

# ESTUDO NUMÉRICO DA INFLUÊNCIA DA CONVECÇÃO FORÇADA E USO DE ALETAS PARA TROCA DE CALOR CONVECTIVA

**Luciano Wotikoski Sartori (luciano16sartori@hotmail.com).**

Aluno de graduação do curso Engenharia Mecânica.

**João Paulo Calixto da Silva (joao.cs@fsjb.edu.br)**

Professor das Faculdades Integradas de Aracruz.

## RESUMO

A necessidade de resfriamentos eficazes para sistemas com grande capacidade térmica, como, por exemplo, os computadores e os motores elétricos fez com que surgissem técnicas com a finalidade de incrementar a transferência de calor. Neste trabalho estudou-se a transferência de calor por convecção forçada e aplicação de aletas tipo anular para maximizar a troca de calor em um escoamento externo sobre um cilindro. Foram avaliadas as condições de trabalho como temperatura ambiente, temperatura da superfície do cilindro e velocidade do escoamento do ar, para verificar o comportamento da troca térmica. Os resultados encontrados, observou-se que ambos os parâmetros, convecção forçada e aletas, aumentam a troca de calor convectiva. Esse resultado ocorreu, pois, estes fatores aumentaram o contato entre o fluido e o cilindro, garantindo que o sistema alcançasse temperaturas elevadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Convecção forçada, aleta anular, escoamento cruzado.

## 1 – INTRODUÇÃO

É necessário em muitos casos, um, aumento na transferência de calor para evitar o superaquecimento de equipamentos industriais. Esse aquecimento está ligado diretamente na queima de motores elétricos, explosões de transformadores elétricos e diversos outros equipamentos industriais (VIANNA et. al, 2014; PONTES, 2001). Para evitar tais problemas, torna-se necessário o uso de técnicas para aumentar a troca de calor.

A utilização da convecção forçada e uso de aletas propiciam um aumento na troca de calor convectiva devido a um maior contato entre o fluido e o equipamento aquecido. Tais procedimentos são utilizados para maximizar a troca de calor convectiva (INCROPERA e DE WITT, 2003). Com isso, o objeto deste trabalho consiste em avaliar como tais parâmetros influencia a transferência de calor de um cilindro exposto a um escoamento cruzado.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Sabendo que estas técnicas visam incrementar a troca de calor, diversos trabalhos foram realizados para investigar tais efeitos.

Naia (2007), estudou os efeitos de aletas planas retangulares na transferência de calor por convecção natural. Foi desenvolvido um aparato experimental na qual aquecia as aletas por resistência elétrica. Os testes foram realizados com e sem a aplicação de aletas e verificou-se que houve um aumento da troca térmica devido a um maior contato com o fluido.

Pierini et. al (2014), testou os efeitos da convecção forçada e uso de aletas sobre um redutor de velocidade. Ambos os parâmetros apresentaram bons resultados na transferência de calor.

Silva (2015), verificou os efeitos dos parâmetros construtivos de aletas na transferência de calor. Ele testou 12 dissipadores de calor variando a comprimento, espessura, altura e número de aletas. De tais parâmetros, aqueles que apresentaram um maior aumento foram a altura e espessura de aletas.

Percebe-se que esses parâmetros contribuem para minimizar o aquecimento de equipamentos, o que justifica a pesquisa realizada.

### 3 – METODOLOGIA DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira avaliando a convecção forçada e a segunda o uso de aletas. Em ambas as etapas foi avaliada condições de trabalho de forma unitária conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Condições de trabalho

	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Temperatura ambiente	20 ° C	30 ° C
Temperatura do cilindro	50 ° C	100 ° C

