



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"



Análise térmica computacional do Transponder 40Gbps PADTEC

¹Amarildo Tabone Paschoalini, ²Márcio Antonio Bazani, ³Aílton Akira Shinoda, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, ^{1,2}Departamento de Engenharia Mecânica, ³Departamento de Engenharia Elétrica, tabone@dem.feis.unesp.br, bazani@dem.feis.unesp.br, shinoda@dee.feis.unesp.br

Eixo 3 - "Novas Tecnologias: Perspectivas e Desafios"

Resumo

Este trabalho apresenta a análise térmica computacional do equipamento *Transponder* 40Gbps em sub-bastidor de 9U e 4U de altura. Os objetivos específicos foram a detecção de temperaturas máximas de operação, otimização do posicionamento de componentes eletrônicos nas placas de circuito impresso e otimização do modelo, da quantidade e do posicionamento de ventiladores no sistema.

Palavras Chave: *Análise térmica, modelagem computacional, comunicações ópticas.*

Abstract

This work presents the computational thermal analysis of 40Gbps Transponder equipment in sub-rack 9U and 4U high. The specific objectives were to detect critical operating temperatures, optimizing the positioning of electronic components on printed circuit boards and optimizing the model, quantity and the positioning fans in the system.

Keywords: *Thermal analysis, computational modeling, optical communications.*

Introdução

A Internet não seria possível sem os avanços científicos e tecnológicos em comunicações ópticas nas últimas três décadas (MOTOYAMA, 2004). O desenvolvimento de fibras ópticas e lasers de diodo nos anos 1970, os amplificadores ópticos e sistemas de multiplexação em comprimento de onda nas décadas seguintes, bem como métodos de compensação de dispersão, de combate a efeitos não lineares em fibras e de correção de erros, marcaram outros enormes avanços nesta área. Nesses pouco mais de 30 anos de pesquisas, a taxa de comunicação aumentou por mais de um milhão de vezes, de dezenas de Mb/s a dezenas de Tb/s, e o custo de transmissão por bit diminuiu por fatores milionários (AURÉLIO, 2010).

Apesar desses avanços, a Internet continua crescendo em largura de banda, número de usuários e complexidade, e já se enxergam as limitações últimas dos sistemas de comunicação óptica baseadas nas tecnologias disponíveis. Pesquisas devem ser continuadas para permitir o crescimento da Internet acima desses limites, que só poderão ser transpostos com tecnologias de ruptura. Os grandes desafios para os próximos 10 a 20 anos são os de aumentar a capacidade dos sistemas ópticos, tanto na transmissão como na comutação, por cem a mil vezes a capacidade atual e reduzir ainda mais os custos de transmissão. Avanços científicos e tecnológicos serão

necessários tanto nas redes de longa distância e metropolitanas, como em redes de acesso ópticas que chegam até as residências e redes de armazenamento de informação (AURÉLIO, 2010).

Comunicações ópticas têm sido uma das áreas em que o Brasil tem se destacado em capacitação científica, tecnológica incluindo-se no desenvolvimento de empresas de base tecnológica. Os investimentos estatais feitos nos anos 70 criaram capacitação científica e tecnológica que permitiram ao país introduzir sistemas de comunicações ópticas em sua rede de telecomunicações no início dos anos 80 de forma praticamente simultânea aos países mais desenvolvidos. O crescimento e fortalecimento da indústria de comunicações ópticas têm se mostrado diretamente relacionados a dois fatores igualmente importantes: a capacidade de inovação nas empresas e a capacidade de pesquisa de excelência nas universidades, esta última alimentando o setor produtivo com novas gerações de pesquisadores e líderes (JESZENSKY, 2007).

A Padtec, empresa 100% nacional localizada no Polo de Alta Tecnologia de Campinas no estado de São Paulo, fornece produtos e soluções inovadoras. Através de produtos totalmente alinhados com as melhores tendências do mercado das telecomunicações, a Padtec oferece soluções de transporte óptico, acesso, amplificação óptica, proteção de rotas e outras soluções que utilizam de maneira integrada as melhores tecnologias para



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROEXTENSÃO DE EXTENSÃO CURRICULAR

atender, com flexibilidade e robustez, os mercados das grandes operadoras de telefonia e integradores, *utilities* e *storage*. Com um forte foco em inovação tecnológica, a Padtec mantém um núcleo interno de tecnologia voltado à Pesquisa e Desenvolvimento em comunicações ópticas, além de parcerias com outras instituições de pesquisa.

