET,RBE3_N(13),1341
*SET,RBE3_P(13),0.707
*SET,RBE3_N(14),1342
*SET,RBE3_P(14),0.556
*SET,RBE3_N(15),1343
*SET,RBE3_P(15),0.382
*SET,RBE3_N(16),1344
*SET,RBE3_P(16),0.195
*SET,RBE3_N(17),1337
*SET,RBE3_P(17),E-6
RBE3,7842,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!furo 6
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),2046
*SET, RBE3_P(1),E-6
*SET, RBE3_N(2),2106
*SET, RBE3_P(2),0.195
*SET, RBE3_N(3),2105
*SET, RBE3_P(3),0.383
*SET, RBE3_N(4),2104
*SET, RBE3_P(4),0.556
*SET, RBE3_N(5),2103
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),2102
*SET, RBE3_P(6),0.832
*SET, RBE3_N(7),2101
*SET, RBE3_P(7),0.924
*SET, RBE3_N(8),2100
*SET, RBE3_P(8),0.981
*SET, RBE3_N(9),2010
*SET,RBE3_P(9),1
*SET,RBE3_N(10),2015
*SET,RBE3_P(10),0.981
*SET,RBE3_N(11),2016
*SET,RBE3_P(11),0.924
*SET,RBE3_N(12),2017
*SET,RBE3_P(12),0.832
*SET,RBE3_N(13),2018
*SET,RBE3_P(13),0.707
*SET,RBE3_N(14),2019
*SET,RBE3_P(14),0.556
*SET,RBE3_N(15),2020
*SET,RBE3_P(15),0.382
*SET,RBE3_N(16),2021
*SET,RBE3_P(16),0.195
*SET,RBE3_N(17),2014
*SET,RBE3_P(17),E-6
RBE3,7843,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 7
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET,RBE3_N(1),2156
*SET,RBE3_P(1),E-6

```





```

*SET, RBE3_P(14),0.707 *SET, RBE3_N(11),5158 *SET, RBE3_P(7),0.383 *SET, RBE3_N(4),6131
*SET, RBE3_N(15),4934 *SET, RBE3_P(11),0.195 *SET, RBE3_N(8),5348 *SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_P(15),0.832 *SET, RBE3_N(12),5157 *SET, RBE3_P(8),0.195 *SET, RBE3_N(5),6132
*SET, RBE3_N(16),4933 *SET, RBE3_P(12),0.383 *SET, RBE3_N(9),5341 *SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_P(16),0.924 *SET, RBE3_N(13),5156 *SET, RBE3_P(9),E-6 *SET, RBE3_N(6),6133
*SET, RBE3_N(17),4932 *SET, RBE3_P(13),0.556 *SET, RBE3_N(10),5309 *SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_P(17),0.981 *SET, RBE3_N(14),5155 *SET, RBE3_P(10),E-6 *SET, RBE3_N(7),6134
RBE3,7823,ALL,rbe3_n(1),r *SET, RBE3_P(14),0.707 *SET, RBE3_N(11),5378 *SET, RBE3_P(7),0.383
be3_p(1) *SET, RBE3_N(15),5154 *SET, RBE3_P(11),0.195 *SET, RBE3_N(8),6135
*SET,RBE3_N *SET, RBE3_P(15),0.832 *SET, RBE3_N(12),5377 *SET, RBE3_P(8),0.195
!FURO 17 *SET, RBE3_N(16),5153 *SET, RBE3_P(12),0.383 *SET, RBE3_N(9),6128
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17 *SET, RBE3_P(16),0.924 *SET, RBE3_N(13),5376 *SET, RBE3_P(9),E-6
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17 *SET, RBE3_N(17),5152 *SET, RBE3_P(13),0.556 *SET, RBE3_N(10),6096
*SET, RBE3_N(1),5007 RBE3,7825,ALL,rbe3_n(1),r *SET, RBE3_P(14),0.707 *SET, RBE3_N(14),5375 *SET, RBE3_P(10),E-6
*SET, RBE3_P(1),1 *SET, RBE3_P(1) be3_p(1) *SET, RBE3_N(15),5374 *SET, RBE3_P(11),6165
*SET, RBE3_N(2),5012 *SET, RBE3_N *SET, RBE3_P(15),0.832 *SET, RBE3_P(11),0.195
*SET, RBE3_P(2),0.981 *SET,RBE3_P *SET, RBE3_N(16),5373 *SET, RBE3_N(12),6164
*SET, RBE3_N(3),5013 !FURO 19 *SET, RBE3_P(16),0.924 *SET, RBE3_P(12),0.383
*SET, RBE3_P(3),0.924 *DIM,RBE3_N,ARRAY,17 *SET, RBE3_N(17),5372 *SET, RBE3_N(13),6163
*SET, RBE3_N(4),5014 *DIM,RBE3_P,ARRAY,17 *SET, RBE3_P(17),0.981 *SET, RBE3_P(13),0.556
*SET, RBE3_P(4),0.832 *SET, RBE3_N(1),5227 RBE3,7827,ALL,rbe3_n(1),r *SET, RBE3_N(14),6162
*SET, RBE3_N(5),5015 *SET, RBE3_P(1),1 *SET, RBE3_P(14),0.707 *SET, RBE3_N(15),6161
*SET, RBE3_P(5),0.707 *SET, RBE3_N(2),5232 *SET, RBE3_P(15),0.832 *SET, RBE3_P(14),0.707
*SET, RBE3_N(6),5016 *SET, RBE3_P(2),0.981 *SET, RBE3_N(16),5373 *SET, RBE3_N(15),6161
*SET, RBE3_P(6),0.556 *SET, RBE3_N(3),5233 *SET, RBE3_P(16),0.924 *SET, RBE3_P(15),0.832
*SET, RBE3_N(7),5017 *SET, RBE3_P(3),0.924 *SET, RBE3_P(16),0.924 *SET, RBE3_N(16),6160
*SET, RBE3_P(7),0.383 *SET, RBE3_N(4),5234 *SET, RBE3_N(17),5372 *SET, RBE3_P(16),0.924
*SET, RBE3_N(8),5018 *SET, RBE3_P(4),0.832 *SET, RBE3_P(17),0.981 *SET, RBE3_N(17),6159
*SET, RBE3_P(8),0.195 *SET, RBE3_N(5),5235 *SET, RBE3_P(17),0.981 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(9),5011 *SET, RBE3_P(5),0.707 *SET, RBE3_N(6),5236 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(9),E-6 *SET, RBE3_N(6),5236 *SET, RBE3_P(6),0.556 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(10),4979 *SET, RBE3_P(7),0.383 *SET, RBE3_P(6),0.556 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(10),E-6 *SET, RBE3_N(7),5237 *SET, RBE3_N(7),6020 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(11),5048 *SET, RBE3_P(8),0.383 *SET, RBE3_P(7),0.924 *SET, RBE3_N(8),6021 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(11),0.195 *SET, RBE3_N(8),5238 *SET, RBE3_P(8),0.832 *SET, RBE3_N(9),6019 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(12),5047 *SET, RBE3_P(9),0.195 *SET, RBE3_P(9),6022 *SET, RBE3_N(10),6019 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(12),0.383 *SET, RBE3_N(9),5231 *SET, RBE3_P(10),6023 *SET, RBE3_N(11),6019 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(13),5046 *SET, RBE3_P(10),E-6 *SET, RBE3_P(11),6024 *SET, RBE3_N(12),6019 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(13),0.556 *SET, RBE3_N(10),5199 *SET, RBE3_P(12),0.556 *SET, RBE3_N(13),6023 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(14),5045 *SET, RBE3_P(11),E-6 *SET, RBE3_P(13),0.832 *SET, RBE3_N(14),6024 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(14),0.707 *SET, RBE3_N(11),5268 *SET, RBE3_P(14),0.832 *SET, RBE3_N(15),6024 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(15),5044 *SET, RBE3_P(12),0.195 *SET, RBE3_P(15),0.556 *SET, RBE3_N(16),6025 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(15),0.832 *SET, RBE3_N(12),5267 *SET, RBE3_P(16),0.195 *SET, RBE3_N(17),6025 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(16),5043 *SET, RBE3_P(13),0.383 *SET, RBE3_P(17),0.924 *SET, RBE3_N(18),6025 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(16),0.924 *SET, RBE3_N(13),5266 *SET, RBE3_P(18),6018 *SET, RBE3_N(19),6025 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_N(17),5042 *SET, RBE3_P(14),5265 *SET, RBE3_P(19),E-6 *SET, RBE3_N(20),6018 *SET, RBE3_P(17),0.981
*SET, RBE3_P(17),0.981 *SET, RBE3_N(14),5265 *SET, RBE3_P(20),5986 *SET, RBE3_N(21),6018 *SET, RBE3_P(17),0.981
RBE3,7824,ALL,rbe3_n(1),r *SET, RBE3_P(14),0.707 *SET, RBE3_N(15),6055 *SET, RBE3_N(22),6018 *SET, RBE3_P(17),0.981
be3_p(1) *SET, RBE3_N(15),5264 *SET, RBE3_P(15),0.707 *SET, RBE3_N(23),6055 *SET, RBE3_N(23),6018
*SET,RBE3_N *SET, RBE3_P(15),0.832 *SET, RBE3_N(16),6051 *SET, RBE3_N(24),6018 *SET, RBE3_N(24),6018
!FURO 18 *SET, RBE3_N(16),5263 *SET, RBE3_P(16),0.383 *SET, RBE3_N(17),6051 *SET, RBE3_N(25),6018 *SET, RBE3_N(25),6018
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17 *SET, RBE3_N(17),5262 *SET, RBE3_P(17),0.556 *SET, RBE3_N(18),6051 *SET, RBE3_N(26),6018 *SET, RBE3_N(26),6018
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17 RBE3,7826,ALL,rbe3_n(1),r *SET, RBE3_P(18),6051 *SET, RBE3_N(19),6051 *SET, RBE3_N(27),6018 *SET, RBE3_N(27),6018
*SET, RBE3_N(1),5117 RBE3,7828,ALL,rbe3_n(1),r *SET, RBE3_P(19),6051 *SET, RBE3_N(20),6051 *SET, RBE3_N(28),6018 *SET, RBE3_N(28),6018
*SET, RBE3_P(1),1 *SET, RBE3_P(1) be3_p(1) *SET, RBE3_P(20),6051 *SET, RBE3_N(21),6051 *SET, RBE3_N(29),6018 *SET, RBE3_N(29),6018
*SET, RBE3_N(2),5122 *SET, RBE3_N *SET, RBE3_P(21),0.832 *SET, RBE3_N(22),6051 *SET, RBE3_N(30),6018 *SET, RBE3_N(30),6018
*SET, RBE3_P(2),0.981 *SET, RBE3_P *SET, RBE3_N(16),6050 *SET, RBE3_N(31),6018 *SET, RBE3_N(31),6018
*SET, RBE3_N(3),5123 !FURO 20 *SET, RBE3_P(16),0.924 *SET, RBE3_N(32),6018 *SET, RBE3_N(32),6018
*SET, RBE3_P(3),0.924 *DIM,RBE3_N,ARRAY,17 *SET, RBE3_P(17),0.981 *SET, RBE3_N(33),6018 *SET, RBE3_N(33),6018
*SET, RBE3_N(4),5124 *DIM,RBE3_P,ARRAY,17 *SET, RBE3_P(17),0.981 *SET, RBE3_N(34),6018 *SET, RBE3_N(34),6018
*SET, RBE3_P(4),0.832 *SET, RBE3_N(1),5337 RBE3,7828,ALL,rbe3_n(1),r *SET, RBE3_P(18),0.924 *SET, RBE3_N(35),6018 *SET, RBE3_N(35),6018
*SET, RBE3_N(5),5125 *SET, RBE3_P(1),1 *SET, RBE3_P(18),0.924 *SET, RBE3_N(36),6018 *SET, RBE3_N(36),6018
*SET, RBE3_P(5),0.707 *SET, RBE3_N(2),5342 *SET, RBE3_P(19),E-6 *SET, RBE3_N(37),6018 *SET, RBE3_N(37),6018
*SET, RBE3_N(6),5126 *SET, RBE3_P(2),0.981 *SET, RBE3_P(20),5986 *SET, RBE3_N(38),6018 *SET, RBE3_N(38),6018
*SET, RBE3_P(6),0.556 *SET, RBE3_N(3),5343 *SET, RBE3_P(21),E-6 *SET, RBE3_N(39),6018 *SET, RBE3_N(39),6018
*SET, RBE3_N(7),5127 *SET, RBE3_P(3),0.924 *SET, RBE3_P(22),5986 *SET, RBE3_N(40),6018 *SET, RBE3_N(40),6018
*SET, RBE3_P(7),0.383 *SET, RBE3_P(4),5344 *SET, RBE3_P(23),6018 *SET, RBE3_N(41),6018 *SET, RBE3_N(41),6018
*SET, RBE3_N(8),5128 *SET, RBE3_P(4),0.832 *SET, RBE3_P(24),6018 *SET, RBE3_N(42),6018 *SET, RBE3_N(42),6018
*SET, RBE3_P(8),0.195 *SET, RBE3_N(5),5345 *SET, RBE3_P(25),6018 *SET, RBE3_N(43),6018 *SET, RBE3_N(43),6018
*SET, RBE3_N(9),5121 *SET, RBE3_P(5),0.707 *SET, RBE3_P(26),6018 *SET, RBE3_N(44),6018 *SET, RBE3_N(44),6018
*SET, RBE3_P(9),E-6 *SET, RBE3_N(6),5346 *SET, RBE3_P(27),6018 *SET, RBE3_N(45),6018 *SET, RBE3_N(45),6018
*SET, RBE3_N(10),5089 *SET, RBE3_P(6),0.556 *SET, RBE3_P(28),6018 *SET, RBE3_N(46),6018 *SET, RBE3_N(46),6018
*SET, RBE3_P(10),E-6 *SET, RBE3_N(7),5347 *SET, RBE3_P(29),6018 *SET, RBE3_N(47),6018 *SET, RBE3_N(47),6018

```

```

*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),6344
*SET, RBE3_P(1),1
*SET, RBE3_N(2),6349
*SET, RBE3_P(2),0.981
*SET, RBE3_N(3),6350
*SET, RBE3_P(3),0.924
*SET, RBE3_N(4),6351
*SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_N(5),6352
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),6353
*SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_N(7),6354
*SET, RBE3_P(7),0.383
*SET, RBE3_N(8),6355
*SET, RBE3_P(8),0.195
*SET, RBE3_N(9),6348
*SET, RBE3_P(9),E-6
*SET, RBE3_N(10),6316
*SET, RBE3_P(10),E-6
*SET, RBE3_N(11),6385
*SET, RBE3_P(11),0.195
*SET, RBE3_N(12),6384
*SET, RBE3_P(12),0.383
*SET, RBE3_N(13),6383
*SET, RBE3_P(13),0.556
*SET, RBE3_N(14),6382
*SET, RBE3_P(14),0.707
*SET, RBE3_N(15),6381
*SET, RBE3_P(15),0.832
*SET, RBE3_N(16),6380
*SET, RBE3_P(16),0.924
*SET, RBE3_N(17),6379
*SET, RBE3_P(17),0.981
RBE3,7831,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 25
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),6454
*SET, RBE3_P(1),1
*SET, RBE3_N(2),6459
*SET, RBE3_P(2),0.981
*SET, RBE3_N(3),6460
*SET, RBE3_P(3),0.924
*SET, RBE3_N(4),6461
*SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_N(5),6462
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),6463
*SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_N(7),6464
*SET, RBE3_P(7),0.383
*SET, RBE3_N(8),6465
*SET, RBE3_P(8),0.195
*SET, RBE3_N(9),6458
*SET, RBE3_P(9),E-6
*SET, RBE3_N(10),6426
*SET, RBE3_P(10),E-6
*SET, RBE3_N(11),6495
*SET, RBE3_P(11),0.195
*SET, RBE3_N(12),6494
*SET, RBE3_P(12),0.383
*SET, RBE3_N(13),6493
*SET, RBE3_P(13),0.556
*SET, RBE3_N(14),6492
*SET, RBE3_P(14),0.707
*SET, RBE3_N(15),6491
*SET, RBE3_P(15),0.832
*SET, RBE3_N(16),6490
*SET, RBE3_P(16),0.924
*SET, RBE3_N(17),6489
*SET, RBE3_P(17),0.981
RBE3,7832,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 26
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),7343
*SET, RBE3_P(1),1
*SET, RBE3_N(2),7348
*SET, RBE3_P(2),0.981
*SET, RBE3_N(3),7349
*SET, RBE3_P(3),0.924
*SET, RBE3_N(4),7350
*SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_N(5),7351
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),7352
*SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_N(7),7353
*SET, RBE3_P(7),0.383
*SET, RBE3_N(8),7354
*SET, RBE3_P(8),0.195
*SET, RBE3_N(9),7347
*SET, RBE3_P(9),E-6
*SET, RBE3_N(10),7372
*SET, RBE3_P(10),E-6
*SET, RBE3_N(11),7405
*SET, RBE3_P(11),0.195
*SET, RBE3_N(12),7404
*SET, RBE3_P(12),0.383
*SET, RBE3_N(13),7403
*SET, RBE3_P(13),0.556
*SET, RBE3_N(14),7402
*SET, RBE3_P(14),0.707
*SET, RBE3_N(15),7401
*SET, RBE3_P(15),0.832
*SET, RBE3_N(16),7400
*SET, RBE3_P(16),0.924
*SET, RBE3_N(17),7399
*SET, RBE3_P(17),0.981
RBE3,7833,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 27
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17*DIM,
RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),7439
*SET, RBE3_P(1),1
*SET, RBE3_N(2),7444
*SET, RBE3_P(2),0.981
*SET, RBE3_N(3),7445
*SET, RBE3_P(3),0.924
*SET, RBE3_N(4),7446
*SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_N(5),7447
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),7448
*SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_N(7),7449
*SET, RBE3_P(7),0.383
*SET, RBE3_N(8),7450
*SET, RBE3_P(8),0.195
*SET, RBE3_N(9),7443
*SET, RBE3_P(9),E-6
*SET, RBE3_N(10),7468
*SET, RBE3_P(10),0.195
*SET, RBE3_N(11),7501
*SET, RBE3_P(11),0.383
*SET, RBE3_N(12),7500
*SET, RBE3_P(12),0.556
*SET, RBE3_N(13),7499
*SET, RBE3_P(13),0.707
*SET, RBE3_N(14),7498
*SET, RBE3_P(14),0.832
*SET, RBE3_N(15),7497
*SET, RBE3_P(15),0.924
*SET, RBE3_N(16),7496
*SET, RBE3_P(16),0.981
*SET, RBE3_N(17),7495
*SET, RBE3_P(17),1
RBE3,7834,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 28
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),7535
*SET, RBE3_P(1),1
*SET, RBE3_N(2),7540
*SET, RBE3_P(2),0.981
*SET, RBE3_N(3),7541
*SET, RBE3_P(3),0.924
*SET, RBE3_N(4),7542
*SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_N(5),7543
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),7544
*SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_N(7),7545
*SET, RBE3_P(7),0.383
*SET, RBE3_N(8),7546
*SET, RBE3_P(8),0.195
*SET, RBE3_N(9),7539
*SET, RBE3_P(9),E-6
*SET, RBE3_N(10),7564
*SET, RBE3_P(10),0.195
*SET, RBE3_N(11),7597
*SET, RBE3_P(11),0.383
*SET, RBE3_N(12),7596
*SET, RBE3_P(12),.556
*SET, RBE3_N(13),7595
*SET, RBE3_P(13),0.707
*SET, RBE3_N(14),7594
*SET, RBE3_P(14),0.832
*SET, RBE3_N(15),7593
*SET, RBE3_P(15),0.924
*SET, RBE3_N(16),7592
*SET, RBE3_P(16),0.981
*SET, RBE3_N(17),7591
*SET, RBE3_P(17),1
RBE3,7835,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 29
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),7631
*SET, RBE3_P(1),1
*SET, RBE3_N(2),7636
*SET, RBE3_P(2),0.981
*SET, RBE3_N(3),7637
*SET, RBE3_P(3),0.924
*SET, RBE3_N(4),7638
*SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_N(5),7639
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),7640
*SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_N(7),7641
*SET, RBE3_P(7),0.383
*SET, RBE3_N(8),7642
*SET, RBE3_P(8),0.195
*SET, RBE3_N(9),7635
*SET, RBE3_P(9),E-6
*SET, RBE3_N(10),7660
*SET, RBE3_P(10),.195
*SET, RBE3_N(11),7693
*SET, RBE3_P(11),0.383
*SET, RBE3_N(12),7692
*SET, RBE3_P(12),0.556
*SET, RBE3_N(13),7691
*SET, RBE3_P(13),0.707
*SET, RBE3_N(14),7690
*SET, RBE3_P(14),0.832
*SET, RBE3_N(15),7689
*SET, RBE3_P(15),0.924
*SET, RBE3_N(16),7688
*SET, RBE3_P(16),0.981
*SET, RBE3_N(17),7687
*SET, RBE3_P(17), 1
RBE3,7836,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
!FURO 30
*DIM,RBE3_N,ARRAY,17
*DIM,RBE3_P,ARRAY,17
*SET, RBE3_N(1),7727
*SET, RBE3_P(1),1
*SET, RBE3_N(2),7732
*SET, RBE3_P(2),0.981
*SET, RBE3_N(3),7733
*SET, RBE3_P(3),0.924
*SET, RBE3_N(4),7734
*SET, RBE3_P(4),0.832
*SET, RBE3_N(5),7735
*SET, RBE3_P(5),0.707
*SET, RBE3_N(6),7736
*SET, RBE3_P(6),0.556
*SET, RBE3_N(7),7737
*SET, RBE3_P(7),0.383
*SET, RBE3_N(8),7738
*SET, RBE3_P(8),0.195
*SET, RBE3_N(9),7731
*SET, RBE3_P(9),E-6
*SET, RBE3_N(10),7756
*SET, RBE3_P(10),0.195
*SET, RBE3_N(11),7789
*SET, RBE3_P(11),0.383
*SET, RBE3_N(12),7788
*SET, RBE3_P(12),0.556
*SET, RBE3_N(13),7787
*SET, RBE3_P(13),0.707
*SET, RBE3_N(14),7786
*SET, RBE3_P(14),0.832
*SET, RBE3_N(15),7785
*SET, RBE3_P(15),0.924
*SET, RBE3_N(16),7784
*SET, RBE3_P(16),0.981
*SET, RBE3_N(17),7783
*SET, RBE3_P(17), 1
RBE3,7837,ALL,rbe3_n(1),r
be3_p(1)
*SET,RBE3_N
*SET,RBE3_P
nummrg,all

```

### 3. Modelo sólido para junta sobreposta

```

finish
/clear
/title,lap joint solida
raio = 1.985
raiom = 1.985
num_elem = 2
/prep7
!material
mat,1
ex,1,74500
ex,2,74000
nuxy,1,0.33
nuxy,1,0.33
!elementos
et,1,solid73
r,1,1.6
et,2,mass21
r,2,1e-10
!area !!da chapa inferior
rectng,0,8,0,9.75
rectng,0,8,9.75,13.75
rectng,0,8,13.75,17.75
rectng,0,8,17.75,27.5
rectng,8,12,0,9.75
rectng,8,12,9.75,13.75
rectng,8,12,17.75,27.5
rectng,12,16,0,9.75
rectng,12,16,17.75,27.5
rectng,16,28,0,9.75
rectng,16,28,9.75,13.75
rectng,16,28,13.75,17.75
rectng,16,28,17.75,27.5
rectng,28,32,0,9.75
rectng,28,32,9.75,13.75
rectng,28,32,17.75,27.5
rectng,32,36,0,9.75
rectng,32,36,17.75,27.5
rectng,36,48,0,9.75
rectng,36,48,9.75,13.75
rectng,36,48,13.75,17.75
rectng,36,48,17.75,27.5
rectng,48,52,0,9.75
rectng,48,52,9.75,13.75
rectng,48,52,17.75,27.5
rectng,52,56,0,9.75
rectng,52,56,17.75,27.5
rectng,56,64,0,9.75
rectng,56,64,9.75,13.75
rectng,56,64,13.75,17.75
rectng,56,64,17.75,27.5
/pnum,area,1
nummrg,all
!base para os furos
wpoffs,12,13.75
pcirc,raiom
wpoffs,20,0
pcirc,raiom
wpoffs,20,0
pcirc,raiom
asba,6,32
asba,15,33
asba,24,34
k,124,12,13.75
k,125,32,13.75
k,126,52,13.75
l,124,3
l,125,39
l,126,75
asbl,35,22
asbl,6,23
asbl,15,24
wpoffs,-40,0
csys,4
arsysm,x,24
arsysm,x,32
arsysm,y,24
arsysm,y,32
arsysm,x,37
arsysm,x,38
csys,0
wpoffs,20,0
csys,4
arsysm,x,33
arsysm,x,34
arsysm,y,33
arsysm,y,34
arsysm,x,43
arsysm,x,44
csys,0
wpoffs,20,0
csys,4
arsysm,x,6
arsysm,x,35
arsysm,y,6
arsysm,y,35
arsysm,x,49
arsysm,x,50
csys,0
nummrg,all
!chapa superior
wpoffs,-52,-13.75,1.6
rectng,0,8,0,9.75
rectng,0,8,9.75,13.75
rectng,0,8,13.75,17.75
rectng,0,8,17.75,27.5
rectng,8,12,0,9.75
rectng,8,12,9.75,13.75
rectng,8,12,17.75,27.5
rectng,12,16,0,9.75
rectng,12,16,17.75,27.5
rectng,16,28,0,9.75
rectng,16,28,9.75,13.75
rectng,16,28,13.75,17.75
rectng,16,28,17.75,27.5
rectng,28,32,0,9.75
rectng,28,32,9.75,13.75
rectng,28,32,17.75,27.5
rectng,32,36,0,9.75
rectng,32,36,17.75,27.5
rectng,36,48,0,9.75
rectng,36,48,9.75,13.75
rectng,36,48,13.75,17.75
rectng,36,48,17.75,27.5
rectng,48,52,0,9.75
rectng,48,52,9.75,13.75
rectng,48,52,17.75,27.5
rectng,52,56,0,9.75
rectng,52,56,17.75,27.5
rectng,56,64,0,9.75
rectng,56,64,9.75,13.75
rectng,56,64,13.75,17.75
rectng,56,64,17.75,27.5
nummrg,all
!base para os furos
wpoffs,12,13.75
pcirc,raiom
wpoffs,20,0
pcirc,raiom
wpoffs,20,0
pcirc,raiom
asba,58,84
asba,67,85
asba,76,86
k,200,12,13.75,1.6
k,201,32,13.75,1.6
k,202,52,13.75,1.6
l,31,200
l,105,201
l,151,202
asbl,87,139
asbl,58,140
asbl,67,142
wpoffs,-40,0
csys,4
arsysm,x,76
arsysm,x,84
arsysm,y,76
arsysm,y,84
arsysm,x,89
arsysm,x,90
csys,0
wpoffs,20,0
csys,4
arsysm,x,85
arsysm,x,86
arsysm,y,85
arsysm,y,86
arsysm,x,95
arsysm,x,96
csys,0
wpoffs,20,0
csys,4
arsysm,x,58
arsysm,x,87
arsysm,y,58
arsysm,y,87
arsysm,x,101
arsysm,x,102
csys,0
nummrg,all
!rebites
wpoffs,-40,0,-1.6
pcirc,raio
l,82,89
asbl,105,206
k,500,12,13.75
l,86,500
l,500,81
asbl,107,207
asbl,106,215
nummrg,all
wpoffs,10,0
csys,4
arsysm,x,105
arsysm,x,107
arsysm,x,108
arsysm,x,109
csys,0
wpoffs,20,0
csys,4
arsysm,x,106
arsysm,x,110
arsysm,x,111
arsysm,x,112
csys,0
nummrg,all
wpoffs,-42,-13.75
rectng,0,-16,0,9.75
rectng,0,-16,9.75,13.75
rectng,0,-16,13.75,17.75
rectng,0,-16,17.75,27.5
rectng,-16,-148,0,9.75
rectng,-16,-
148,9.75,13.75
rectng,-16,-
48,13.75,17.75
rectng,-16,-
148,17.75,27.5
wpoffs,64,0,1.6
rectng,0,16,0,9.75
rectng,0,16,9.75,13.75
rectng,0,16,13.75,17.75
rectng,0,16,17.75,27.5
rectng,16,148,0,9.75
rectng,16,148,9.75,13.75
rectng,16,148,13.75,17.75
rectng,16,148,17.75,27.5
nummrg,all
vext,1,104,1,0,0,1.6,0,0,
0
vext,105,116,1,0,0,3.2,0,
0,0
vext,117,132,1,0,0,1.6,0,
0,0
nummrg,all
!/pnum,area,off
numcmp,all
nummrg,all
LESIZE,1,,,2
LESIZE,3,,,2
LESIZE,6,,,2
LESIZE,7,,,2
LESIZE,8,,,2
LESIZE,10,,,2
LESIZE,11,,,2
LESIZE,12,,,2
LESIZE,15,,,2
LESIZE,17,,,2
LESIZE,19,,,2
LESIZE,25,,,2
LESIZE,27,,,2
LESIZE,29,,,2
LESIZE,31,,,2
LESIZE,33,,,2
LESIZE,35,,,2
LESIZE,42,,,2
LESIZE,44,,,2
LESIZE,46,,,2
LESIZE,48,,,2
LESIZE,53,,,2
LESIZE,55,,,2
LESIZE,57,,,2
LESIZE,60,,,2
LESIZE,61,,,2
LESIZE,63,,,2
LESIZE,65,,,2
LESIZE,67,,,2
LESIZE,69,,,2
LESIZE,71,,,2
LESIZE,77,,,2
LESIZE,78,,,2
LESIZE,80,,,2
LESIZE,82,,,2
LESIZE,84,,,2
LESIZE,85,,,2
LESIZE,89,,,2
LESIZE,91,,,2
LESIZE,93,,,2
LESIZE,96,,,2
LESIZE,97,,,2
LESIZE,99,,,2
LESIZE,101,,,2
LESIZE,103,,,2
LESIZE,104,,,2
LESIZE,105,,,2
LESIZE,107,,,2
LESIZE,108,,,2
LESIZE,109,,,2
LESIZE,111,,,2

```