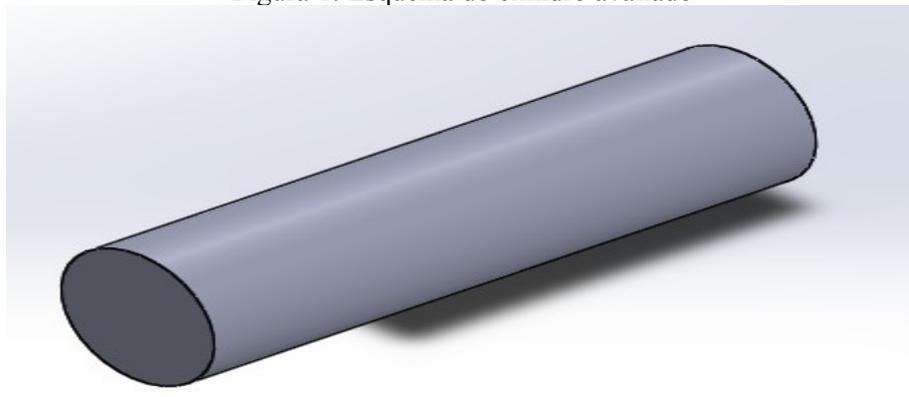
#### 3.1 CONVECÇÃO FORÇADA

Esta etapa avaliou-se os efeitos da velocidade do escoamento sobre um cilindro de comprimento e diâmetro conhecidos especifica pela tabela 2 e figura 1. O intervalo de velocidade foi considerado entre 10 e 15 m/s, variando de forma unitária.

**Tabela 2.** Dimensões do cilindro.

Comprimento-L	Diâmetro-D
100 mm	20 mm

Figura 1: Esquema do cilindro avaliado



Para verificar a influência da velocidade foi necessário calcular o coeficiente de convecção “ $h$ ”, utilizando a equação 1.

$$h = \frac{kNuD}{D} \quad (1)$$

$h$ = Coeficiente convectivo.

$k$ = Condutividade térmica do fluido.

$Nu$ = Número de Nusselt.

$D$ = Diâmetro do cilindro.

Os números de Nusselt foram calculados pelas correlações Churchill, Hilpert e Zukauskas, mostradas, respectivamente, pelas equações 2, 3 e 4, pois este representa uma grandeza para calcular o “ $h$ ” (SILVA, 2015).

$$NuD = 0,3 + \frac{0,62ReD^{1/2}Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{ReD}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5} \quad (2)$$

$$NuD = CReD^m Pr^{1/3} \quad (3)$$

$$NuD = CReD^m Pr^n \left(\frac{Pr}{Prs}\right)^{1/4} \quad (4)$$

Red= Número de Reynolds

C, m e n= Parâmetros característicos do número de Reynolds.

Pr e Prs= Características dos fluidos dependentes da temperatura.

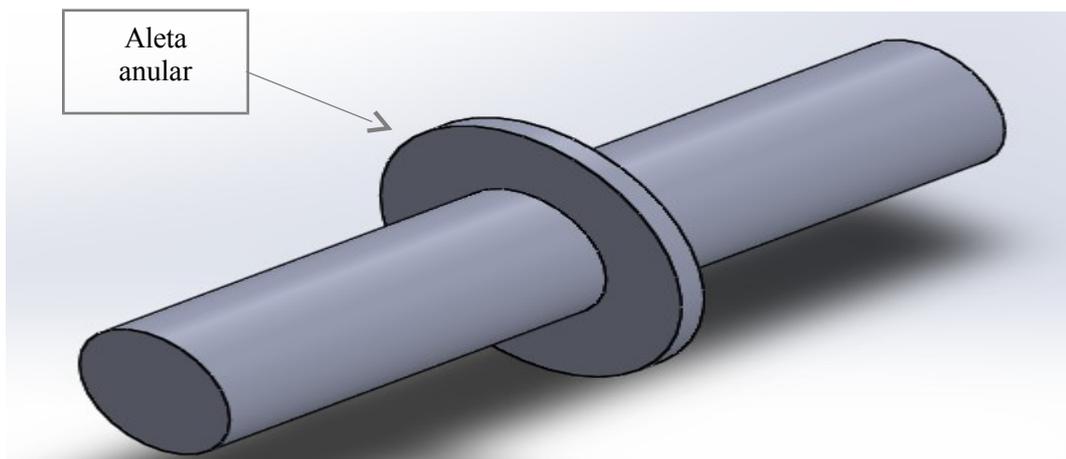
### 3.2 ALETAS

Nesta etapa foi calculada a troca de calor com base nos coeficientes convectivos encontrados na etapa 1. A aleta estudada foi a aleta anular com características mostradas na tabela 3 e conforme a figura 2.

**Tabela 2.** Dimensões da aleta.

Material	Altura	Espessura
Alumínio	20 mm	6 mm

Figura 2. Esquema de aleta anular



Foi estudado a troca de calor para o cilindro sem aletas e com 2 e 4 aletas. As equações 5 e 6 foram utilizadas para quantificar a troca de calor para o cilindro com e sem aletas, respectivamente.

$$q = h2\pi RH(Ts - T\infty) \quad (5)$$

$$q = hAt \left[ 1 - \frac{NAa}{At} (1 - na) \right] (Ts - T\infty) \quad (6)$$

$q$ = Quantidade de calor trocada.