Transponders de comprimento de onda (Figura 1) são equipamentos que permitem a conversão do comprimento de onda de um transmissor óptico. São úteis quando for necessária a amplificação óptica em sistemas cujos transmissores são incompatíveis com a janela de amplificação dos amplificadores comerciais, quando for necessário converter o comprimento de onda de um transmissor para ser compatível com o sistema quadruplex e quando se faz uso da multiplexação por divisão do comprimento de onda.

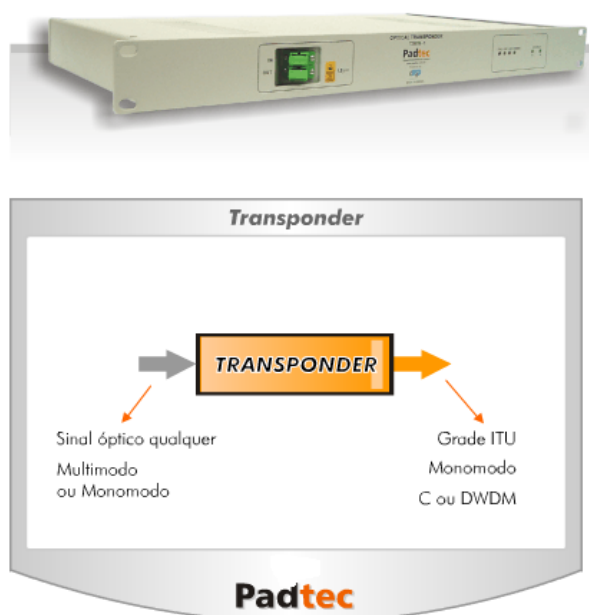


Figura 1. *Transponder* de comprimento de onda (Fonte: Padtec S/A)

As principais características dos *transponders* fabricados pela Padtec são as seguintes:

- Gerenciável ou supervisionado por relé de contato seco;
- Transmissão a distâncias de até 80 km sem a necessidade de amplificação óptica;
- Provê a conversão de fibra multimodo para monomodo;
- Elevada taxa de retorno do investimento;
- Ótima sensibilidade de recepção;
- Elevada confiabilidade;
- Baixo custo.

Dentre as aplicações dos *transponders* pode-se destacar:

- Eliminação de regeneradores de rota;
- Aumento da distância de transmissão de diferentes equipamentos (Gigabit Ethernet, ATM, ESCON, entre outros);
- Conversão de transmissores da segunda e terceira janela para qualquer comprimento de onda da grade do ITU-T;
- Conversão de emissores da segunda janela para a terceira janela compatibilizando-os com amplificação óptica.

As atuais tecnologias de simulação computacional tornaram-se fundamentais por possuírem grande potencial em prever o desempenho de equipamentos e processos antes mesmo de serem produzidos ou implementados (NIE, 2008).

O Método dos Elementos Finitos tem suas origens nos anos 40, tendo sido, entretanto vastamente utilizado apenas nos últimos 30 anos, graças aos avanços tecnológicos ocorridos nos equipamentos computacionais. O Método dos Elementos Finitos é considerado um método matemático para a solução de equações diferenciais parciais, entre as quais se inclui a Equação de Poisson, Equação de Laplace, Equação de Helmholtz, Navier-Stokes, etc... Devido às suas características de flexibilidade e estabilidade numérica, ele pode ser implementado na forma de um programa computacional de forma consistente e sistemática, fato que explica a sua grande popularidade nos dias atuais.

Um grande impulso para o seu desenvolvimento e aperfeiçoamento foi dado pela indústria aeroespacial, na qual o método vem tendo larga aplicação desde os anos 50, sendo utilizado, entre outros, para o projeto e análise de estruturas complexas de aeronaves, as quais certamente não poderiam ser analisadas e projetadas de forma segura usando-se apenas técnicas tradicionais analíticas. O Método dos Elementos Finitos tem várias aplicações, destacando-se o projeto e análise de estruturas, análise de escoamento de fluidos, análise térmica, eletromagnetismo, projeto de equipamentos eletromecânicos, etc. Em muitos casos práticos, o Método dos Elementos Finitos é a única ferramenta capaz de fornecer uma solução aceitável, ainda que sob o ponto de vista matemático a solução seja considerada como uma aproximação. Finalmente, devido à utilidade e interesse para diversas áreas técnicas, o Método dos Elementos Finitos foi objeto de um número incalculável de artigos e livros publicados nos últimos 20 anos, sendo também incluído como disciplina obrigatória nos currículos da grande maioria das universidades europeias e americanas,



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROGrama de Extensão

fato que também já ocorre em muitas universidades brasileiras. À medida que técnicas computacionais e numéricas desempenham um papel cada vez mais relevante na vida do engenheiro, torna-se fundamental o conhecimento dos fundamentos do Método dos Elementos Finitos e da sua aplicação prática, especialmente para aqueles que trabalham em áreas de projeto e análise (REDDY, 2010).

Dentre os vários tipos de análise que os softwares que utilizam o Método dos Elementos Finitos executam pode-se citar a Análise Térmica (Figura 3):

- Permanente – utilizada para determinar a distribuição de temperatura em regime permanente, no qual a variação dos efeitos térmicos em um intervalo de tempo pode ser ignorada;
- Transiente – utilizada para determinar a distribuição de temperatura em regime transiente, no qual os efeitos térmicos variam significativamente no intervalo de tempo considerado.

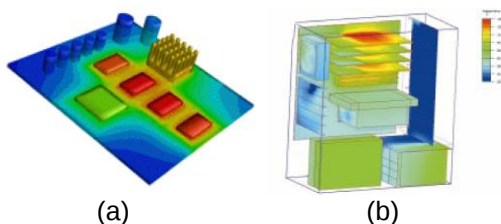


Figura 2. Análise da distribuição de temperatura na indústria eletrônica: (a) placa de circuito impresso com componentes e (b) CPU de computador (Fonte: ANSYS, Inc.)

Quando projetos eletrônicos são desenvolvidos, o conhecimento de todas as características desse projeto é imprescindível. Certos circuitos eletrônicos apresentam componentes com elevada dissipação de potência, que podem acarretar sérios problemas ao desenvolvimento do projeto, pois ocasiona uma elevação na temperatura da placa de circuito impresso. Os componentes eletrônicos apresentam certos limites em relação às temperaturas que são submetidos. Se esses limites não forem respeitados, o componente pode apresentar um comportamento inadequado ou até mesmo ser danificado.

O conhecimento do comportamento térmico do sistema se torna fundamental para que o desenvolvimento do projeto eletrônico obtenha os resultados almejados (GENG, 2014). Dessa forma,

a Análise Térmica se torna uma necessidade. Essa análise, realizada antes da finalização do projeto, possibilita uma prévia detecção de problemas e o estudo de possíveis soluções, evitando, assim, retrabalhos que possam ocasionar sérios prejuízos ao desenvolvimento.

Um projeto térmico de um equipamento eletrônico (Figura 3) é uma das fases mais importantes do produto, na qual é efetivamente decisivo para a confiabilidade do mesmo. A verificação de projetos térmicos consiste em ensaios experimentais e simulações computacionais que irão garantir que os resultados satisfaçam ou não os requisitos das especificações do produto.

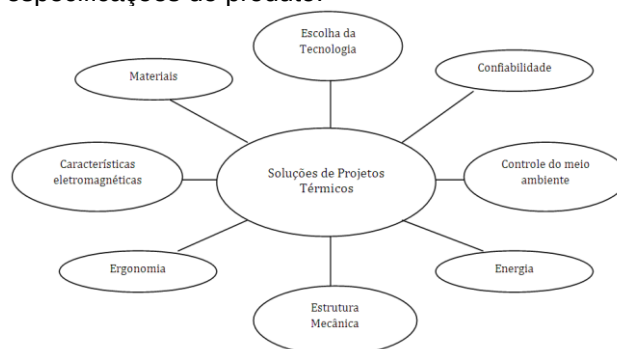


Figura 3. Influência do projeto térmico no produto (Fonte: ANSYS, Inc.)

Objetivos

O trabalho tem por objetivo principal a modelagem computacional e posterior análise térmica do equipamento *Transponder 40Gbps* em sub-bastidor de 9U e 4U de altura, considerando a análise térmica. Os objetivos específicos são a detecção de temperaturas máximas de operação, otimização do posicionamento de componentes eletrônicos nas placas de circuito impresso e otimização do modelo, da quantidade e do posicionamento de ventiladores no sistema.

Material e Métodos

Inicialmente realizou-se a montagem do banco de dados com informações relacionadas à análise térmica de placas de circuitos impressos, componentes eletroeletrônicos, ventiladores, exaustores, cabos, conectores e estruturas mecânicas utilizadas pela empresa Padtec. A modelagem individual de cada elemento do banco de dados anterior e a modelagem dos sistemas completos montados nos sub-bastidores foram feitas na sequência. Utilizou-se o software OpenFOAM® (RUSSELL, 2012) para realizar a modelagem computacional e a posterior análise térmica com determinação do campo de velocidades e temperaturas do sistema. Após



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROGrama de Extensão Universitária

análise dos resultados, caso necessário, alterava-se o posicionamento dos componentes eletrônicos, as dimensões das entradas e saídas de ar, quantidade, posicionamento e modelo dos ventiladores. Estas modificações foram realizadas até que as temperaturas dos componentes eletrônicos ficassem abaixo da temperatura crítica de operação para determinadas condições de contorno.

