

DESCRIÇÃO DE UM TÚNEL AERODINÂMICO PARA PESQUISAS EM CONTROLE TÉRMICO DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS EM UM DUTO RETANGULAR HORIZONTAL

Marcelo Correa Machado Filho

Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Campus Ponta Grossa
marcelengo.mec@gmail.com

Jhon Jairo Ramirez-Behainne

Thiago Antonini Alves

Professores/Pesquisadores do Curso de Graduação e Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Campus Ponta Grossa
jhon@utfpr.edu.br
thiagooalves@utfpr.edu.br

Resumo. *O objetivo principal deste trabalho é a descrição de um túnel aerodinâmico que será utilizado para investigação experimental do problema motivado pelo Nível 2 de empacotamento eletrônico associado ao controle térmico de equipamentos eletrônicos montados em placas de circuito impresso.*

Palavras-chave: *Controle térmico. Aparato experimental. Microprocessadores.*

1. INTRODUÇÃO

Um túnel aerodinâmico consiste na principal instalação de ensaios na maioria dos laboratórios de aerodinâmica. Seu objetivo é produzir e conduzir uma corrente de fluido regular em condições controladas para o ensaio de modelos de veículos terrestres, aéreos e marítimos, além de diferentes tipos de estruturas submetidas à ação do vento ou de correntes fluviais ou marítimas, dentre outros. Os ensaios em túnel são realizados visando à determinação experimental das forças de arrasto e sustentação, momentos, das distribuições de velocidade, de pressão e de temperatura, além de outras informações necessárias ao projeto, análise e operação de diferentes equipamentos e sistemas (JARDIM *et al.*, 2003). A Figura 1 ilustra a visualização do

escoamento ao redor de um veículo em um túnel aerodinâmico com a injeção de fumaça (MACHADO FILHO *et al.*, 2012).



Figura 1. Ensaio de um modelo automobilístico em um túnel aerodinâmico.

Fonte: <http://www.carbodydesign.com/>

Pode-se afirmar que o túnel aerodinâmico é um grande computador analógico adequado para ilustrar as condições (relativas) de escoamento do fluido ao redor de um modelo ou protótipo, sendo capaz de uma resolução espacial e temporal (a turbulência, por exemplo) com alta precisão.

Os túneis aerodinâmicos têm sido exaustivamente empregados, não apenas nas aplicações anteriormente mencionadas, mas em diversas outras áreas da Engenharia. Visando o desenvolvimento de pesquisas científicas e de inovações tecnológicas, contribuindo significativamente para o progresso da ciência e tecnologia. Na Figura 2 é mostrado um túnel aerodinâmico (aparelho experimental) utilizado em pesquisas associadas ao controle térmico de equipamentos eletrônicos em canais.



Figura 2. Aparato experimental utilizado em pesquisas em controle térmico de eletrônicos.

Fonte: <http://www.electronics-cooling.com/>

2. MOTIVAÇÃO

A concepção de um túnel aerodinâmico conta com a escassez de dados explícitos sobre a matéria. Desta forma, as tecnologias envolvidas permanecem à margem da bibliografia técnica convencional. Desta forma, inúmeros detalhes são de conhecimento extremamente restrito, limitado a um pequeno grupo de trabalho, o que dificulta o desenvolvimento de novos projetos por equipes neófitas (SARAN *et al.*, 2003).

3. DESCRIÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL

O aparato experimental foi projetado baseado nos trabalhos apresentados em Garimella & Eibeck (1991), Young & Vafai (1999) e Kim & Kim (2009). Do ponto de vista morfológico, ele é constituído por um *plenum*, um condicionador tipo feixe de tubos, uma seção de testes, um redutor e conversor de área, um medidor de vazão (placa de orifício), uma conexão flexível medidor de vazão-ventilador e por um ventilador centrífugo com inversor de frequência acoplado. Todas estas partes são apoiadas em bancadas (*chassis*) de aço carbono. Um diagrama esquemático deste aparato experimental está ilustrado na Fig. 3. O comprimento total do túnel aerodinâmico é de 5,05 m. Ressalta-se que o custo final deste equipamento foi de aproximadamente R\$ 18.000,00 (dezoito mil reais).

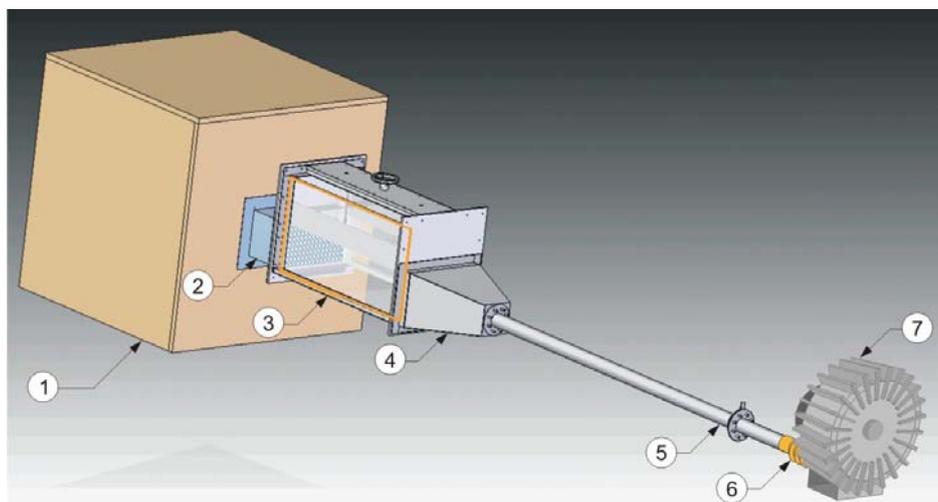


Figura 3. Túnel aerodinâmico para pesquisas associadas ao controle térmico de componentes eletrônicos: (1) *plenum*, (2) condicionador tipo feixe de tubos, (3) seção de testes, (4) redutor, (5) medidor de vazão, (6) conexão flexível medidor de vazão-ventilador e (7) ventilador centrífugo.

3.1 *Plenum*

O *plenum* foi construído de madeira MDF (*medium density fiberboard*) de 25mm de espessura com dimensões de 1m x 1m x 1m, que proporciona um elevado grau de compactação ao equipamento, economizando espaço físico e gerando baixa perda de

carga. Em seu interior foram instaladas duas telas de aço inoxidável visando à geração de estruturas turbilhonares de dimensões da ordem de grandeza do fio da tela, que são facilmente dissipadas pela ação da viscosidade, provocando, após cerca de 350 diâmetros do fio, um escoamento de baixa intensidade turbulenta.

3.2 Condicionador tipo feixe de tubos

Com o objetivo de fornecer à entrada da seção de testes um perfil de velocidades uniforme, no interior da caixa de estabilização (situada entre a saída do *plenum* e a entrada da seção de testes) foi instalada uma colméia retificadora constituída de tubos de aço inoxidável com um diâmetro nominal de 12,7 mm e 0,20 m de comprimento. Esta parte atua como outro manipulador de turbulência, retificando as linhas de fluxo, eliminando as velocidades cruzadas e eventuais vórtices residuais gerados, que, por ventura, ainda não tenham sido eliminados pela ação das telas no *plenum*.

3.3 Seção de testes

A seção de testes possui dimensões de 0,35m de largura e 0,90m de comprimento e foi projetada de forma que sua altura possa variar entre 0,01m e 0,20m. A seção de testes foi construída de acrílico, com 10mm de espessura, para garantir completo acesso óptico ao seu interior. Além disso, em sua parte inferior existe uma abertura intercambiável para fixação do substrato contendo os aquecedores protuberantes.

3.4 Redutor e Conversor de Área

Um prolongamento entre a seção transversal retangular da seção de testes e a seção circular da região a montante do medidor de vazão foi concebido em aço carbono. Em sua entrada foi instalada uma tela de aço inoxidável com o objetivo de eliminar possíveis interferências no escoamento.

