



# Transmissão de Calor II

(FEN03-05217)

Prof. Gustavo Rabello

Departamento de Engenharia Mecânica

[gustavo.anjos@uerj.br](mailto:gustavo.anjos@uerj.br)

2o. período, 2017

1o. período, 2018

Transferência de Calor I



pré-requisito



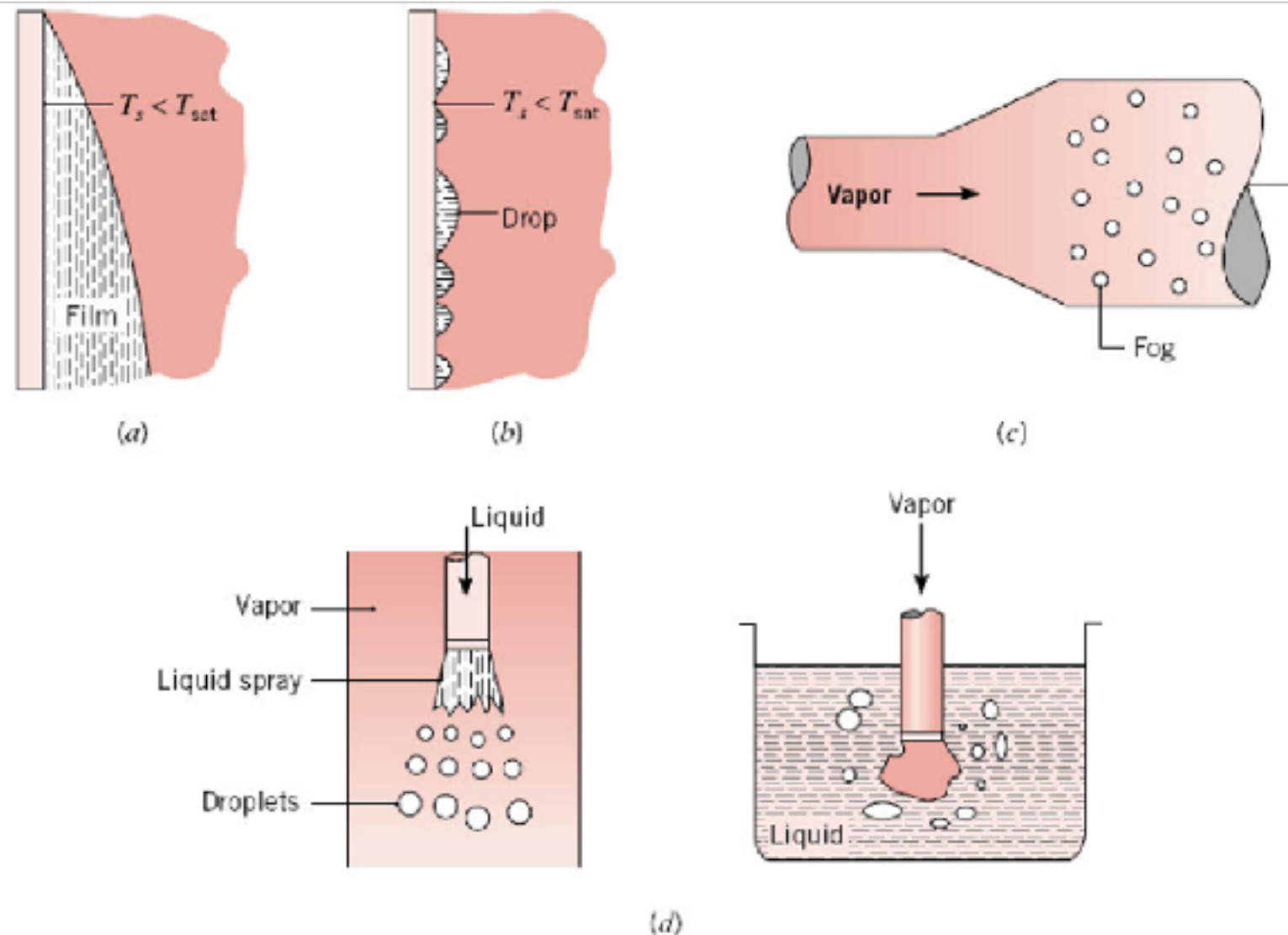
Transferência de Calor II

**Objetivo:** Ao final do período o aluno deverá ser capaz de realizar projetos de equipamentos de troca de calor.

**Ementa:** Aplicação simultânea de condução e convecção. Permutados de calor em geral. Recuperadores de calor onde não ocorre mudança de fase. Transmissão de calor em superfícies estendidas. Radiação.