Resultados e Discussão

A seguir apresentam-se alguns resultados considerando a análise térmica para o equipamentos Transponder 40Gbps fabricado pela Padtec S/A. A empresa utiliza sistemas modulares (Figura 4), ou seja, equipamentos eletrônicos com espessuras diversas montados sobre trilhos em sub-bastidores (Figuras 5 e 6). Foram analisadas as posições mais críticas do ponto de vista térmico de cada tipo de sub-bastidor da empresa, as condições de contorno dessas posições críticas foram utilizadas para realizar a análise térmica do *Transponder* 40Gbps.



Figura 4. Exemplos de equipamentos eletrônicos Padtec (Fonte: Padtec S/A).



Figura 5. Sub-bastidor Padtec de 14U de altura (Fonte: Padtec S/A).



Figura 6. Sub-bastidor Padtec de 40U de altura (Fonte: Padtec S/A).

Dentre os sub-bastidores utilizados pela Padtec, o mais crítico do ponto de vista térmico foi o sub-bastidor 14U, mostrado na Figura 5. Nesse sub-bastidor foram realizadas todas as simulações para o *Transponder*.

Após envio do desenho mecânico e dados de componentes eletrônicos e sistemas de ventilação pela empresa, a modelagem computacional era realizada nos laboratórios da FEIS/UNESP. Após várias iterações entre as equipes da Padtec e da Unesp o modelo era otimizado até encontrar um resultado satisfatório do ponto de vista térmico, mecânico e eletrônico.

A Figura 7 mostra o protótipo final do *Transponder* 40Gbps. As Figuras 8 e 9 mostram as temperaturas nos componentes críticos do protótipo final do *Transponder* 40Gbps na melhor e na pior posição do sub-bastidor 14U, respectivamente.



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROGrama de Extensão Universitária



Figura 7. Protótipo final do Transponder 40Gbps
(Fonte: Padtec S/A).

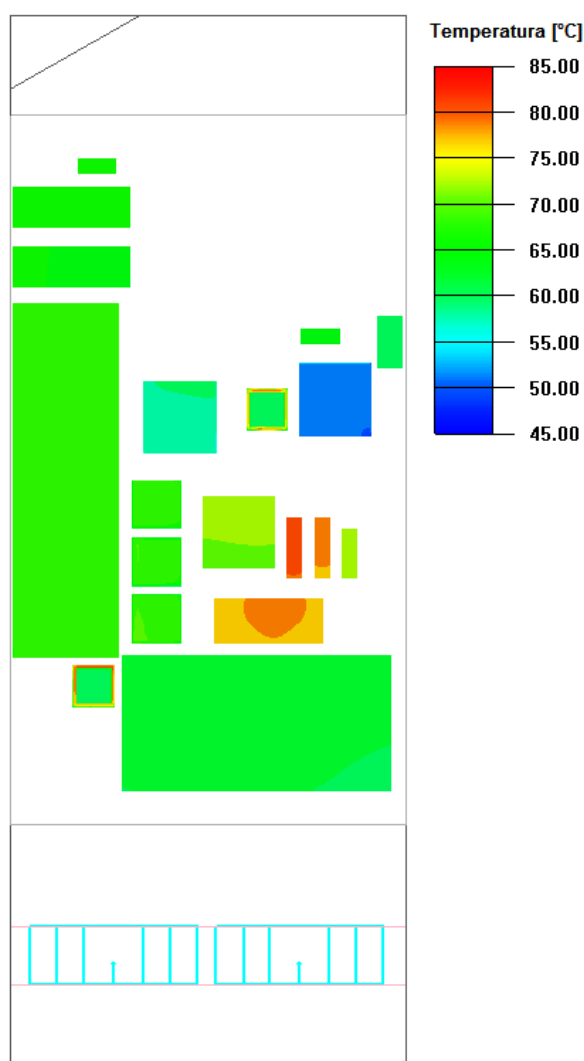


Figura 8. Temperaturas nos componentes críticos do protótipo final do Transponder 40Gbps na melhor posição (menor temperatura média) do sub-bastidor 14U.

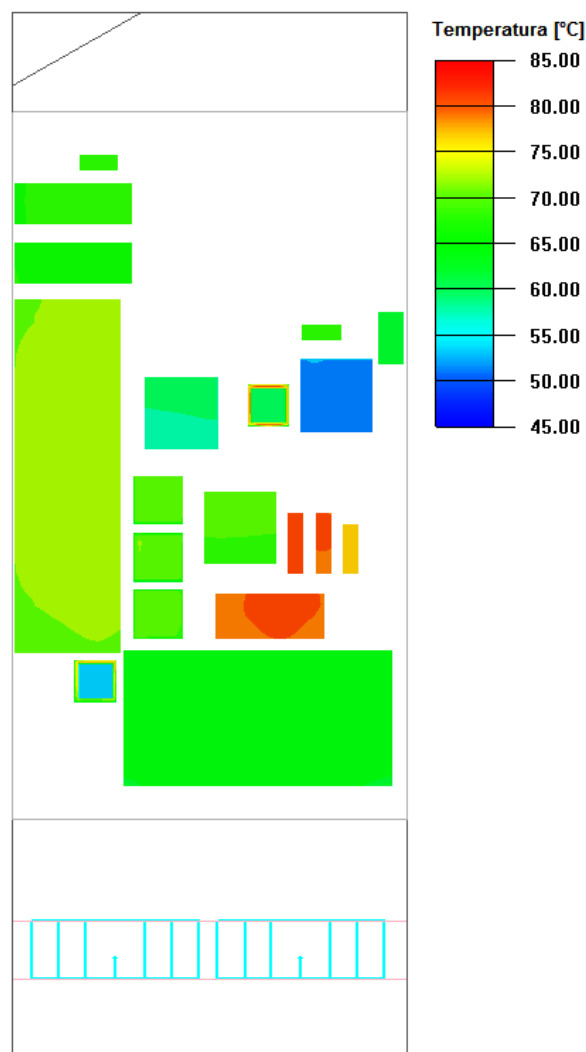


Figura 9. Temperaturas nos componentes críticos do protótipo final do Transponder 40Gbps na pior posição (maior temperatura média) do sub-bastidor 14U.

Conclusões

Considerando os resultados, conclui-se que o trabalho alcançou todos seus objetivos, foram detectadas as temperaturas máximas de operação, realizou-se a otimização do posicionamento dos componentes eletrônicos nas placas de circuito impresso e a também a otimização do modelo, da quantidade e do posicionamento de ventiladores no sistema. O conhecimento do comportamento térmico do sistema, característica imprescindível, foi satisfatoriamente alcançado.

Ressalta-se que além dos objetivos específicos do trabalho, outros objetivos complementares também foram atingidos por parte da Unesp como a possibilidade de produção de pesquisa de ponta,



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:



geração de pesquisadores mais capacitados, desenvolvimento de ensino associado a projetos de alta tecnologia e aumento na participação do desenvolvimento socioeconômico nacional; e por parte da Padtec o desenvolvimento de inovação tecnológica a menores custos, suporte de recursos humanos altamente qualificados, acesso às metodologias mais atuais, desenvolvimento de produtos com alto valor tecnológico e econômico agregados, formação de recursos humanos capacitados e aumento na participação do desenvolvimento socioeconômico nacional.

Agradecimentos

Agradecimentos à empresa Padtec pelo financiamento da pesquisa, à FEPISA pelo gerenciamento administrativo e à equipe do LabSiN (Laboratório de Simulação Numérica) pelo suporte nas análises numérico computacionais.

MOTOYAMA, S. et al. Prelúdio para uma história: ciência e tecnologia no Brasil, Ed. Edusp, ISBN: 9788531407970, 2004.

AURÉLIO, D.R., A Extraordinária História do Brasil, Ed. Universo dos Livros, ISBN: 9788579301131, 2010.

JESZENSKY, P.J.E., Sistemas Telefônicos, Ed. MANOLE, ISBN: 9788520416228, 2007.

NIE, Q., Experimentally Validated Multiscale Thermal Modeling of Electric Cabinets, Ed. Georgia Institute of Technology, ISBN: 9781109011746, 2008.

REDDY, J.N., GARTLING, D.K., The Finite Element Method in Heat Transfer and Fluid Dynamics, Third Edition, Ed. Taylor & Francis, ISBN: 9781420085983, 2010.

GENG, H., Data Center Handbook, Ed. Wiley, ISBN: 9781118436639, 2014.

RUSSELL, J., Cohn, R., Openfoam, Ed. Book on Demand, ISBN: 9785512566831, 2012.