$At$ = Área total do sistema.

$N$ = Número de aletas

$Aa$ = Área da aleta.

$na$ = Eficiência da aleta.

$Ts$ = Temperatura do cilindro.

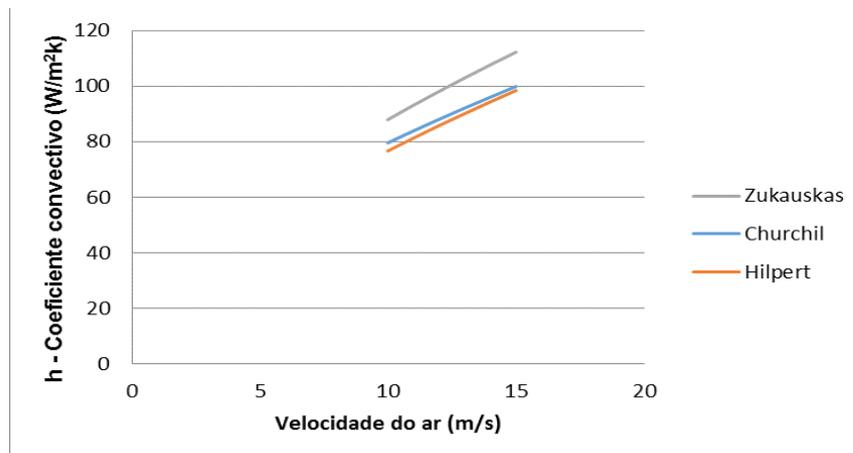
$T\infty$ = Temperatura ambiente.

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CONVECÇÃO FORÇADA

Independente da correlação utilizada, houve um aumento do coeficiente convectivo.

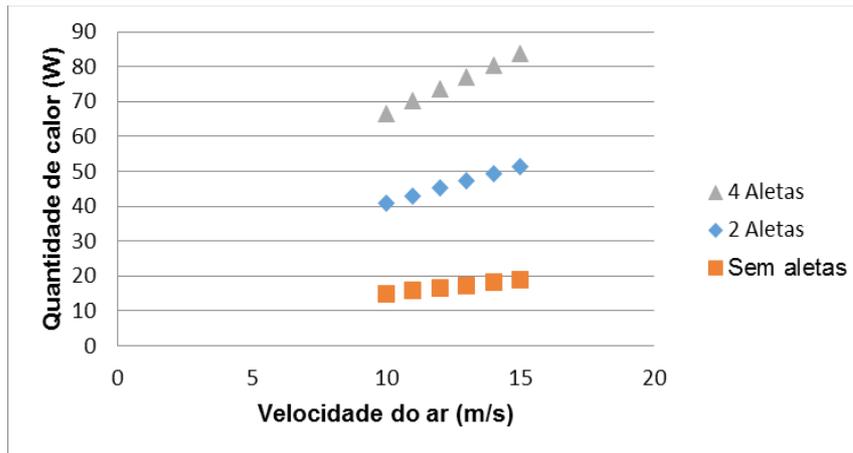
**Gráfico 1.** Coeficiente de transferência de calor convectivo por velocidade do ar.



Isso foi possível devido a um maior número de Reynolds encontrado por acréscimo de velocidade, o que contribuiu para um maior contato entre o fluido e o cilindro.