```

LESIZE, 676,,, 4      CM, _LINECM,LINE      ASEL,A,,,454      cerig, 10000,0 5002,all
LESIZE, 679,,, 4      CM, _AREACM,AREA      ASEL,A,,,457      cerig, 10000,0 5003,all
LESIZE, 681,,, 4      /GSAV,cwz,gsav,,temp ASEL,A,,,460      cerig, 10000,0 5004,all
LESIZE, 243,,, 4      MP,MU,1,              Asel, A,,, 463      cerig, 10000,0 5005,all
LESIZE, 260,,, 4      MAT,1                 Asel, A,,, 452      cerig, 10000,0 5070,all
LESIZE, 280,,, 4      R,3                   Asel, A,,, 468      cerig, 10000,0 5071,all
LESIZE, 289,,, 4      REAL,3               Asel, A,,, 466      cerig, 10000,0 5072,all
LESIZE, 295,,, 4      ET,3,170             Asel, A,,, 470      cerig, 10000,0 5073,all
LESIZE, 642,,, 4      ET,4,174             Asel, A,,, 474      cerig, 10000,0 5138,all
LESIZE, 643,,, 4      RMODIF,3,1,,,1.0,0.1,, Asel, A,,, 477      cerig, 10000,0 5139,all
LESIZE, 647,,, 4      RMODIF,3,7,,,1.0e20,0.0,1 Asel, A,,, 480      cerig, 10000,0 5140,all
LESIZE, 650,,, 4      .0                    CM, _CONTACT,AREA  cerig, 10000,0 5141,all
LESIZE, 653,,, 4      KEYOPT,4,2,0         TYPE,4              cerig, 10000,0 5206,all
LESIZE, 37,,, 3       KEYOPT,4,6,0         NSLA,S,1            cerig, 10000,0 5207,all
LESIZE, 39,,, 3       KEYOPT,4,7,0         ESLN,S,0            cerig, 10000,0 5208,all
LESIZE, 47,,, 3       KEYOPT,4,8,0         ESURF,ALL           cerig, 10000,0 5209,all
LESIZE, 43,,, 3       KEYOPT,4,9,0         ALLSEL              cerig, 10000,0 5210,all
LESIZE, 606,,, 6       KEYOPT,4,11,         ESEL,ALL            cerig, 10000,0 5211,all
LESIZE, 607,,, 6       KEYOPT,4,12,0        ESEL,S,TYPE,,3     cerig, 10000,0 5212,all
LESIZE, 608,,, 6       ASEL,S,,,178         ESEL,A,TYPE,,4     cerig, 10000,0 5213,all
LESIZE, 612,,, 6       ASEL,A,,,201         ESEL,R,REAL,,3     d, 3574 ,all
LESIZE, 613,,, 6       ASEL,A,,,225         /PSYMB,ESYS,1      d, 3591 ,all
LESIZE, 614,,, 6       ASEL,A,,,233         /PNUM,TYPE,1       d, 3608 ,all
LESIZE, 617,,, 6       ASEL,A,,,235         /NUM,1              d, 3609 ,all
LESIZE, 620,,, 6       ASEL,A,,,236         EPLOT               d, 3610 ,all
LESIZE, 624,,, 6       ASEL,A,,,238         ESEL,ALL            d, 3659 ,all
LESIZE, 627,,, 6       ASEL,A,,,240         ESEL,S,TYPE,,3     d, 3676 ,all
LESIZE, 632,,, 6       ASEL,A,,,323         ESEL,A,TYPE,,4     d, 3693 ,all
LESIZE, 633,,, 6       ASEL,A,,,355         ESEL,R,REAL,,3     d, 3694 ,all
LESIZE, 634,,, 6       ASEL,A,,,387         CMSEL,A,_NODECM    d, 3695 ,all
LESIZE, 637,,, 6       ASEL,A,,,399         CMDEL,_NODECM      d, 3744 ,all
LESIZE, 640,,, 6       ASEL,A,,,402         CMSEL,A,_ELEMCM    d, 3745 ,all
type,1                 ASEL,A,,,404        CMDEL,_ELEMCM      d, 3778 ,all
esize,2                ASEL,A,,,407        CMSEL,S,_LINECM    d, 3779 ,all
eshape,2               ASEL,A,,,410        CMDEL,_LINECM      d, 3812 ,all
type,1                 !rebite 2          CMSEL,S,_AREACM    d, 3813 ,all
mat,1                  Asel, A,,, 421      CMDEL,_AREACM      d, 3814 ,all
vmesh,1,104,1          Asel, A,,, 427      /GRES,cwz,gsav     d, 3815 ,all
eshape,1               Asel, A,,, 419      CMDEL,_TARGET      d, 3816 ,all
type,1                 Asel, A,,, 389      CMDEL,_CONTACT     d, 3817 ,all
mat,2                  Asel, A,,, 416      /COM, CONTACT PAIR d, 3914 ,all
vmesh,105,116,1       Asel, A,,, 414      CREATION - END     d, 3931 ,all
type,1                 Asel, A,,, 424      ;cerig força       d, 3948 ,all
mat,1                  Asel, A,,, 394      cerig, 10000,0 4458,all d, 3965 ,all
eshape,2               Asel, A,,, 247      cerig, 10000,0 4475,all d, 3982 ,all
vmesh,117,120,1       Asel, A,,, 251      cerig, 10000,0 4476,all d, 3983 ,all
vmesh,125,128,1       Asel, A,,, 226      cerig, 10000,0 4477,all d, 4016 ,all
esize,8                Asel, A,,, 246      cerig, 10000,0 4478,all d, 4017 ,all
vmesh,121,124,1       Asel, A,,, 244      cerig, 10000,0 4543,all d, 4050 ,all
vmesh,129,132,1       Asel, A,,, 243      cerig, 10000,0 4560,all d, 4067 ,all
nummrg,all             Asel, A,,, 249      cerig, 10000,0 4561,all d, 4084 ,all
nummrg,node,0.05      Asel, A,,, 230      cerig, 10000,0 4562,all d, 4101 ,all
numcmp,all             !rebite 3          cerig, 10000,0 4563,all d, 4118 ,all
nummrg,all             Asel, A,,, 438      cerig, 10000,0 4628,all FLST,5,189,2,ORDE,29
save                   Asel, A,,, 444      cerig, 10000,0 4629,all FITEM,5,35
nummrg,all             Asel, A,,, 436      cerig, 10000,0 4662,all FITEM,5,-46
numcmp,all             Asel, A,,, 285      cerig, 10000,0 4663,all FITEM,5,117
n,10000,225.75,13.75,1.6 Asel, A,,, 433      cerig, 10000,0 4664,all FITEM,5,-124
d,10000,uy,0           Asel, A,,, 431      cerig, 10000,0 4665,all FITEM,5,195
d,10000,uz,0           Asel, A,,, 441      cerig, 10000,0 4666,all FITEM,5,-206
d,10000,rotx,0         Asel, A,,, 397      cerig, 10000,0 4667,all FITEM,5,305
d,10000,roty,0         Asel, A,,, 258      cerig, 10000,0 4668,all FITEM,5,-336
d,10000,rotz,0         Asel, A,,, 262      cerig, 10000,0 4669,all FITEM,5,437
f,10000,fx,312         Asel, A,,, 149      cerig, 10000,0 4798,all FITEM,5,-444
type,2                 Asel, A,,, 257      cerig, 10000,0 4799,all FITEM,5,515
real,2                 Asel, A,,, 255      cerig, 10000,0 4832,all FITEM,5,-526
e,10000                Asel, A,,, 254      cerig, 10000,0 4833,all FITEM,5,625
nummrg,all             Asel, A,,, 260      cerig, 10000,0 4866,all FITEM,5,-656
!aplicação do contato e Asel, A,,, 232      cerig, 10000,0 4867,all FITEM,5,738
cc                      CM, _TARGET,AREA  cerig, 10000,0 4868,all FITEM,5,-743
/prep7                 TYPE,3             cerig, 10000,0 4869,all FITEM,5,791
/COM, CONTACT PAIR    NSLA,S,1           cerig, 10000,0 4934,all FITEM,5,-792
CREATION - START      ESLN,S,0           cerig, 10000,0 4935,all FITEM,5,799
CM, _NODECM,NODE      ESURF,ALL          cerig, 10000,0 4968,all FITEM,5,-802
CM, _ELEMCM,ELEM      ASEL,S,,,446      cerig, 10000,0 4969,all

```

```

FITEM,5,809
FITEM,5,-810
FITEM,5,909
FITEM,5,-932
FITEM,5,1065
FITEM,5,-1096
FITEM,5,2955
FITEM,5,2960
FITEM,5,2965
ESEL,R , ,P51X
AVPRIN,0,0,
!*
PLESOL,S,X,0,1
FLST,5,1165,2,ORDE,6
FITEM,5,1161
FITEM,5,-2280
FITEM,5,2938
FITEM,5,-2952
FITEM,5,2969
FITEM,5,-2998
ESEL,S , ,P51X
/VIEW, 1 ,,,1
/ANG, 1
/REP,FAST
/DIST, 1 ,1.371742,1
/REP,FAST
/DIST, 1 ,0.729000,1
/REP,FAST
FLST,5,233,2,ORDE,35
FITEM,5,1193
FITEM,5,-1208
FITEM,5,1273
FITEM,5,-1288
FITEM,5,1353
FITEM,5,-1368
FITEM,5,1465
FITEM,5,-1496
FITEM,5,1593
FITEM,5,-1608
FITEM,5,1673
FITEM,5,-1688
FITEM,5,1785
FITEM,5,-1816
FITEM,5,1897
FITEM,5,-1904
FITEM,5,1949
FITEM,5,-1952
FITEM,5,1957
FITEM,5,-1964
FITEM,5,1969
FITEM,5,-1972
FITEM,5,2049
FITEM,5,-2072
FITEM,5,2185
FITEM,5,-2216
FITEM,5,2940
FITEM,5,2945
FITEM,5,2950
FITEM,5,2971
FITEM,5,2976
FITEM,5,2981
FITEM,5,2986
FITEM,5,2991
FITEM,5,2996
ESEL,R , ,P51X
FLST,2,642,1,ORDE,301
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
FITEM,2,16
FITEM,2,-18
FITEM,2,31
FITEM,2,-36
FITEM,2,109
FITEM,2,113
FITEM,2,-114
FITEM,2,121
FITEM,2,125
FITEM,2,-126
FITEM,2,133
FITEM,2,-134
FITEM,2,141
FITEM,2,-144
FITEM,2,157
FITEM,2,-158
FITEM,2,167
FITEM,2,-168
FITEM,2,177
FITEM,2,-180
FITEM,2,235
FITEM,2,239
/REP,FAST
/VIEW, 1 ,,,1
/ANG, 1
/REP,FAST
/VIEW, 1 ,,,-1
/ANG, 1
/REP,FAST
eplot
FLST,5,189,2,ORDE,35
FITEM,5,1195
FITEM,5,-1206
FITEM,5,1277
FITEM,5,-1284
FITEM,5,1355
FITEM,5,-1366
FITEM,5,1465
FITEM,5,-1496
FITEM,5,1597
FITEM,5,-1604
FITEM,5,1675
FITEM,5,-1686
FITEM,5,1785
FITEM,5,-1816
FITEM,5,1898
FITEM,5,-1903
FITEM,5,1951
FITEM,5,-1952
FITEM,5,1959
FITEM,5,-1962
FITEM,5,1969
FITEM,5,-1970
FITEM,5,2052
FITEM,5,-2069
FITEM,5,2185
FITEM,5,-2216
FITEM,5,2940
FITEM,5,2945
FITEM,5,2950
FITEM,5,2971
FITEM,5,2976
FITEM,5,2981
FITEM,5,2986
FITEM,5,2991
FITEM,5,2996
ESEL,R , ,P51X
FLST,2,642,1,ORDE,301
FITEM,2,1
FITEM,2,-3
FITEM,2,16
FITEM,2,-18
FITEM,2,31
FITEM,2,-36
FITEM,2,109
FITEM,2,113
FITEM,2,-114
FITEM,2,121
FITEM,2,125
FITEM,2,-126
FITEM,2,133
FITEM,2,-134
FITEM,2,141
FITEM,2,-144
FITEM,2,157
FITEM,2,-158
FITEM,2,167
FITEM,2,-168
FITEM,2,177
FITEM,2,-180
FITEM,2,235
FITEM,2,239
FITEM,2,245
FITEM,2,249
FITEM,2,257
FITEM,2,-258
FITEM,2,265
FITEM,2,-266
FITEM,2,273
FITEM,2,-274
FITEM,2,283
FITEM,2,-284
FITEM,2,293
FITEM,2,-296
FITEM,2,315
FITEM,2,319
FITEM,2,325
FITEM,2,329
FITEM,2,337
FITEM,2,-338
FITEM,2,345
FITEM,2,-346
FITEM,2,353
FITEM,2,-355
FITEM,2,368
FITEM,2,-370
FITEM,2,383
FITEM,2,-388
FITEM,2,473
FITEM,2,477
FITEM,2,-478
FITEM,2,485
FITEM,2,489
FITEM,2,-490
FITEM,2,497
FITEM,2,-498
FITEM,2,505
FITEM,2,-508
FITEM,2,521
FITEM,2,-522
FITEM,2,531
FITEM,2,-532
FITEM,2,541
FITEM,2,-544
FITEM,2,587
FITEM,2,591
FITEM,2,597
FITEM,2,601
FITEM,2,609
FITEM,2,-610
FITEM,2,617
FITEM,2,-618
FITEM,2,625
FITEM,2,-626
FITEM,2,635
FITEM,2,-636
FITEM,2,645
FITEM,2,-648
FITEM,2,667
FITEM,2,671
FITEM,2,677
FITEM,2,681
FITEM,2,689
FITEM,2,-690
FITEM,2,697
FITEM,2,-698
FITEM,2,705
FITEM,2,-707
FITEM,2,719
FITEM,2,-721
FITEM,2,733
FITEM,2,-738
FITEM,2,813
FITEM,2,817
FITEM,2,-818
FITEM,2,825
FITEM,2,829
FITEM,2,-830
FITEM,2,837
FITEM,2,-838
FITEM,2,845
FITEM,2,-848
FITEM,2,861
FITEM,2,-862
FITEM,2,871
FITEM,2,-872
FITEM,2,881
FITEM,2,-884
FITEM,2,927
FITEM,2,931
FITEM,2,937
FITEM,2,941
FITEM,2,949
FITEM,2,-950
FITEM,2,957
FITEM,2,-958
FITEM,2,965
FITEM,2,-966
FITEM,2,975
FITEM,2,-976
FITEM,2,985
FITEM,2,-988
FITEM,2,1007
FITEM,2,1011
FITEM,2,1017
FITEM,2,1021
FITEM,2,1029
FITEM,2,-1030
FITEM,2,1037
FITEM,2,-1038
FITEM,2,1045
FITEM,2,-1046
FITEM,2,1055
FITEM,2,-1056
FITEM,2,1065
FITEM,2,-1068
FITEM,2,1129
FITEM,2,1133
FITEM,2,1137
FITEM,2,1141
FITEM,2,1145
FITEM,2,-1146
FITEM,2,1153
FITEM,2,-1154
FITEM,2,1473
FITEM,2,-1475
FITEM,2,1488
FITEM,2,-1493
FITEM,2,1554
FITEM,2,1558
FITEM,2,-1559
FITEM,2,1566
FITEM,2,-1567
FITEM,2,1574
FITEM,2,-1577
FITEM,2,1590
FITEM,2,-1591
FITEM,2,1600
FITEM,2,-1603
FITEM,2,1649
FITEM,2,1653
FITEM,2,1661

```

```

FITEM,2,-1662
FITEM,2,1669
FITEM,2,-1670
FITEM,2,1677
FITEM,2,-1678
FITEM,2,1687
FITEM,2,-1690
FITEM,2,1709
FITEM,2,1713
FITEM,2,1721
FITEM,2,-1722
FITEM,2,1729
FITEM,2,-1730
FITEM,2,1737
FITEM,2,-1739
FITEM,2,1752
FITEM,2,-1757
FITEM,2,1827
FITEM,2,1831
FITEM,2,-1832
FITEM,2,1839
FITEM,2,-1840
FITEM,2,1847
FITEM,2,-1850
FITEM,2,1863
FITEM,2,-1864
FITEM,2,1873
FITEM,2,-1876
FITEM,2,1913
FITEM,2,1917
FITEM,2,1925
FITEM,2,-1926
FITEM,2,1933
FITEM,2,-1934
FITEM,2,1941
FITEM,2,-1942
FITEM,2,1951
FITEM,2,-1954
FITEM,2,1973
FITEM,2,1977
FITEM,2,1985
FITEM,2,-1986

FITEM,2,1993
FITEM,2,-1994
FITEM,2,-3321
FITEM,2,3334
FITEM,2,-3341
FITEM,2,3366
FITEM,2,-3369
FITEM,2,3386
FITEM,2,-3389
FITEM,2,3406
FITEM,2,-3413

FITEM,2,3510
FITEM,2,3514
FITEM,2,-3516
FITEM,2,3526
FITEM,2,3530
FITEM,2,-3532
FITEM,2,3542
FITEM,2,-3543
FITEM,2,3550
FITEM,2,-3555
FITEM,2,3575
FITEM,2,-3590
FITEM,2,3660
FITEM,2,-3675
FITEM,2,3746
FITEM,2,-3777
FITEM,2,2001
FITEM,2,-2003
FITEM,2,2015
FITEM,2,-2020
FITEM,2,2082
FITEM,2,2086
FITEM,2,-2087
FITEM,2,2094

FITEM,2,-2095
FITEM,2,2102
FITEM,2,-2105
FITEM,2,2118
FITEM,2,-2119
FITEM,2,2128
FITEM,2,-2131
FITEM,2,2168

FITEM,2,2172
FITEM,2,2180
FITEM,2,-2181
FITEM,2,2188
FITEM,2,-2189
FITEM,2,2196
FITEM,2,-2197
FITEM,2,2206
FITEM,2,-2209
FITEM,2,2228
FITEM,2,2232
FITEM,2,2240
FITEM,2,-2241
FITEM,2,2248
FITEM,2,-2249
FITEM,2,2256
FITEM,2,-2257
FITEM,2,2266
FITEM,2,-2269
FITEM,2,2319
FITEM,2,2323
FITEM,2,2327
FITEM,2,-2328
FITEM,2,2335
FITEM,2,-2336
FITEM,2,3158
FITEM,2,-3161

FITEM,2,3178
FITEM,2,-3181
FITEM,2,3198
FITEM,2,-3205
FITEM,2,3302

FITEM,2,-3305
FITEM,2,3318
FITEM,2,4187
FITEM,2,-4202
FITEM,2,4255
FITEM,2,-4270
FITEM,2,4324
FITEM,2,-4355
FITEM,2,4459
FITEM,2,-4474
FITEM,2,4544
FITEM,2,-4559
FITEM,2,4630
FITEM,2,-4661
FITEM,2,5074
FITEM,2,-5089
FITEM,2,5142
FITEM,2,-5157
FITEM,2,5214
FITEM,2,-5245
!*
/GO
D,P51X, , , , ,UY,ROTX,ROTZ, , ,
nummrg,all

```

#### 4. Modelo sólido da junta de topo

```

Fini
/clear
/title, butt joint solida
r1=2.39
f1=2.38
r2=3.155
f2=3.15
!0.001
/prep7
!material
!aluminio 2024-t3
Ex,1,74500.
Nuxy,1,0.33
!titanio
Ex,2,116500.
Nuxy,2,0.31
!cerig
ET,1,mass21
real,1
r,1,le-10
ET,2,solid73
!chapa inferior
rectng,0,6.5,0,7.2
rectng,0,6.5,7.2,12.2
rectng,0,6.5,12.2,17.2
rectng,0,6.5,17.2,24.4
rectng,6.5,11.5,0,7.2
rectng,6.5,11.5,7.2,12.2
rectng,6.5,11.5,17.2,24.4
rectng,11.5,16.5,0,7.2
rectng,11.5,16.5,17.2,24.4
rectng,16.5,23,0,7.2
rectng,16.5,23,7.2,12.2
rectng,16.5,23,12.2,17.2
rectng,16.5,23,17.2,24.4
!coluna 2
rectng,23,24.5,0,7.2
rectng,23,24.5,7.2,12.2
rectng,23,24.5,12.2,17.2
rectng,23,24.5,17.2,24.4
rectng,24.5,29.5,0,7.2
rectng,24.5,29.5,7.2,12.2
rectng,24.5,29.5,17.2,24.4
rectng,29.5,34.5,0,7.2
rectng,29.5,34.5,17.2,24.4
rectng,34.5,41,0,7.2
rectng,34.5,41,7.2,12.2
rectng,34.5,41,12.2,17.2
rectng,34.5,41,17.2,24.4
!coluna 3
rectng,41,44.5,0,7.2
rectng,41,44.5,7.2,12.2
rectng,41,44.5,12.2,17.2
rectng,41,44.5,17.2,24.4
rectng,44.5,49.5,0,7.2
rectng,44.5,49.5,7.2,12.2
rectng,44.5,49.5,17.2,24.4
rectng,49.5,54.5,0,7.2
rectng,49.5,54.5,17.2,24.4
rectng,54.5,67.25,0,7.2
rectng,54.5,67.25,7.2,12.2
rectng,54.5,67.25,12.2,17.2
rectng,54.5,67.25,17.2,24.4
nummrg,all
!furo 1
/pnum,area,1
wpooffs,11.5,12.2
pcirc,f1
wpooffs,18,0
pcirc,f1
wpooffs,20,0
pcirc,f2
asba,6,40
asba,19,41
asba,32,42
nummrg,all
k,156,11.5,12.2
k,157,29.5,12.2
k,158,49.5,12.2
1,3,156
1,55,157
1,107,158
asbl,43,22
asbl,6,23
asbl,19,24
wpooffs,-38,0
csys,4
arsysm,y,32
arsysm,y,40
arsysm,x,32
arsysm,x,40
arsysm,x,19
arsysm,x,44
csys,0
wpooffs,18,0
csys,4
arsysm,y,41
arsysm,y,42
arsysm,x,41
arsysm,x,42
arsysm,x,49
arsysm,x,50
csys,0
wpooffs,20,0
csys,4
arsysm,y,6
arsysm,y,43
arsysm,x,6

```

arsysm,x,43	numcmp,all	LESIZE,311	,,,3	LESIZE,386	,,,3	
arsysm,x,55	nummrg,all	LESIZE,312	,,,3	LESIZE,387	,,,3	
arsysm,x,56	wpoffs,38	LESIZE,313	,,,3	LESIZE,388	,,,3	
csys,0	pcirc,r2	LESIZE,314	,,,3	LESIZE,389	,,,3	
agen,2,1,60,1,0,0,3	K,1010,47.26908,9.969078	LESIZE,315	,,,3	LESIZE,390	,,,3	
wpoffs,17.75,-12.2,3	K,1011,47.26908,14.43092	LESIZE,316	,,,3	LESIZE,391	,,,3	
rectng,0,1.25,0,7.2	K,1012,51.73092,9.969078	LESIZE,317	,,,3	LESIZE,962	,,,3	
rectng,0,1.25,7.2,12.2	K,1013,51.73092,14.43092	LESIZE,318	,,,3	LESIZE,963	,,,3	
rectng,0,1.25,12.2,17.2	K,1014,49.5,12.2	LESIZE,319	,,,3	LESIZE,964	,,,3	
rectng,0,1.25,17.2,24.4	L,389,391	LESIZE,320	,,,3	LESIZE,968	,,,3	
vext,1,60,1,0,0,3	asbl,748,947	LESIZE,321	,,,3	LESIZE,969	,,,3	
vext,61,124,1,0,0,2.5	L,390,1014	LESIZE,322	,,,3	LESIZE,972	,,,3	
vext,393,0,0,0,1.3	ASBL,750,948	LESIZE,323	,,,3	LESIZE,976	,,,3	
vext,425,0,0,0,1.3	l,388,1014	LESIZE,324	,,,3	LESIZE,977	,,,3	
vext,429,0,0,0,1.3	ASBL,749,947	LESIZE,325	,,,3	LESIZE,978	,,,3	
vext,432,438,3,0,0,1.3	l,1011,1014	LESIZE,326	,,,3	LESIZE,982	,,,3	
vext,447,471,4,0,0,1.3	ASBL,748,951	LESIZE,327	,,,3	LESIZE,983	,,,3	
vext,474,478,4,0,0,1.3	l,1013,1014	LESIZE,328	,,,3	LESIZE,988	,,,3	
vext,480,486,3,0,0,1.3	ASBL,750,944	LESIZE,329	,,,3	LESIZE,993	,,,3	
vext,494,518,4,0,0,1.3	l,1012,1014	LESIZE,330	,,,3	LESIZE,994	,,,3	
vext,524,528,4,0,0,1.3	ASBL,752,943	LESIZE,331	,,,3	LESIZE,997	,,,3	
vext,531,0,0,0,1.3	l,1010,1014	LESIZE,332	,,,3	LESIZE,1001	,,,3	
vext,559,634,5,0,0,1.3	ASBL,751,946	LESIZE,333	,,,3	LESIZE,1002	,,,3	
vext,639,0,0,0,1.2	nummrg,all	LESIZE,334	,,,3	LESIZE,1007	,,,3	
vext,697,0,0,0,1.2	numcmp,all	LESIZE,335	,,,3	LESIZE,1012	,,,3	
vext,702,0,0,0,1.2	VEXT,732,755,1,0,0,3	LESIZE,336	,,,3	LESIZE,1013	,,,3	
vext,706,0,0,0,1.2	VEXT,756,0,0,0,2.5	LESIZE,337	,,,3	LESIZE,1014	,,,3	
vext,711,0,0,0,1.2	VEXT,760,0,0,0,2.5	LESIZE,338	,,,3	LESIZE,1018	,,,3	
vext,715,0,0,0,1.2	VEXT,764,0,0,0,2.5	LESIZE,339	,,,3	LESIZE,1019	,,,3	
vext,720,0,0,0,1.2	VEXT,767,0,0,0,2.5	LESIZE,340	,,,3	LESIZE,1022	,,,3	
vext,725,0,0,0,1.2	VEXT,771,0,0,0,2.5	LESIZE,341	,,,3	LESIZE,1025	,,,3	
vext,730,0,0,0,1.2	VEXT,775,0,0,0,2.5	LESIZE,342	,,,3	LESIZE,1028	,,,3	
vext,734,0,0,0,1.2	VEXT,777,0,0,0,2.5	LESIZE,343	,,,3	LESIZE,1032	,,,3	
vext,738,0,0,0,1.2	VEXT,779,0,0,0,2.5	LESIZE,344	,,,3	LESIZE,396	,,,2	
vext,742,0,0,0,1.2	VEXT,782,0,0,0,2.5	LESIZE,345	,,,3	LESIZE,397	,,,2	
vext,746,0,0,0,1.2	VEXT,784,0,0,0,2.5	LESIZE,346	,,,3	LESIZE,398	,,,2	
vext,758,0,0,0,1.2	VEXT,788,0,0,0,2.5	LESIZE,347	,,,3	LESIZE,399	,,,2	
vext,793,0,0,0,1.2	VEXT,791,0,0,0,2.5	LESIZE,348	,,,3	LESIZE,403	,,,2	
vext,798,0,0,0,1.2	VEXT,795,0,0,0,2.5	LESIZE,349	,,,3	LESIZE,404	,,,2	
vext,803,0,0,0,1.2	VEXT,797,0,0,0,2.5	LESIZE,350	,,,3	LESIZE,408	,,,2	
vext,808,0,0,0,1.2	VEXT,799,0,0,0,2.5	LESIZE,351	,,,3	LESIZE,409	,,,2	
vext,813,0,0,0,1.2	VEXT,802,0,0,0,2.5	LESIZE,352	,,,3	LESIZE,413	,,,2	
vext,818,0,0,0,1.2	VEXT,804,0,0,0,2.5	LESIZE,353	,,,3	LESIZE,414	,,,2	
vext,823,0,0,0,1.2	VEXT,808,0,0,0,2.5	LESIZE,354	,,,3	LESIZE,418	,,,2	
vext,828,0,0,0,1.2	VEXT,812,0,0,0,2.5	LESIZE,355	,,,3	LESIZE,419	,,,2	
vext,833,0,0,0,1.2	VEXT,815,0,0,0,2.5	LESIZE,356	,,,3	LESIZE,424	,,,2	
vext,838,0,0,0,1.2	VEXT,818,0,0,0,2.5	LESIZE,357	,,,3	LESIZE,425	,,,2	
nummrg,all	VEXT,821,0,0,0,2.5	LESIZE,358	,,,3	LESIZE,426	,,,2	
numcmp,all	VEXT,823,0,0,0,2.5	LESIZE,359	,,,3	LESIZE,427	,,,2	
!rebites	VEXT,826,0,0,0,2.5	LESIZE,360	,,,3	LESIZE,431	,,,2	
wpoffs,-55.75,12.2,-3	NUMMRG,ALL	LESIZE,361	,,,3	LESIZE,432	,,,2	
pcirc,r1	VEXT,840,0,0,0,1.3	LESIZE,362	,,,3	LESIZE,436	,,,2	
k,1000,9.810015,	VEXT,864,920,4,0,0,1.3	LESIZE,363	,,,3	LESIZE,437	,,,2	
10.51001	NUMMRG,ALL	LESIZE,364	,,,3	LESIZE,441	,,,2	
k,1001,9.810015,	VEXT,926,934,4,0,0,1.2	LESIZE,365	,,,3	LESIZE,442	,,,2	
13.88999	VEXT,937,943,3,0,0,1.2	LESIZE,366	,,,3	LESIZE,446	,,,2	
k,1002,13.18999,	VEXT6,945,948,3,0,0,1.2	LESIZE,367	,,,3	LESIZE,447	,,,2	
10.51001	NUMMRG,ALL	LESIZE,368	,,,3	LESIZE,451	,,,2	
k,1003,13.18999,	numcmp,all	LESIZE,369	,,,3	LESIZE,452	,,,2	
13.88999	wpoffs,-49.5,-12.2	LESIZE,370	,,,3	LESIZE,456	,,,2	
l,371,373	rectng,0,-181.55,0,7.2	LESIZE,371	,,,3	LESIZE,459	,,,2	
asbl,732,915	rectng,0,-181.55,7.2,12.2	LESIZE,372	,,,3	LESIZE,463	,,,2	
l,372,370	rectng,0,-	LESIZE,373	,,,3	LESIZE,464	,,,2	
asbl,734,916	181.55,12.2,17.2	LESIZE,374	,,,3	LESIZE,467	,,,2	
l,372,370	rectng,0,-	LESIZE,375	,,,3	LESIZE,470	,,,2	
asbl,733,915	181.55,17.2,24.4	LESIZE,376	,,,3	LESIZE,473	,,,2	
l,1001,374	numcmp,all	LESIZE,377	,,,3	LESIZE,477	,,,2	
asbl,732,915	nummrg,all	LESIZE,378	,,,3	LESIZE,478	,,,2	
l,1003,374	vext,972,975,1,0,0,3	LESIZE,379	,,,3	LESIZE,482	,,,2	
asbl,734,912	nummrg,all	LESIZE,380	,,,3	LESIZE,483	,,,2	
l,1002,374	LESIZE,306	,,,3	LESIZE,381	,,,3	LESIZE,487	,,,2
asbl,736,911	LESIZE,307	,,,3	LESIZE,382	,,,3	LESIZE,488	,,,2
l,1000,374	LESIZE,308	,,,3	LESIZE,383	,,,3	LESIZE,492	,,,2
asbl,735,914	LESIZE,309	,,,3	LESIZE,384	,,,3	LESIZE,493	,,,2
agen,2,732,740,1,18	LESIZE,310	,,,3	LESIZE,385	,,,3	LESIZE,497	,,,2



lesize, 1181	, , ,	2	vmesh, 1, 192, 1	FITEM, 2, 141	FITEM, 2, 689
lesize, 1183	, , ,	2	eshape, 1	FITEM, 2, -144	FITEM, 2, -690
vglue, 74	, 12		esize, 3	FITEM, 2, 157	FITEM, 2, 697
vglue, 75	, 127		mat, 2	FITEM, 2, -158	FITEM, 2, -698
vglue, 76	, 128		vmesh, 193, 264, 1	FITEM, 2, 167	FITEM, 2, 705
vglue, 77	, 129		eshape, 2	FITEM, 2, -168	FITEM, 2, -707
vglue, 78	, 130		mat, 1	FITEM, 2, 177	FITEM, 2, 719
vglue, 80	, 131		esize, 8	FITEM, 2, -180	FITEM, 2, -721
vglue, 81	, 132		vmesh, 265, 268, 1	FITEM, 2, 235	FITEM, 2, 733
vglue, 82	, 133		nummrg, all	FITEM, 2, 239	FITEM, 2, -738
vglue, 83	, 134		nummrg, node, 0.05	FITEM, 2, 245	FITEM, 2, 813
vglue, 84	, 135		numcmp, all	FITEM, 2, 249	FITEM, 2, 817
vglue, 85	, 136		!condicoes contorno	FITEM, 2, 257	FITEM, 2, -818
vglue, 86	, 137		n, 5100, -193.75, 12.2	FITEM, 2, -258	FITEM, 2, 825
vglue, 87,	170, 138		cerig, 5100, 0 4071, all	FITEM, 2, 265	FITEM, 2, 829
vglue, 88	, 171, 139		cerig, 5100, 0 4094, all	FITEM, 2, -266	FITEM, 2, -830
vglue, 89	, 172, 140		cerig, 5100, 0 4117, all	FITEM, 2, 273	FITEM, 2, 837
vglue, 90	, 173, 141		cerig, 5100, 0 4118, all	FITEM, 2, -274	FITEM, 2, -838
vglue, 91	, 174, 142		cerig, 5100, 0 4163, all	FITEM, 2, 283	FITEM, 2, 845
vglue, 93	, 175, 143		cerig, 5100, 0 4186, all	FITEM, 2, -284	FITEM, 2, -848
vglue, 94	, 176, 144		cerig, 5100, 0 4209, all	FITEM, 2, 293	FITEM, 2, 861
vglue, 95	, 177, 145		cerig, 5100, 0 4210, all	FITEM, 2, -296	FITEM, 2, -862
vglue, 96	, 178, 146		cerig, 5100, 0 4255, all	FITEM, 2, 315	FITEM, 2, 871
vglue, 97	, 179, 147		cerig, 5100, 0 4256, all	FITEM, 2, 319	FITEM, 2, -872
vglue, 98	, 180, 148		cerig, 5100, 0 4301, all	FITEM, 2, 325	FITEM, 2, 881
vglue, 99	, 181, 149		cerig, 5100, 0 4302, all	FITEM, 2, 329	FITEM, 2, -884
vglue, 121	, 189, 165		cerig, 5100, 0 4347, all	FITEM, 2, 337	FITEM, 2, 927
vglue, 122	, 190, 166		cerig, 5100, 0 4348, all	FITEM, 2, -338	FITEM, 2, 931
vglue, 123	, 191, 167		cerig, 5100, 0 4349, all	FITEM, 2, 345	FITEM, 2, 937
vglue, 124	, 192, 168		cerig, 5100, 0 4350, all	FITEM, 2, -346	FITEM, 2, 941
vglue, 101	, 150		cerig, 5100, 0 4439, all	FITEM, 2, 353	FITEM, 2, 949
vglue, 102	, 151		cerig, 5100, 0 4462, all	FITEM, 2, -355	FITEM, 2, -950
vglue, 109	, 153		cerig, 5100, 0 4485, all	FITEM, 2, 368	FITEM, 2, 957
vglue, 110	, 154		cerig, 5100, 0 4508, all	FITEM, 2, -370	FITEM, 2, -958
vglue, 111	, 155		cerig, 5100, 0 4531, all	FITEM, 2, 383	FITEM, 2, 965
vglue, 112	, 156		cerig, 5100, 0 4532, all	FITEM, 2, -388	FITEM, 2, -966
vglue, 113	, 157		cerig, 5100, 0 4577, all	FITEM, 2, 473	FITEM, 2, 975
vglue, 114	, 158		cerig, 5100, 0 4578, all	FITEM, 2, 477	FITEM, 2, -976
vglue, 66	, 169, 125		cerig, 5100, 0 4623, all	FITEM, 2, -478	FITEM, 2, 985
vglue, 103	, 182, 152		cerig, 5100, 0 4646, all	FITEM, 2, 485	FITEM, 2, -988
vglue, 115	, 183, 159		cerig, 5100, 0 4669, all	FITEM, 2, 489	FITEM, 2, 1007
vglue, 116	, 184, 160		cerig, 5100, 0 4692, all	FITEM, 2, -490	FITEM, 2, 1011
vglue, 117	, 185, 161		cerig, 5100, 0 4715, all	FITEM, 2, 497	FITEM, 2, 1017
vglue, 118	, 186, 162		cerig, 5100, 0 4716, all	FITEM, 2, -498	FITEM, 2, 1021
vglue, 119	, 187, 163		cerig, 5100, 0 4761, all	FITEM, 2, 505	FITEM, 2, 1029
vglue, 120	, 188, 164		cerig, 5100, 0 4762, all	FITEM, 2, -508	FITEM, 2, -1030
!rebites			cerig, 5100, 0 4807, all	FITEM, 2, 521	FITEM, 2, 1037
vglue, 234, 258, 250, 210			cerig, 5100, 0 4830, all	FITEM, 2, -522	FITEM, 2, -1038
vglue, 237, 261, 253, 213			cerig, 5100, 0 4831, all	FITEM, 2, 531	FITEM, 2, 1045
vglue, 238, 262, 254, 214			cerig, 5100, 0 4876, all	FITEM, 2, -532	FITEM, 2, -1046
vglue, 233, 257, 249, 209			cerig, 5100, 0 4899, all	FITEM, 2, 541	FITEM, 2, 1055
vglue, 235, 259, 25, 211			cerig, 5100, 0 4900, all	FITEM, 2, -544	FITEM, 2, -1056
vglue, 239, 263, 255, 215			cerig, 5100, 0 4945, all	FITEM, 2, 587	FITEM, 2, 1065
vglue, 240, 264, 256, 216			cerig, 5100, 0 4946, all	FITEM, 2, 591	FITEM, 2, -1068
vglue, 236, 260, 252, 212			cerig, 5100, 0 4991, all	FITEM, 2, 597	FITEM, 2, 1129
vglue, 229, 245, 205			cerig, 5100, 0 4992, all	FITEM, 2, 601	FITEM, 2, 1133
vglue, 226,	242, 202		cerig, 5100, 0 4993, all	FITEM, 2, 609	FITEM, 2, 1137
vglue, 230,	246, 206		cerig, 5100, 0 4994, all	FITEM, 2, -610	FITEM, 2, 1141
vglue, 220,	241, 196		!borda uy, rotx, rotz	FITEM, 2, 617	FITEM, 2, 1145
vglue, 227,	243, 203		FLST, 2, 642, 1, ORDE, 301	FITEM, 2, -618	FITEM, 2, -1146
vglue, 231,	247, 207		FITEM, 2, 1	FITEM, 2, 625	FITEM, 2, 1153
vglue, 232	, 248, 208		FITEM, 2, -3	FITEM, 2, -626	FITEM, 2, -1154
vglue, 228	, 244, 204		FITEM, 2, 16	FITEM, 2, 635	FITEM, 2, 1473
vglue, 222	, 198		FITEM, 2, -18	FITEM, 2, -636	FITEM, 2, -1475
vglue, 218	, 194		FITEM, 2, 31	FITEM, 2, 645	FITEM, 2, 1488
vglue, 223	, 199		FITEM, 2, -36	FITEM, 2, -648	FITEM, 2, -1493
vglue, 217	, 193		FITEM, 2, 109	FITEM, 2, 667	FITEM, 2, 1554
vglue, 219	, 195		FITEM, 2, 113	FITEM, 2, 671	FITEM, 2, 1558
vglue, 224	, 200		FITEM, 2, -114	FITEM, 2, 677	FITEM, 2, -1559
vglue, 225	, 201		FITEM, 2, 121	FITEM, 2, 681	FITEM, 2, 1566
vglue, 221	, 197		FITEM, 2, 125		
type, 2			FITEM, 2, -126		
mat, 1			FITEM, 2, 133		
eshape, 2			FITEM, 2, -134		
esize, 3					

FITEM,2,-1567	FITEM,2,2172	FITEM,2,-4661	FITEM,2,319
FITEM,2,1574	FITEM,2,2180	FITEM,2,5074	FITEM,2,322
FITEM,2,-1577	FITEM,2,-2181	FITEM,2,-5089	FITEM,2,329
FITEM,2,1590	FITEM,2,2188	FITEM,2,5142	FITEM,2,-330
FITEM,2,-1591	FITEM,2,-2189	FITEM,2,-5157	FITEM,2,335
FITEM,2,1600	FITEM,2,2196	FITEM,2,5214	FITEM,2,-336
FITEM,2,-1603	FITEM,2,-2197	FITEM,2,-5245	FITEM,2,341
FITEM,2,1649	FITEM,2,2206	!* /GO	FITEM,2,-343
FITEM,2,1653	FITEM,2,-2209	D,P51X, , , , ,UY,ROTX,ROTZ, , ,	FITEM,2,353
FITEM,2,1661	FITEM,2,2228	FINISH	FITEM,2,-355
FITEM,2,-1662	FITEM,2,2232	/CLEAR,START	FITEM,2,365
FITEM,2,1669	FITEM,2,2240	/GRA,POWER	FITEM,2,-370
FITEM,2,-1670	FITEM,2,-2241	/COM,ANSYS RELEASE 5.5	FITEM,2,449
FITEM,2,1677	FITEM,2,2248	UP19981001 .1 14:42:59	FITEM,2,452
FITEM,2,-1678	FITEM,2,-2249	02/04/2004	FITEM,2,-453
FITEM,2,1687	FITEM,2,2256	/input,start55,ans	FITEM,2,458
FITEM,2,-1690	FITEM,2,-2257	,C:\ANSYS55\docu\,,,,,,,,,,,,,1	FITEM,2,461
FITEM,2,1709	FITEM,2,2266	!* RESUME,buttLcontato.inter_0005,db,d\B	FITEM,2,-462
FITEM,2,1713	FITEM,2,-2269	UTT_JOINT\buttLsolido\interferencia\0	FITEM,2,467
FITEM,2,1721	FITEM,2,2319	/COM,ANSYS RELEASE 5.5	FITEM,2,-468
FITEM,2,-1722	FITEM,2,2323	UP19981001 .1 14:43:38	FITEM,2,473
FITEM,2,1729	FITEM,2,2327	02/04/2004	FITEM,2,-476
FITEM,2,-1730	FITEM,2,-2328	ERASE	FITEM,2,485
FITEM,2,1737	FITEM,2,2335	eplot	FITEM,2,489
FITEM,2,-1739	FITEM,2,-2336	/AUTO, 1	FITEM,2,493
FITEM,2,1752	FITEM,2,3158	/REP	FITEM,2,-494
FITEM,2,-1757	FITEM,2,-3161	/SOLU	FITEM,2,517
FITEM,2,1827	FITEM,2,3178	/FOC, 1 ,0.300000,,1	FITEM,2,520
FITEM,2,1831	FITEM,2,-3181	/REP,FAST	FITEM,2,523
FITEM,2,-1832	FITEM,2,3198	FLST,2,654,1,ORDE,400	FITEM,2,-524
FITEM,2,1839	FITEM,2,-3205	FITEM,2,1	FITEM,2,529
FITEM,2,-1840	FITEM,2,3302	FITEM,2,-4	FITEM,2,-530
FITEM,2,1847	FITEM,2,-3305	FITEM,2,17	FITEM,2,537
FITEM,2,-1850	FITEM,2,3318	FITEM,2,-20	FITEM,2,-538
FITEM,2,1863	FITEM,2,-3321	FITEM,2,33	FITEM,2,545
FITEM,2,-1864	FITEM,2,3334	FITEM,2,-40	FITEM,2,-548
FITEM,2,1873	FITEM,2,-3341	FITEM,2,129	FITEM,2,587
FITEM,2,-1876	FITEM,2,3366	FITEM,2,132	FITEM,2,590
FITEM,2,1913	FITEM,2,-3369	FITEM,2,-134	FITEM,2,595
FITEM,2,1917	FITEM,2,3386	FITEM,2,141	FITEM,2,598
FITEM,2,1925	FITEM,2,-3389	FITEM,2,144	FITEM,2,605
FITEM,2,-1926	FITEM,2,3406	FITEM,2,-146	FITEM,2,-606
FITEM,2,1933	FITEM,2,-3413	FITEM,2,153	FITEM,2,611
FITEM,2,-1934	FITEM,2,3510	FITEM,2,-154	FITEM,2,-612
FITEM,2,1941	FITEM,2,3514	FITEM,2,159	FITEM,2,617
FITEM,2,-1942	FITEM,2,-3516	FITEM,2,-164	FITEM,2,-618
FITEM,2,1951	FITEM,2,3526	FITEM,2,177	FITEM,2,625
FITEM,2,-1954	FITEM,2,3530	FITEM,2,-178	FITEM,2,-626
FITEM,2,1973	FITEM,2,-3532	FITEM,2,185	FITEM,2,633
FITEM,2,1977	FITEM,2,3542	FITEM,2,-186	FITEM,2,-636
FITEM,2,1985	FITEM,2,-3543	FITEM,2,193	FITEM,2,651
FITEM,2,-1986	FITEM,2,3550	FITEM,2,-196	FITEM,2,654
FITEM,2,1993	FITEM,2,-3555	FITEM,2,247	FITEM,2,659
FITEM,2,-1994	FITEM,2,3575	FITEM,2,250	FITEM,2,662
FITEM,2,2001	FITEM,2,-3590	FITEM,2,255	FITEM,2,669
FITEM,2,-2003	FITEM,2,3660	FITEM,2,258	FITEM,2,-670
FITEM,2,2015	FITEM,2,-3675	FITEM,2,265	FITEM,2,675
FITEM,2,-2020	FITEM,2,3746	FITEM,2,-266	FITEM,2,-676
FITEM,2,2082	FITEM,2,-3777	FITEM,2,271	FITEM,2,681
FITEM,2,2086	FITEM,2,4187	FITEM,2,-272	FITEM,2,-683
FITEM,2,-2087	FITEM,2,-4202	FITEM,2,277	FITEM,2,693
FITEM,2,2094	FITEM,2,4255	FITEM,2,-278	FITEM,2,-695
FITEM,2,-2095	FITEM,2,4324	FITEM,2,285	FITEM,2,705
FITEM,2,2102	FITEM,2,-4355	FITEM,2,-286	FITEM,2,-710
FITEM,2,-2105	FITEM,2,4459	FITEM,2,293	FITEM,2,789
FITEM,2,2118	FITEM,2,-4474	FITEM,2,-296	FITEM,2,792
FITEM,2,-2119	FITEM,2,4544	FITEM,2,311	FITEM,2,-793
FITEM,2,2128	FITEM,2,-4559	FITEM,2,314	FITEM,2,798
FITEM,2,-2131	FITEM,2,4630		FITEM,2,801
FITEM,2,2168			FITEM,2,-802

FITEM,2,807	FITEM,2,1676	FITEM,2,2073	FITEM,2,2664
FITEM,2,-808	FITEM,2,-1678	FITEM,2,2076	FITEM,2,-2665
FITEM,2,813	FITEM,2,1685	FITEM,2,2081	FITEM,2,2672
FITEM,2,-816	FITEM,2,-1686	FITEM,2,2084	FITEM,2,-2673
FITEM,2,825	FITEM,2,1693	FITEM,2,2087	FITEM,2,2682
FITEM,2,-826	FITEM,2,-1694	FITEM,2,-2088	FITEM,2,2685
FITEM,2,832	FITEM,2,1721	FITEM,2,2095	FITEM,2,2690
FITEM,2,-833	FITEM,2,1724	FITEM,2,-2096	FITEM,2,2693
FITEM,2,839	FITEM,2,1729	FITEM,2,2105	FITEM,2,2696
FITEM,2,-842	FITEM,2,1732	FITEM,2,2108	FITEM,2,-2697
FITEM,2,877	FITEM,2,1735	FITEM,2,2113	FITEM,2,2704
FITEM,2,880	FITEM,2,-1736	FITEM,2,2116	FITEM,2,-2705
FITEM,2,883	FITEM,2,1743	FITEM,2,2119	FITEM,2,2714
FITEM,2,886	FITEM,2,-1744	FITEM,2,-2123	FITEM,2,2717
FITEM,2,889	FITEM,2,1753	FITEM,2,2139	FITEM,2,2722
FITEM,2,-890	FITEM,2,1756	FITEM,2,-2143	FITEM,2,2725
FITEM,2,895	FITEM,2,1761	FITEM,2,2205	FITEM,2,2728
FITEM,2,-896	FITEM,2,1764	FITEM,2,2208	FITEM,2,-2732
FITEM,2,901	FITEM,2,1767	FITEM,2,-2211	FITEM,2,2748
FITEM,2,-902	FITEM,2,-1769	FITEM,2,2220	FITEM,2,-2752
FITEM,2,909	FITEM,2,1779	FITEM,2,2223	FITEM,2,2814
FITEM,2,-910	FITEM,2,-1781	FITEM,2,-2226	FITEM,2,2817
FITEM,2,917	FITEM,2,1821	FITEM,2,2395	FITEM,2,-2820
FITEM,2,-920	FITEM,2,1824	FITEM,2,2399	FITEM,2,2829
FITEM,2,951	FITEM,2,-1825	FITEM,2,2403	FITEM,2,2832
FITEM,2,954	FITEM,2,1830	FITEM,2,2419	FITEM,2,-2835
FITEM,2,959	FITEM,2,1833	FITEM,2,2422	FITEM,2,2960
FITEM,2,962	FITEM,2,-1834	FITEM,2,2425	FITEM,2,2964
FITEM,2,969	FITEM,2,1839	FITEM,2,2446	FITEM,2,2976
FITEM,2,-970	FITEM,2,1843	FITEM,2,-2447	FITEM,2,2979
FITEM,2,975	FITEM,2,1855	FITEM,2,2454	FITEM,2,3000
FITEM,2,-976	FITEM,2,1858	FITEM,2,-2455	FITEM,2,-3002
FITEM,2,981	FITEM,2,1861	FITEM,2,2478	FITEM,2,3011
FITEM,2,-982	FITEM,2,-1862	FITEM,2,2478	FITEM,2,-3013
FITEM,2,989	FITEM,2,1869	FITEM,2,2481	FITEM,2,3042
FITEM,2,-990	FITEM,2,-1870	FITEM,2,2484	FITEM,2,3045
FITEM,2,997	FITEM,2,1891	FITEM,2,2487	FITEM,2,-3046
FITEM,2,-1000	FITEM,2,1894	FITEM,2,2490	FITEM,2,3051
FITEM,2,1015	FITEM,2,1899	FITEM,2,-2491	FITEM,2,3054
FITEM,2,1018	FITEM,2,1902	FITEM,2,2491	FITEM,2,-3055
FITEM,2,1023	FITEM,2,1905	FITEM,2,2498	FITEM,2,3060
FITEM,2,1026	FITEM,2,-1906	FITEM,2,-2499	FITEM,2,-3061
FITEM,2,1033	FITEM,2,1913	FITEM,2,2508	FITEM,2,3068
FITEM,2,-1034	FITEM,2,-1914	FITEM,2,2511	FITEM,2,-3069
FITEM,2,1039	FITEM,2,1923	FITEM,2,2516	FITEM,2,3078
FITEM,2,-1040	FITEM,2,1926	FITEM,2,2519	FITEM,2,3081
FITEM,2,1045	FITEM,2,1931	FITEM,2,2522	FITEM,2,3086
FITEM,2,-1049	FITEM,2,1934	FITEM,2,-2523	FITEM,2,3089
FITEM,2,1065	FITEM,2,1937	FITEM,2,2530	FITEM,2,3092
FITEM,2,-1069	FITEM,2,-1939	FITEM,2,-2531	FITEM,2,-3093
FITEM,2,1085	FITEM,2,1949	FITEM,2,2540	FITEM,2,3100
FITEM,2,-1094	FITEM,2,-1951	FITEM,2,2543	FITEM,2,-3101
FITEM,2,1217	FITEM,2,1991	FITEM,2,2548	FITEM,2,3110
FITEM,2,1220	FITEM,2,1994	FITEM,2,2551	FITEM,2,3113
FITEM,2,-1223	FITEM,2,-1995	FITEM,2,2554	FITEM,2,3118
FITEM,2,1232	FITEM,2,2000	FITEM,2,-2556	FITEM,2,3121
FITEM,2,1235	FITEM,2,2003	FITEM,2,2566	FITEM,2,3124
FITEM,2,-1238	FITEM,2,-2004	FITEM,2,-2568	FITEM,2,-3128
FITEM,2,1247	FITEM,2,2009	FITEM,2,2608	FITEM,2,3144
FITEM,2,-1248	FITEM,2,-2010	FITEM,2,2611	FITEM,2,-3148
FITEM,2,1253	FITEM,2,2016	FITEM,2,-2612	FITEM,2,3210
FITEM,2,-1260	FITEM,2,-2017	FITEM,2,2617	FITEM,2,3213
FITEM,2,1597	FITEM,2,2035	FITEM,2,2620	FITEM,2,-3216
FITEM,2,-1600	FITEM,2,2038	FITEM,2,-2621	FITEM,2,3225
FITEM,2,1613	FITEM,2,2041	FITEM,2,2626	FITEM,2,3228
FITEM,2,-1616	FITEM,2,2044	FITEM,2,-2627	FITEM,2,-3231
FITEM,2,1661	FITEM,2,2047	FITEM,2,2633	FITEM,2,3292
FITEM,2,1664	FITEM,2,-2048	FITEM,2,-2634	FITEM,2,3296
FITEM,2,-1666	FITEM,2,2055	FITEM,2,2652	FITEM,2,3308
FITEM,2,1673	FITEM,2,-2056	FITEM,2,2655	FITEM,2,3311
		FITEM,2,2658	FITEM,2,4075
		FITEM,2,2661	FITEM,2,-4093
			FITEM,2,4167
			FITEM,2,-4185



```
FITEM,2,4263
FITEM,2,-4300
FITEM,2,4808
FITEM,2,-4826
FITEM,2,4877
FITEM,2,-4895
FITEM,2,4947
FITEM,2,-4984
!*
/GO
D,P51X, , , , ,
,UY,ROTX,ROTZ, , ,
d,5100,uy
d,5100,uz
d,5100,rotx
d,5100,roty
d,5100,rotz
type,1
real,1
e,5100
E,5100,FX,-7200
```