



## **ANÁLISE TRIDIMENSIONAL DE BASTIDORES DE TELECOMUNICAÇÕES: SIMULAÇÃO TÉRMICA**

**Admilson Teixeira Franco**

**Marco Antônio Luersen**

**Christian Naaktgeboren**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET – PR

Departamento Acadêmico de Mecânica – DAMEC

Núcleo de Pesquisa em Engenharia Simultânea – NuPES

Av. Sete de Setembro, 3165

80230-901 – Curitiba, PR, Brasil

***Resumo.** Neste trabalho é apresentada a simulação térmica tridimensional de um bastidor de telecomunicações de grande porte. A simulação numérica tem como objetivo prever futuras falhas do equipamento quando em operação, devido à altas temperaturas que podem ocorrer nos módulos dissipando potência no seu interior. Para a solução do escoamento no interior do bastidor foi utilizado o programa comercial FloTherm<sup>®</sup> e uma malha com mais de 1.000.000 de volumes de controle. É feita uma comparação entre os resultados numéricos e experimentais encontrando-se ótima concordância.*

***Palavras-chave:** Empacotamento eletrônico, Simulação térmica, Bastidor de telecomunicação, Volumes finitos.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Com a necessidade de expansão das redes de telecomunicações para atender a demanda e exigências do mercado como linhas dedicadas de transmissão de dados e voz, a indústria desenvolve hoje bastidores de telecomunicações, os quais são grandes gabinetes metálicos que abrigam componentes eletro-eletrônicos. Tais bastidores são instalados em local remoto, próximo aos assinantes, e são capazes de oferecer uma quantidade significativa de serviços. Atualmente, esses bastidores crescem na sua capacidade de atender um número cada vez maior de assinantes e, por limitações técnicas, suas dimensões não podem crescer proporcionalmente. Como os componentes eletrônicos no interior do equipamento dissipam potência da ordem de 500 W e já estão em projeto outros que chegam a 1000 W, a determinação prévia do escoamento de ar no interior do bastidor e das regiões de altas temperaturas são fundamentais, de modo a evitar falhas de componentes ou de módulos do equipamento quando em operação.

A preocupação com a limitação dos níveis de temperatura no interior de equipamentos eletrônicos pode ser vista pelas publicações técnicas na área, como: Azar (1997), Dally (1990) e Seraphim *et al.* (1989).

Tecnicamente, os bastidores de telecomunicações são uma solução para as redes de acesso. Eles são equipamentos digitais cuja função é a de fornecer um estágio final de assinantes próximo aos mesmos e ser meio de linha de transmissão de grande capacidade, de forma a economizar na rede de cobre e possibilitar a conexão em anel ou barramento PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) e/ou SDH (Synchronous Digital Hierarchy) de um grande número de bastidores. Pode ser usado em ambientes desprotegidos, inclusive ao ar livre e sem climatização. A restrição de operação é de temperatura ambiente entre  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $40^{\circ}\text{C}$ .

Dentre as inovações tecnológicas em relação aos outros bastidores deste porte, estão os equipamentos de transmissão SDH e principalmente a utilização de equipamentos que irão disponibilizar a transmissão de dados em altas taxas, bem como, a possibilidade de interligar linhas dedicadas para a transmissão de dados.

No equipamento estudado, a capacidade máxima de assinantes analógicos é de 592 terminais, sendo também possível a alocação de assinantes digitais. Além de linhas de assinantes, os bastidores podem terminar até 120 acessos para a transmissão de dados. Os bastidores têm integrado, além dos equipamentos de comutação e transmissão, sistema de energia, elementos de rede e climatização passiva através de ventiladores.

O bastidor em análise é o DLU-Shelter700 fabricado pela SIEMENS Tel Brasil, com sede em Curitiba-PR, cujas dimensões externas são:  $1600 \times 1800 \times 500\text{mm}$ , representado a altura, largura e profundidade, respectivamente.

A realização da simulação térmica na fase inicial de um projeto, permite prever problemas e realizar as correções antes do primeiro protótipo, evitando futuras despesas com retrabalho ou correções em campo no equipamento. Utilizando-se a metodologia de Engenharia Simultânea, as simulações necessárias a solução do problema, como: estrutural dinâmica e térmica, são realizadas simultaneamente. Qualquer problema detectado implica em modificações no projeto, as quais são imediatamente assimiladas pelas áreas envolvidas.