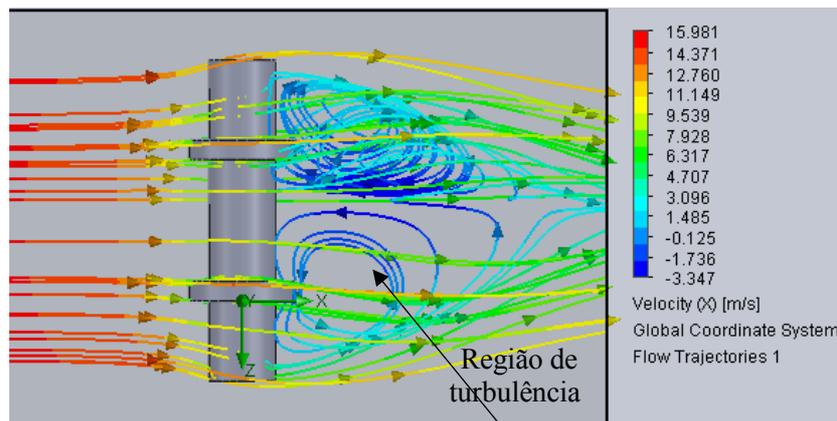
### 4.2 ALETAS

**Gráfico 2.** Quantidade de calor por número de aletas.

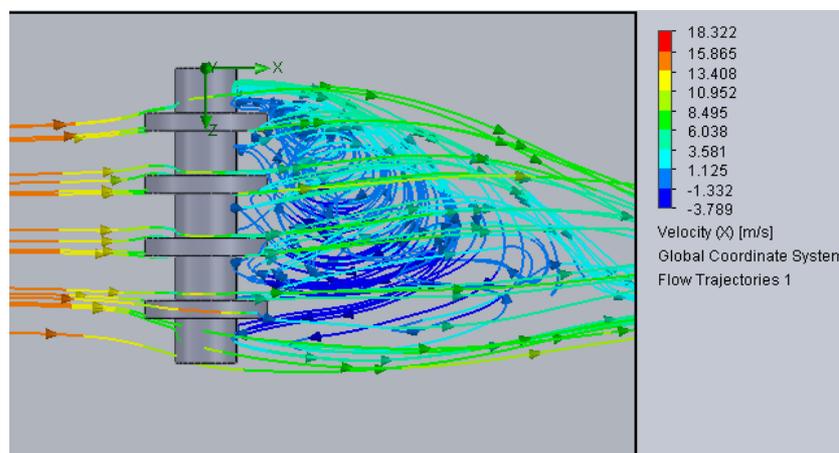


Percebe-se um aumento na troca de calor com o incremento de aletas. Este aumento torna-se possível, pois a presença de aletas aumenta a área de contato entre o cilindro e o fluido. Isso influi para uma região maior de turbulência.

**Figura 3:** Escoamento cruzado sobre 2 aletas.



**Figura 4:** Escoamento cruzado sobre 4 aletas.



Percebe-se que para 4 aletas, a região de turbulência é maior, este fato acontece devido a um maior contato entre as moléculas do ar e o cilindro impedindo que ocorra temperaturas excessivas aumentando a transferência de calor.

## 5 – CONCLUSÃO

Os resultados na simulação estão de acordo com o esperado. Ambos os parâmetros, convecção forçada e aletas, aumentam a troca de calor convectiva do sistema. Observou-se, embora os métodos fossem diferentes para o cálculo de  $h$ , os resultados apresentaram o mesmo comportamento. A vantagem de se usar a convecção forçada está no fato de que o ar soprado evita que ocorra convergência de temperatura do sistema para grandes valores. Para a aplicação de aletas, observou-se que a transferência de calor aumenta significativamente com o incremento de superfícies estendidas.

## 6 – REFERÊNCIAS

1. Vianna, Y.T.; Duarte, D. F.; Nogueira, É. **Alumínio e ferro fundido na produção de carcaças de motores elétricos aletados: eficiência, custos, aspectos operacionais e ambientais**. Revista Cadernos UniFOA, Volta Redonda, v.1, n.1, jun. 2014. Disponível em: <<http://web.unifoa.edu.br/cadernos/ojs/index.php/cadernos/search/results>> Acesso em: 20 mar. 2016.
2. Pontes, R. O. **Modelo matemático para explosões em transformadores**. 2001. Recife. Dissertação (Mestrado). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.
3. INCROPERA, F.P., DE WITT, D.P. 2003. “**Transferência de Calor e Massa**”, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, S.A., Rio de Janeiro.
4. Naia, F. R. **Análise da transferência de calor por convecção natural em aletas planas retangulares**. 14<sup>a</sup> CREEM- Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica. Uberlândia, 2007.
5. Pierini, V. L.; et. al. **Análise da transferência de calor de um redutor de velocidade**. Revista Semina, Londrina, v. 35, n. 1, p. 87-102, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/search/search>>. Acesso em: 10 abr. 2016.
6. Silva, V. A. **Análise Experimental da Influência dos Parâmetros Geométricos de Dissipadores na Convecção Natural**. 2015. Itajubá, 100p. Dissertação (Mestrado em Conversão de Energia) – Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá.
7. Silva, M. J. **Análise híbrida numérico-experimental da troca de calor por convecção forçada em aletas planas**. 2015. Joinville, 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina.