



ANÁLISE DA TROCA DE CALOR EM UM DISSIPADOR DE CALOR DE ALETAS DE PLACAS PARALELAS

Palavras-Chave: DISSIPADOR DE CALOR. ALETAS. OPENFOAM.

Autores(as):

KATHRINE VOGADO NEPUNUCENO PAIXÃO, UFOB

Prof. Dr. ANDRE ISSAO SATO (orientador), UFOB

INTRODUÇÃO:

A utilização de equipamentos eletrônicos está presente intrínseco ao cotidiano e de variadas formas e aplicações. O uso intensivo destes resulta no aumento da temperatura, provocando respostas não confiáveis, perda de segurança, além de diminuir a vida útil e até provocar falha do componente (Li, 2021).

Para evitar esses problemas, os dissipadores de calor são utilizados como solução mais frequente, sendo responsáveis pelo resfriamento dessas peças a partir do aumento da área de troca de calor entre o componente eletrônico e o meio. Tradicionalmente, os dissipadores de calor de aletas são construídos de placas paralelas e com uma base sólida, normalmente feita de algum metal e inúmeras aletas finas que vão a partir da base. E são essas aletas as responsáveis por expor a área de superfície ao ar, facilitando uma transferência de calor por convecção (Souza, 2005).

Dado a crescente transformação nas aplicações em componentes eletrônicos e a necessidade de rápida adequação de soluções de dissipadores de calor aletas, é conveniente o uso de *softwares* de Fluidodinâmica Computacional (da sigla em inglês, CFD) e Transferência de calor Computacional (da sigla em inglês, CHT) para o projeto e análise destes sistemas. Sendo possível, a partir de estudos aprofundados, a construção de metodologias de otimização dos dissipadores.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo a aplicação do software de código aberto OpenFOAM®, para o estudo da transferência de calor em um canal isotérmico que simularia o escoamento em um canal formado entre duas aletas de um dissipador calor. Levantamento da distribuição de velocidades e temperaturas no escoamento foram obtidos por meio do software livre Paraview® e parâmetros de convergência foram também estudados.

MATERIAIS E MÉTODOS:

O *software* utilizado para a discretização do domínio computacional e solução das equações de conservação foi o OpenFOAM® v2206 (OpenCFD, 2023), de código aberto e, a princípio, sem interface gráfica de usuário nativa. O programa em questão foi instalado na máquina virtual Linux, disponibilizada no Microsoft Windows 11 e denominada WSL 2. No caso, a distribuição utilizada do Linux foi o Ubuntu 2204.2.33.0.

Os softwares utilizados para o pós-processamento dos resultados foram Paraview® e Gnuplot®, sendo empregado um computador de seguintes configurações: processador Intel i5, 11ª Geração, de 4

núcleos físicos, 24 GB de memória RAM, capacidade de armazenamento de 1216 GB SSD (256 GB NVMe + 960 GB SATA3) e placa de vídeo integrada Intel Iris Xe.

Quanto ao modelo computacional, foi utilizada a geometria de Souza (2005), sendo essa com altura das aletas de 25 mm, comprimento de 50 mm e espaçamento entre aletas de 2,5 mm. A entrada do ar se dá pela parte superior do dissipador e a saída nas laterais do mesmo. a Figura 1 apresenta o dissipador em cm e uma abordagem utilizada para a redução do custo computacional, para tanto, foi utilizada uma simetria do escoamento em todo o dissipador e o domínio considerado foi representado com $\frac{1}{4}$ de um canal formado entre 2 aletas, conforme procedimento utilizado em Sato (2020).

Ar foi escolhido como fluido de trabalho e suas propriedades foram definidas no programa por meio de uma biblioteca já presente no OpenFOAM® para o ar como gás real.

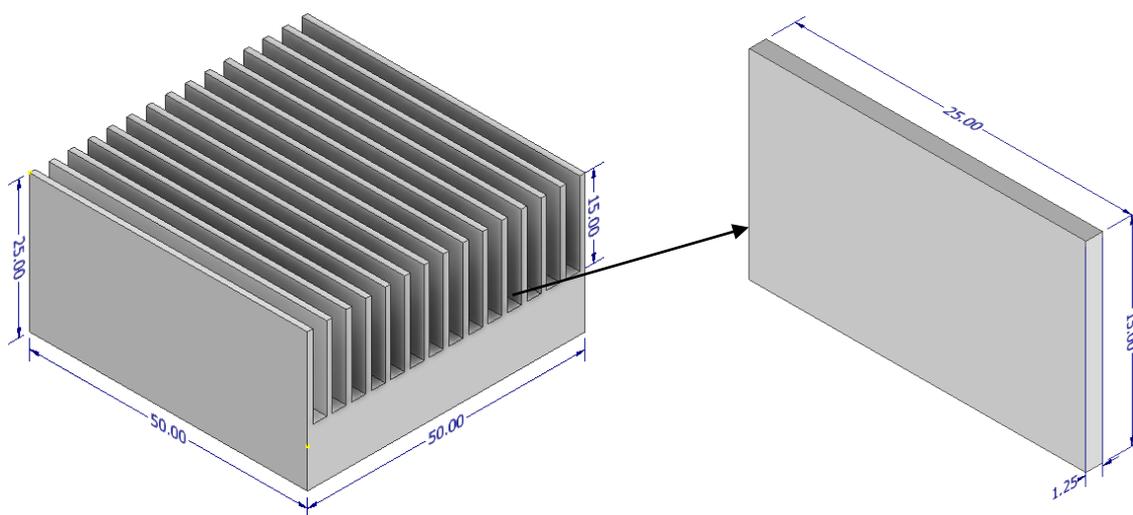


Figura 1- Dissipador de calor utilizado e seu respectivo corte para o uso na simulação

Fonte: Autores (2023).

A malha computacional foi construída com as características: elementos hexagonais regulares com 15 elementos na espessura do canal, 75 elementos na direção do comprimento e 25 elementos na direção da altura (Sato et al., 2020).

Quanto às condições de contorno, as aletas foram aproximadas como placas isotérmicas (sem espessura), em que foram aplicada temperatura superficial uniforme nas superfícies da aleta e da base do canal, a taxa de transferência de calor seria obtida pela estimativa da eficiência de aleta e aplicada no valor da transferência de aleta isotérmica.

A definição das superfícies foi feita por meio da indicação do tipo de contorno aplicado em cada superfície, sendo utilizados o tipo *patch* (superfície genérica que permite o transporte de massa e energia), *wall* (superfície que impede a passagem de massa) e *symmetryPlane* (superfície que garante a simetria de pressão, temperatura e vazão no domínio).

A superfície “entrada” teve como definição de pressão total de 100050 Pa e temperatura conhecida de 298.18 K. Para a vazão, a condição de contorno denominada *pressureInletVelocity* foi utilizada, tal função permite a definição de uma vazão induzida pela diferença de pressão entre os elementos internos do domínio e a pressão estabelecida para a parte externa.

Na “saída”, a pressão foi definida com valor de 100000 Pa. A temperatura foi definida de forma que a temperatura da vazão saindo tivesse valor igual ao do elemento imediatamente anterior à superfície e vazão que entrasse tivesse valor igual a 298.15K. Condição semelhante foi estabelecida para a vazão.

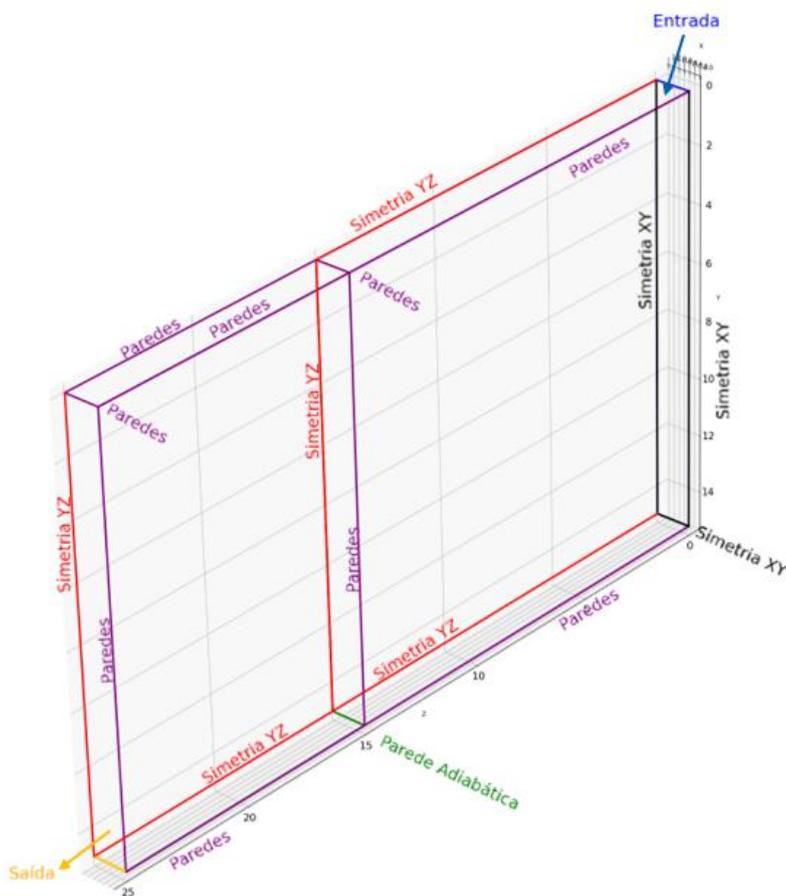


Figura 2- Ilustração da geometria e seus domínios
Fonte: Autores (2023).

para o *software* utilizado, adotou-se um total de 10000 iterações para a convergência da solução.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O resultado obtido na construção da malha para o domínio computacional observado na figura 3 resultou em um total de 234375 elementos hexaédricos regulares.

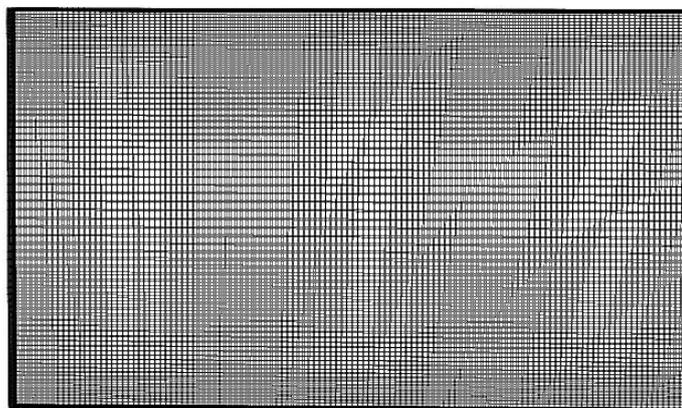


Figura 3- Domínio Computacional da malha
Autores (2023)

O valor de 50 Pa de diferença entre as pressões na entrada e saída foi estabelecido por meio de resultados experimentais de queda de pressão em canais aletados obtidos por Sato (2017), bem como os valores de temperatura na superfície da aleta.

As paredes tiveram como condições de contorno, não deslizamento para o problema de escoamento e temperatura conhecida no valor de 316,25 K. Este valor foi estabelecido para simular o comportamento experimental obtido por Sato et al. (2020)

O modelo de turbulência de Sparlart e Allmaras (1994) foi escolhido para a simulação e os parâmetros adotados para o modelo foram os valores já padronizados no OpenFOAM®.

O solucionador (ou *solver*, em inglês) *buoyantSimpleFoam* foi empregado visto que o mesmo permite a análise de convecção forçada. A simulação foi em regime permanente e,

Para a verificação da convergência da simulação, verificou-se os resíduos acumulados em cada 1 iteração do solucionador. Neste caso, as variáveis ν_{Tilda} , relacionada à viscosidade turbulenta do modelo de Sparlat e Allmaras, $prgh$, a pressão absoluta menos a parcela de pressão estática, e h , a entalpia do ar, foram escolhidas para a análise.

A Figura 4 apresenta o gráfico dos resíduos acumulados ao longo de cada iteração, sendo possível observar que os mesmos apresentam comportamento de redução ao longo da simulação, o resíduo de ν_{Tilda} foi de 0,00732% do maior valor da variável no domínio e comportamento semelhante é observado em h e $prgh$.

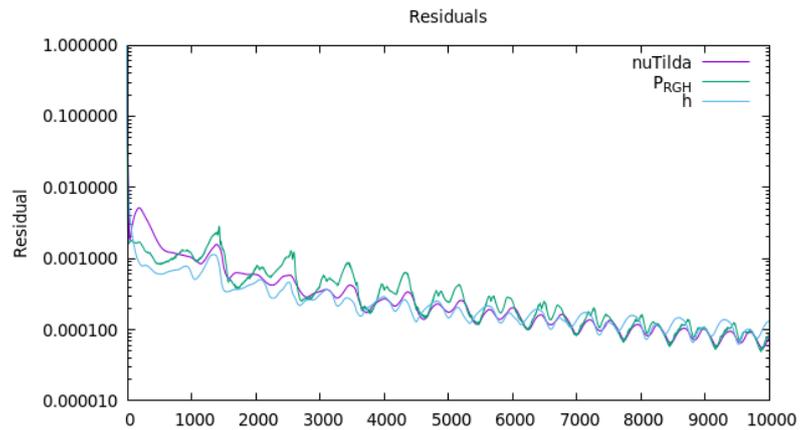


Figura 4 - Gráfico dos resíduos.
Fonte: Autores (2023)

Na figura 5, pode-se observar o campo de velocidade, no qual mostra o comportamento do fluido ao entrar no canal, produzindo um jato colidente sobre a superfície inferior e mantendo um escoamento prioritário na parte inferior da seção de saída. Uma região de recirculação é formada na parte superior da saída.

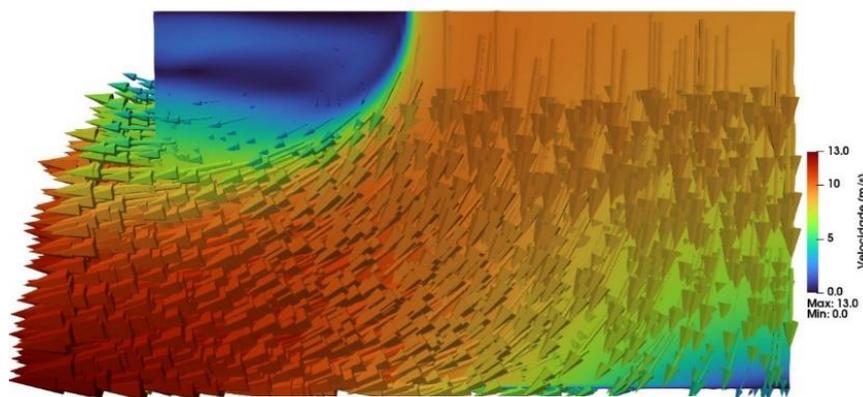


Figura 5- Campo de velocidades.
Fonte: Autores (2023)

Outro campo analisado foi o de Temperatura, observado na Figura 6. O plano analisado indica um aquecimento significativo no escoamento próximo à placa aquecida e uma região de recirculação de ar próxima a saída, gerando uma estagnação de ar quente no local.

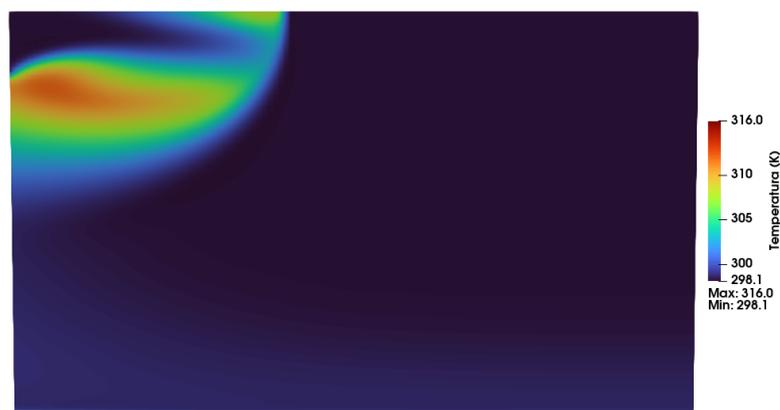


Figura 6 Campo de Temperatura.
Fonte: Autores (2023)

CONCLUSÕES:

Nesse trabalho de pesquisa, destacou-se os benefícios dos dissipadores de calor de aletas de placas paralelas no resfriamento de aparelhos eletrônicos. Também foi observado que o fluxo de fluido apresenta um comportamento condizente com o esperado na literatura e o software OpenFOAM permitiu a visualização do escoamento e do campo de temperaturas no canal.

AGRADECIMENTOS:

A autora agradece o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e da Universidade Federal do Oeste da Bahia.

BIBLIOGRAFIA

LI, W. ET AL. **Constructal optimization of rectangular microchannel heat sink with porous medium for entropy generation minimization.** *Entropy*, v. 23, n. 11, p. 1528, 2021.

DE SOUZA, V.C. **Dissipadores termicos de placas paralelas com influxo de topo.** 2005. Tese de Doutorado. [sn]. Disponível em: <https://scholar.google.com.br>

WANG, C.; SADRIZADEH, S.; HOLMBERG, S. (2017). **Application of open-source CFD software to the indoor airflow simulation.**

SATO, A. I.; ALTEMANI, C. A. C.; SCALON, V. L. **Mean nusselt number correlation for tise heatsink thermal design technology** 24 Engenharia Térmica (Thermal Engineering), 2020.

OpenCFD. OpenFOAM v2306 released. Disponível em: <https://doc.openfoam.com/>.

SPALART, P. R.; ALLMARAS, S. R., "A One-Equation Turbulence Model for Aerodynamic Flows," *Recherche Aerospatale*, No. 1, 1994, pp. 5-21.