O modelo matemático tridimensional de um bastidor foi feito em um programa comercial chamado Flotherm<sup>®</sup>. O número de volumes de controle supera 1.000.000. Foram modelados todos os módulos internos, ventiladores e placas de circuito impresso. As potências dissipadas por cada componente foram determinadas experimentalmente. Foi solucionada a situação de temperatura ambiente externa ao bastidor igual a  $45^{\circ}\text{C}$ . Através das simulações são determinados os campos de velocidade, pressão e temperatura, permitindo localizar as regiões com superaquecimento de componentes ou módulos e com baixa quantidade de movimento.

## 2. METODOLOGIA ADOTADA

O modelo térmico é feito no programa FloTherm<sup>®</sup>, com base na geometria obtida do modelo geométrico tridimensional, Figura 1, bem como das propriedades dos materiais construtivos, valores de potências dissipadas e características dos ventiladores.

A solução do problema com o programa FloTherm<sup>®</sup> (1998) é feita resolvendo-se as equações de Navier-Stokes e energia em regime permanente. O escoamento turbulento é resolvido utilizando-se o Modelo Turbulento Revisado do FloTherm<sup>®</sup>, o qual propicia uma melhor estimativa dos gradientes próximos às paredes sólidas. O Modelo Revisado apresenta um desempenho superior ao Modelo Standard de Launder e Spalding (1974).

O método de discretização das equações é baseado na família SIMPLE, desenvolvido por Patankar (1980).

São utilizados elementos geométricos do FloTherm<sup>®</sup> para a construção do modelo térmico como: blocos sólidos, paredes, resistências à passagem de fluxo, placas de circuito impresso (PCB), ventiladores, fontes de calor, etc... São realizadas pequenas simplificações na geometria do equipamento para assegurar razões de aspecto na malha inferiores a 15 e adaptar a complexa configuração do bastidor à geometria cartesiana do programa FloTherm<sup>®</sup>. A razão de aspecto é uma relação entre as dimensões de um volume finito e definida em cada plano. É importante lembrar que estas simplificações são feitas de modo a não criar distorções entre o problema físico real e o problema representado pelo modelo matemático. Após a modelagem geométrica no FloTherm<sup>®</sup>, é feito um estudo de alinhamento de objetos; neste estudo são observados os pequenos desalinhamentos que há entre módulos e partes de módulos diferentes. O estudo de alinhamentos visa arredondar o número máximo possível de medidas, bem como reposicionar e/ou redimensionar alguns módulos e partes de módulos, com o objetivo de promover um alinhamento recíproco entre módulos e parte de módulos. Esta prática reduz drasticamente as razões de aspecto bem como o número de volumes finitos gerados na malha. Conseqüentemente o número de equações a serem resolvidas e o esforço computacional empreendido são menores para obtenção dos resultados. A ocorrência de razões de aspecto pequenas, em detrimento desta prática, aumenta muito a probabilidade de haver sucesso na convergência da simulação. Após ser efetuado a modelagem geométrica e o estudo de alinhamentos, são acrescentados pontos na malha, visando refiná-la nas regiões de interesse e onde se esperam os maiores gradientes.

As características da malha obtida são: número de volumes finitos nas direções X, Y e Z respectivamente: 59×214×91. Número total de volumes finitos dentro do domínio: 1.148.966. Máxima razão de aspecto: 14,25.

A Figura 2 ilustra o modelo térmico gerado e a Figura 3 mostra a malha cartesiana gerada.

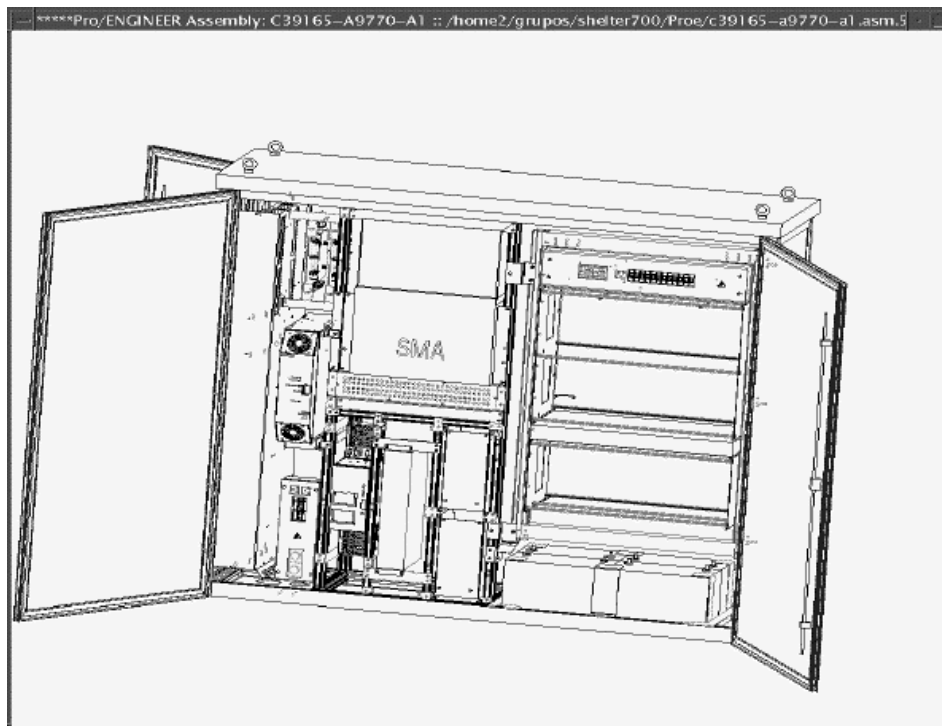


Figura 1 – Modelo geométrico tridimensional do bastidor em Pro/ENGINEER<sup>®</sup>.

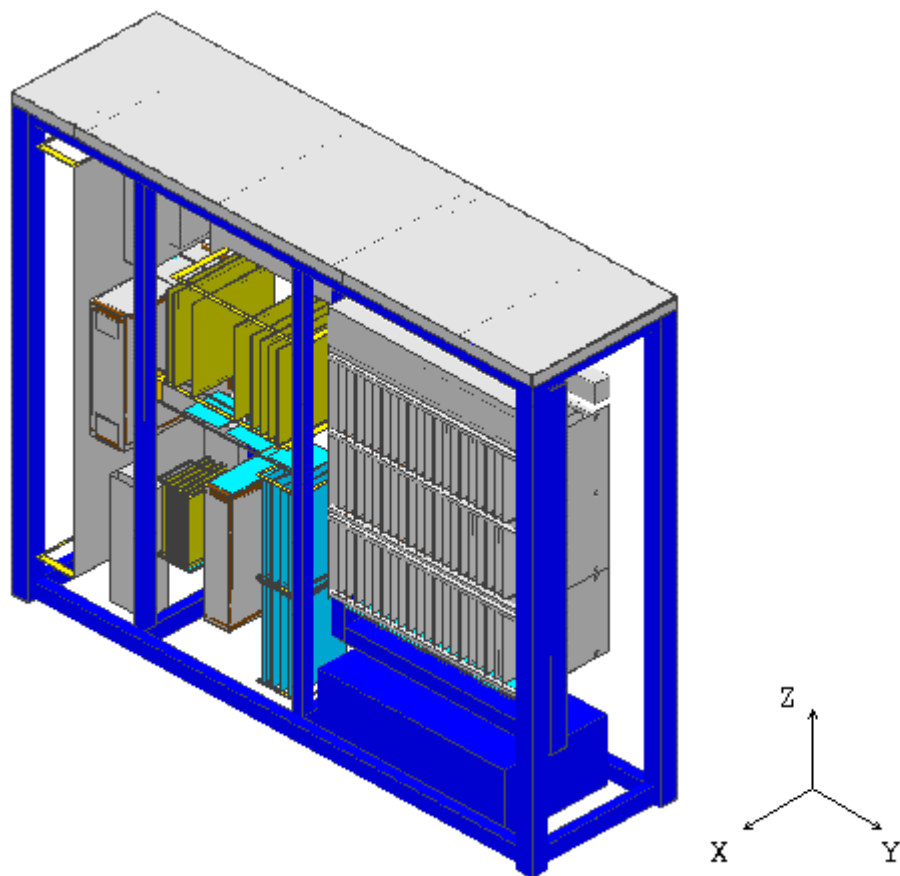


Figura 2 – Modelo térmico gerado no FloTherm®.