3.5 Placa de orifício

A vazão volumétrica nos testes experimentais será medida através de uma placa de orifício, confeccionada em aço inoxidável, com uma relação de diâmetro de 0,5 sendo a tubulação de 2 polegadas. Este medidor de vazão foi projetado de acordo com a Norma NBR ISO 5167-1 (ABNT, 1994).

3.6 Conexão flexível medidor de vazão-ventilador

A ligação entre o medidor de vazão e o ventilador centrífugo foi realizada por uma conexão flexível (0,30m de comprimento) visando eliminar a vibração do sistema, ocasionada pelo ventilador.

3.7 Ventilador centrífugo

O ventilador centrífugo é acionado por um motor elétrico de 2CV de potência fornecendo uma variação do número de *Reynolds* do escoamento no canal, mediante a utilização de um inversor de frequência acoplado ao motor do ventilador.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada a descrição de um túnel aerodinâmico utilizado para pesquisas científicas no Laboratório de Controle Térmico de Equipamentos Eletrônicos do Departamento Acadêmico de Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do *Campus* Ponta Grossa – LabCTEE/DAMEC/UTFPR/PG – Fig 4.

O túnel aerodinâmico apresenta um custo relativamente baixo, é de fácil operação e manutenção, o que o torna particularmente apropriado para a aplicação no ensino e na pesquisa, em nível de graduação e de pós-graduação, em Engenharia.

Os resultados experimentais das pesquisas científico-tecnológicas desenvolvidas serão apresentados nos projetos de iniciação científica, de iniciação tecnológica e de inovação tecnológica; nos trabalhos de conclusão de curso de Graduação em Engenharia Mecânica e; nas dissertações de mestrado do Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Engenharia Mecânica da UTFPR/*Campus* Ponta Grossa. Além disso, eles serão publicados em congressos técnico científicos e em periódicos indexados nacionais e internacionais.



Figura 4. Túnel aerodinâmico instalado no Laboratório de Controle Térmico de Equipamentos Eletrônicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento Acadêmico de Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do *Campus* Ponta Grossa – DAMEC/UTFPR/*Campus* Ponta Grossa pelo apoio financeiro a este projeto de iniciação tecnológica.

5. REFERÊNCIAS

JARDIM, M.F.; ALVES, T.A.; SALVIANO L.O., SARAN, D.J.; WOISKI, E.R.; MANSUR, S.S. & VIEIRA, E.D.R. Projeto de um túnel aerodinâmico do tipo soprador para o ensino e a pesquisa em engenharia. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA, X, 2003, Santos. **Anais...** Santos: Unisanta, 2003. CD-ROM.

MACHADO FILHO, M.C.; RAMIREZ-BEHAINNE, J.J. & ALVES, T.A. Projeto de um túnel aerodinâmico para pesquisa em resfriamento de componentes eletrônicos montados em placas de circuito impresso. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA, XIX, 2012, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP/UFSCar, 2012. CD-ROM.

SARAN, D.J.; ALVES, T.A.; SALVIANO, L.O.; JARDIM, M.F.; WOISKI, E.R.;

MANSUR, S.S. & VIEIRA, E.D.R. Construção de um túnel aerodinâmico do tipo soprador em material acrílico. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA, X, 2003, Santos. **Anais...** Santos: Unisanta, 2003. CD-ROM.

GARIMELLA, S.V. & EIBECK, P.A. Enhancement of single phase convective heat transfer from protruding elements using vortex generations, **International Journal of Heat and Mass Transfer**, V. 34, p. 2431-2433, 1991.

YOUNG, T.J. & VAFAI, K. Experimental and numerical investigation of forced convective characteristics of array of channel mounted obstacles, **Journal of Heat Transfer**, V. 121, p. 34-42, 1999.

KIM, T.Y. & KIM, S.J. Fluid flow and heat transfer characteristics of cross-cut heat sinks, **International Journal of Heat and Mass Transfer**, V. 52, p. 5358–5370, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR ISO 5167-1: Medição de vazão de fluidos por meio de instrumentos de pressão – parte 1: placas de orifícios, bocais e tubos de Venturi instalados em seção transversal circular de condutos forçados, 1994.