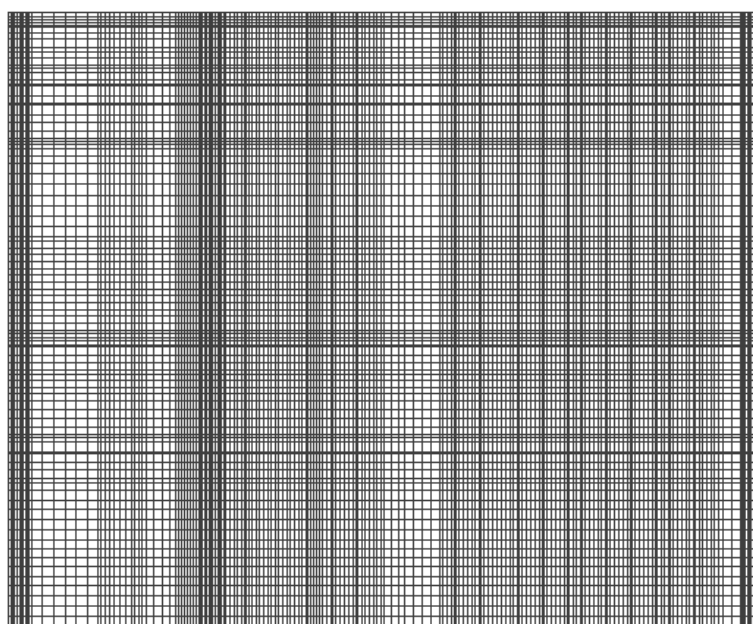


Figura 3 – Malha cartesiana para volumes finitos.

Foi utilizada para a simulação uma estação de trabalho SUN Ultra Enterprise 450, com 2 processadores SUNW, UltraSPARC-II com clock de 296 MHz, plataforma sun4u, sob o sistema operacional SunOS 5.5.1 Generic, 768 Mbytes de memória RAM, 1,5 Gbytes de partição de "swap" como memória de massa e disco com capacidade total de 4,2 Gbytes.

### 3. RESULTADOS

Serão apresentados os resultados da simulação térmica do bastidor com uma temperatura ambiente externa de 45°C em regime permanente.

O texto-base padrão 240-600-703 do sistema de documentação TELEBRÁS especifica condições ambientais limites para o uso de equipamentos de telecomunicações. Por este texto devem ser realizado testes climáticos iniciais, para avaliação, na temperatura externa de 25°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ). Este mesmo texto especifica uma temperatura máxima de trabalho de 55°C, que equivale à uma condição máxima de 45°C, acrescida de 10°C visando corresponder ao efeito de uma radiação solar limite de 1120W/m<sup>2</sup>. A simulação apresentada abaixo foi feita com temperatura externa de 45°C, para comparação com os resultados experimentais, os quais foram obtidos em uma câmara térmica cuja temperatura máxima está em torno deste valor.

Na Figura 4 está mostrado o campo de temperatura para regime permanente no interior do equipamento, no seu plano médio, quando o ambiente encontra-se à 45°C com ar externo parado. A Figura 5 ilustra o campo de velocidade e a Figura 6 ilustra o campo de pressão para a mesma situação, também no plano médio.

A análise destas figuras permite a determinação de regiões com superaquecimento de módulos ou PCB's, onde pode-se ter a falha do módulo ou mesmo de todo o equipamento, quando em operação. É interessante acrescentar que esses equipamentos são projetados para trabalhar ininterruptamente pelo espaço de 15 anos. Nessa etapa são modificadas posições de módulos, posição e especificação de ventiladores, colocação de defletores, etc... Chega-se mesmo a notar-se a inviabilidade do uso de alguns módulos pela excessiva potência térmica dissipada.

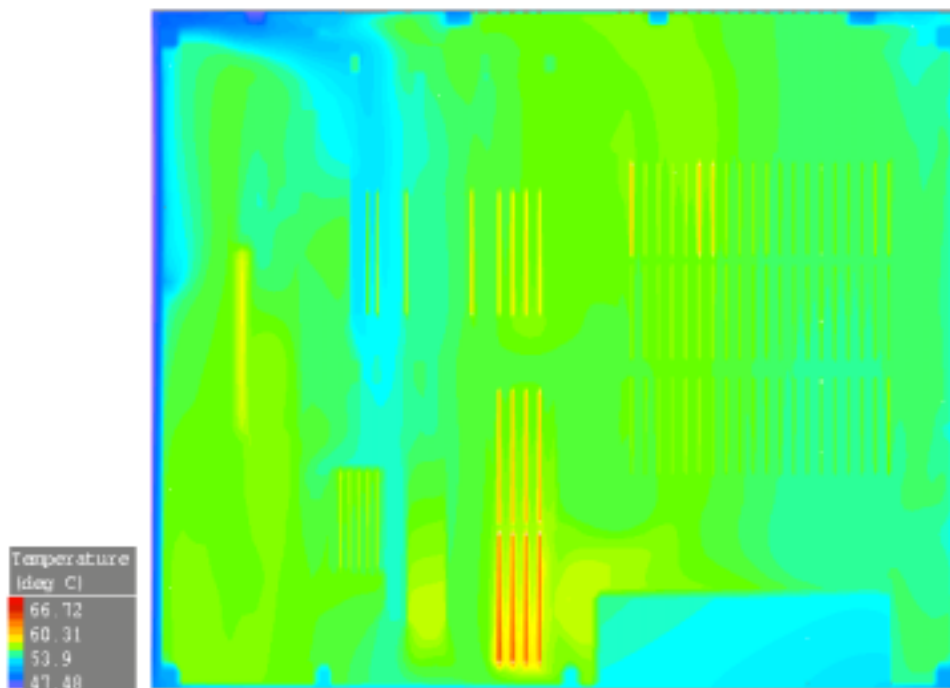


Figura 4 – Campo de temperatura no interior do bastidor.

View: 2D +X

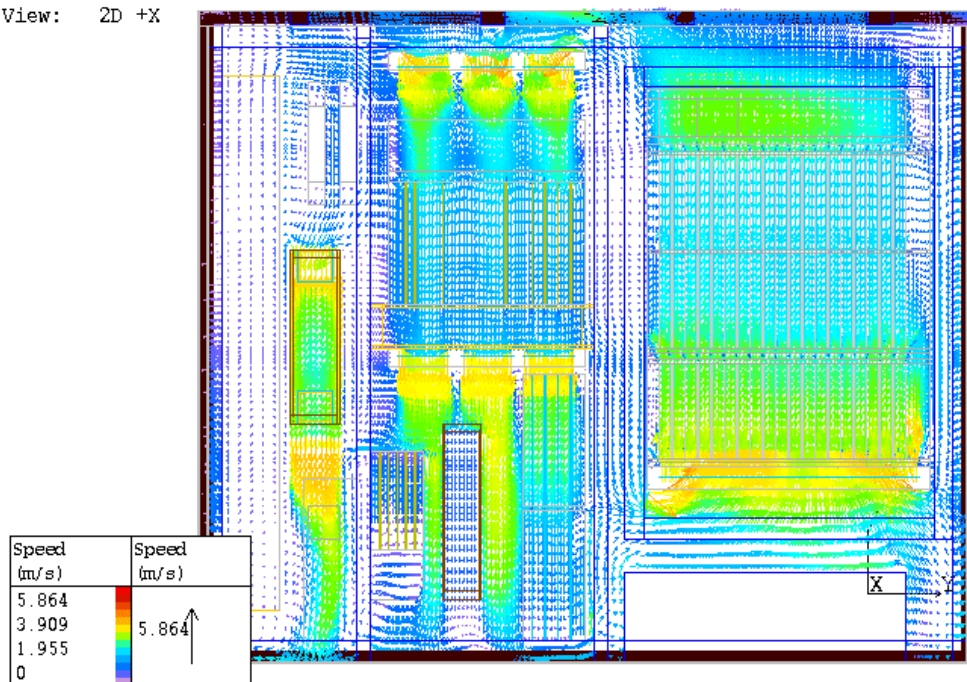


Figura 5 – Campo de velocidade no interior do bastidor.

View: 2D +X

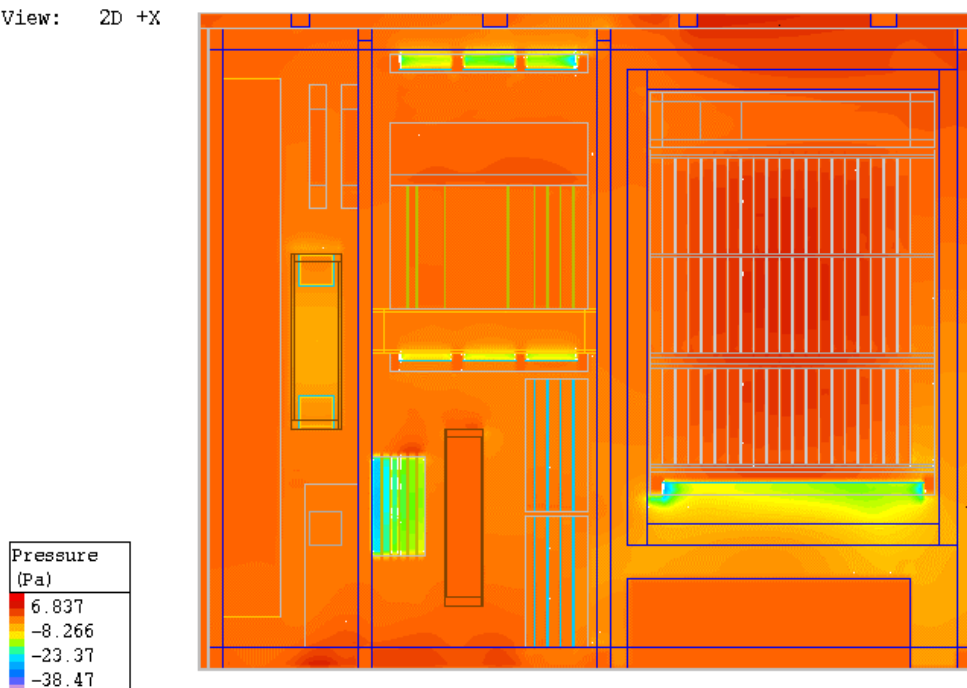


Figura 6 – Campo de pressão no interior do bastidor.

A temperatura média, avaliada no plano médio, mostrado na Figura 4, através de integração nos volumes de controle, é de 56,4°C.

Foi realizada para o mesmo equipamento e para as mesmas condições de contorno, uma simulação com uma malha com os seguintes parâmetros: número de volumes finitos nas direções X, Y e Z respectivamente:  $43 \times 159 \times 70$ . Número total de volumes finitos dentro do domínio: 478.590. Máxima razão de aspecto: 20,50. O campo de temperatura para esta situação é mostrado na Figura 7. A temperatura média, avaliada no plano médio, mostrado na Figura 7, através de integração nos volumes de controle, é de  $56,8^{\circ}\text{C}$ .

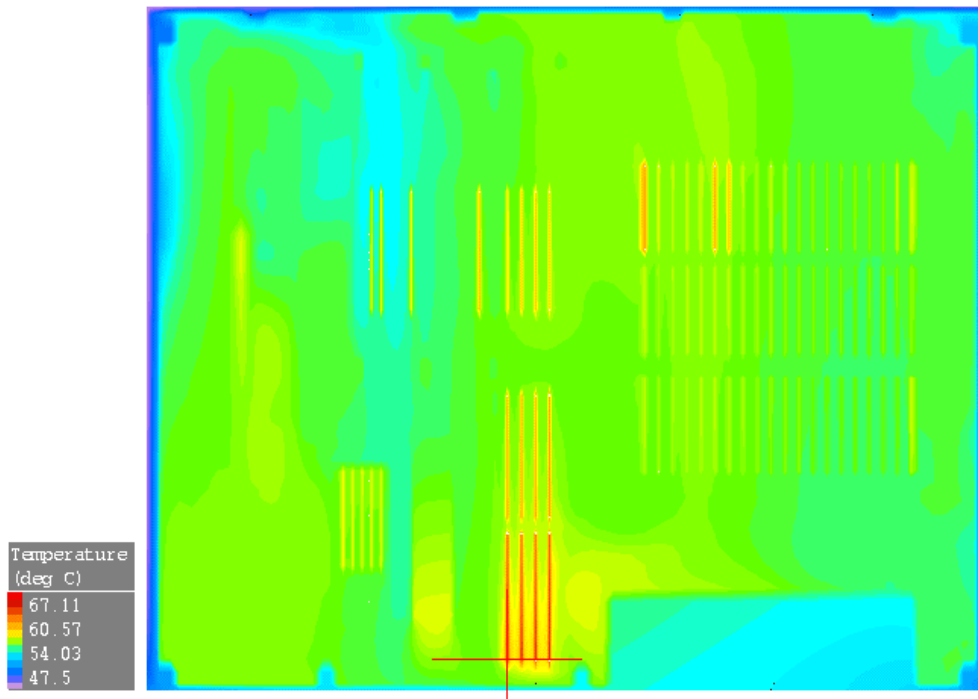


Figura 7 - Campo de temperatura no interior do bastidor, simulado com malha menos refinada

A simulação com 0,48 milhão de volumes finitos durou 60 horas enquanto que a de 1,15 milhões durou 216 horas, ou seja: 3,6 vezes a duração da primeira. Foi observado, através de ferramentas do sistema operacional Unix SunOS 5.5.1, que o programa alocou mais memória para o processamento do que a memória RAM disponível, sendo que o excesso de memória foi obtido através de um dispositivo de memória de massa (partição para "swap" de 1,5 Gbytes). Como o tempo de acesso, leitura e escrita à memória de massa é muito maior do que à memória de acesso aleatório (memória RAM), o tempo consumido para a segunda simulação teve este grande acréscimo. É necessário, portanto, determinar o ótimo número de volumes finitos de modo a não acarretar um tempo computacional proibitivo.

O teste climático experimental do equipamento é realizado em uma câmara de climatização, na qual o equipamento é inserido e colocado em funcionamento, enquanto a temperatura externa é mantida a  $45^{\circ}\text{C}$ . Vários sensores de temperatura são distribuídos em posições críticas do equipamento ao longo do plano médio mostrado na Figura 4. Após um período de testes que normalmente levam alguns dias, tem-se os valores de temperatura em pontos discretos do equipamento para diferentes regimes de funcionamento. Quando não se dispõe de uma simulação numérica prévia do equipamento, é nesta fase que usando conhecimentos empírico-experimentais, os engenheiros e técnicos procuram a disposição ótima dos módulos e ventiladores, de modo a se aproximar de uma situação de temperatura homogênea no interior do equipamento e evitar regiões demasiadamente aquecidas.

Os resultados obtidos após a simulação apresentam um desvio menor que 5% em relação aos resultados experimentais no plano médio.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho mostrou-se a viabilidade do uso de uma simulação térmica tridimensional, para auxílio no desenvolvimento de projetos de gabinetes de telecomunicações. Devido ao menor custo e tempo requeridos, além de permitir um estudo mais completo do equipamento e evitar futuros retrabalhos, a simulação numérica vêm substituindo muito rapidamente os testes experimentais.

A comparação realizada entre a simulação térmica e os resultados experimentais mostram um desvio médio abaixo de 5%, o qual é bastante aceitável, considerando a complexidade do problema apresentado.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Azar, Kaveh, 1997, Thermal Measurements in Electronics Cooling, CRC Press LLC.
- Dally, J.W., 1990, Packaging of Eletronic Systems – A Mechanical Engineering Approach, McGraw Hill, Inc.
- FloTherm<sup>®</sup>, Flomerics<sup>®</sup>, 1998, Online Documentation.
- Norma TELEBRÁS, 1997, texto-base padrão 240-600-703, Revisão 03.
- Lauder, B. E. e Spalding, D. B., 1974, The Numerical Computation of Turbulent Flow, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 3, p. 269-289.
- Patankar, S. V., 1980, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Publishing Corporation, USA.
- Pro/ENGINEER<sup>®</sup>, Parametric Technology Corporation, 1998, Part Modeling<sup>™</sup> User's Guide Release 18.0.
- Seraphim, D.P., Lasky, R. and Li, C.-Y., Principles of Eletronic Packaging, 1989, McGraw-Hill, Inc.

#### **TRIDIMENSIONAL ANALISYS OF TELECOMMUNICATIONS CABINETS: THERMAL SIMULATION**

***Abstract.** In this work is presented a tridimensional thermal simulation of a large telecom cabinet. The numerical simulation permits to foresee future failures in the equipment while operating, due to the high temperatures regions that may occur for the reason of the thermal power dissipated from its components. For the air flow solution in the cabinet was used the software FloTherm<sup>®</sup> and a mesh with more than 1.000.000 of control volumes. The comparison between the numerical and experimental results are very good.*

***Key-Words:** Electronic packing, Thermal simulation, Telecom cabinet, Finite volume.*