# Mudança de fase: Condensação

**Condensação:** é a passagem do estado de vapor para o estado líquido de uma substância. Em processos industriais, esta passagem é feita através de uma superfície sólida com temperatura inferior a temperatura de saturação do vapor naquela pressão.



(a) Condensação em filme (b) Condensação em gotas (c) Condensação homogênea  
(d) Condensação por contato direto.

# Mudança de fase: Vaporização

**Vaporização:** é a passagem do estado líquido para o estado de vapor. Mas, existem três formas em que essa mudança de estado pode ocorrer, pois sua velocidade pode variar, dependendo da quantidade de energia fornecida. Essas três formas são a evaporação, a ebulição e a calefação.



# Trocador (ou permutador) de calor

“

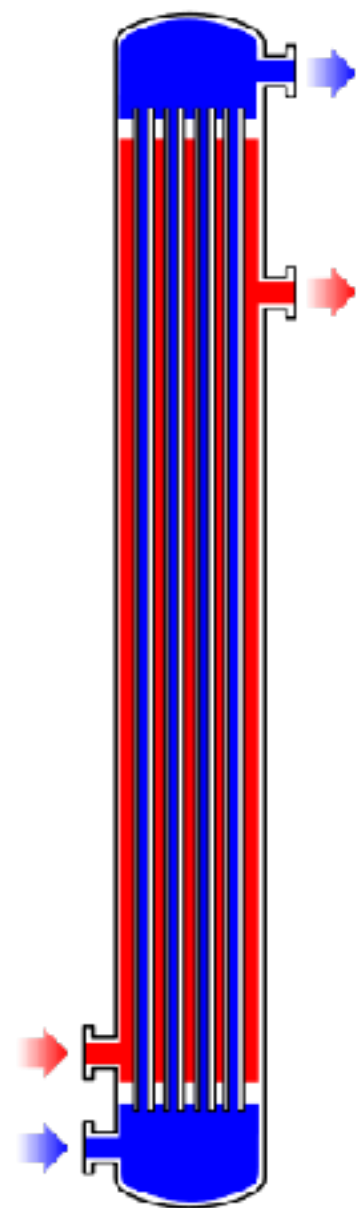
É um dispositivo para transferência de calor eficiente de um meio para outro. Tem a finalidade de transferir calor de um fluido para o outro, encontrando-se estes a temperaturas diferentes. Os meios podem ser separados por uma parede sólida, tanto que eles nunca misturam-se, ou podem estar em contato direto. Um permutador de calor é normalmente inserido num processo com a finalidade de arrefecer (resfriar) ou aquecer um determinado fluido.

”

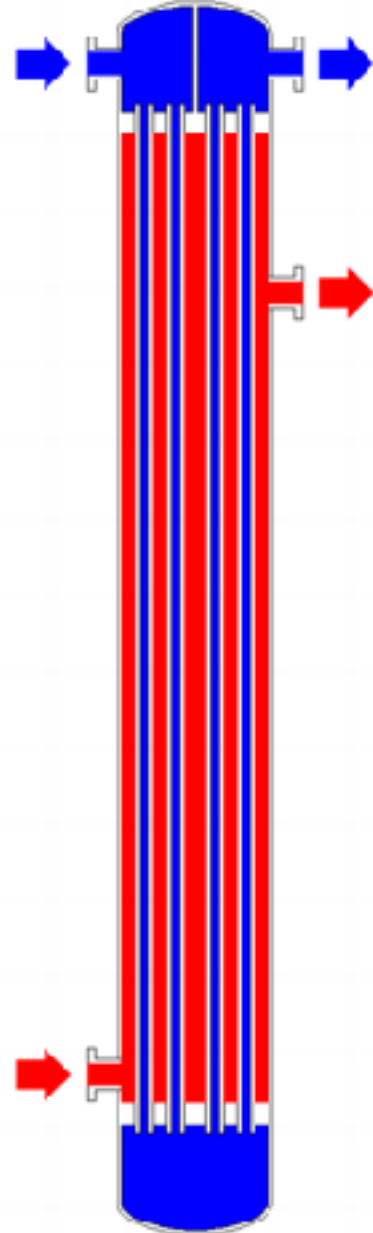
[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

**Exemplos:** aquecedores, refrigeração, condicionamento de ar, usinas de geração de energia, plantas químicas, plantas petroquímicas, refinaria de petróleo e processamento de gás natural.

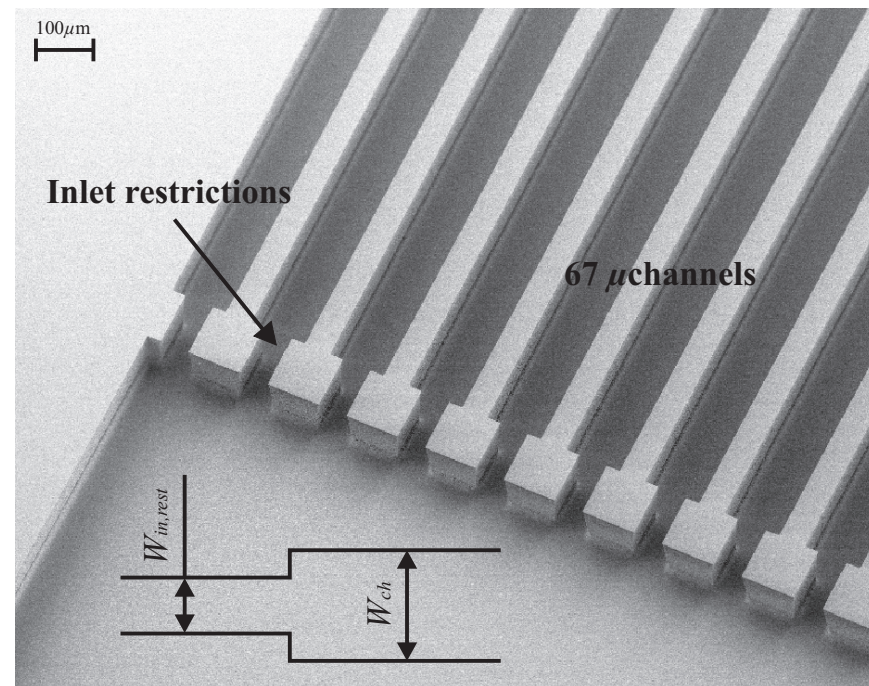
# Trocador (ou permutador) de calor - exemplos



fluxo  
paralelo

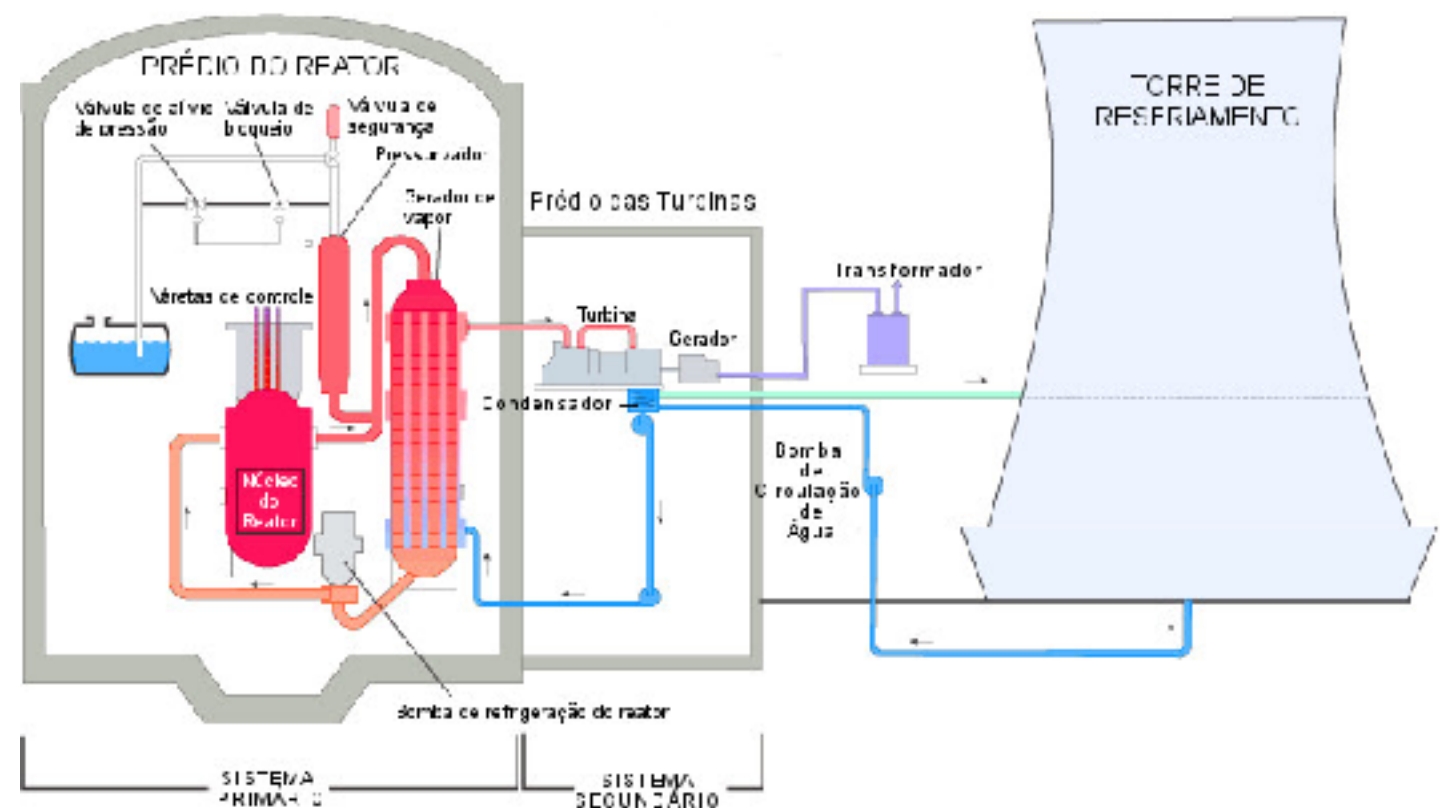


fluxo  
contracorrente

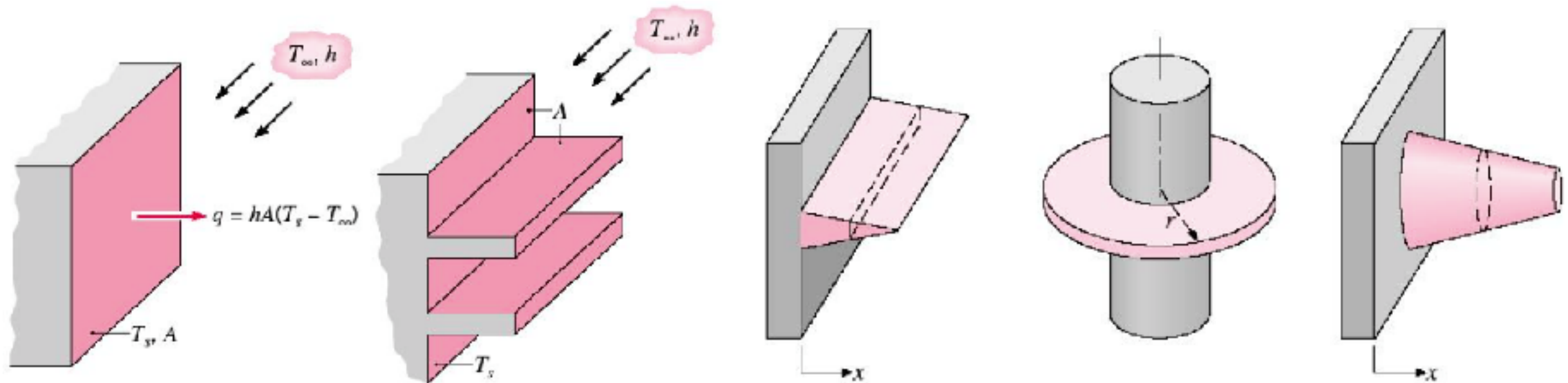


trocador de  
calor de  
microcanal  
para CPU

usina nuclear



# Aletas (superfícies estendidas) - exemplos



superfície  
sem aleta

**superfície  
com aleta  
retangular**

**superfície  
com aleta  
triangular**

**superfície  
com aleta  
circular**

**superfície  
com aleta  
cônica**



Conteúdo (disponível na página do GESAR):

1. Revisão de Transferência de Calor 1;
1. Mudança de fase: condensação e vaporização;
2. Problemas com condução e convecção;
3. Superfícies estendidas;
4. Trocador (ou permutador) de calor;
5. Análise numérica de trocador de calor.



# Normas do curso de **Transmissão de Calor II**

(FEN03-05217)

## Avaliações:

1. 1 provas, 1 trabalho numérico, Reposição; Prova Final.

2. Aprovação:

$$(P1 + T2)/2 \geq 7.0 \text{ ou}$$

$$[(P1 + T2)/2 + \text{Prova Final}]/2 \geq 5.0$$

3. Condição para exame final:

$$(P1 + T2)/2 \geq 4.0$$

4. Reprovação:

$$(P1 + T2)/2 < 4.0$$

4. Reposição substitui uma das provas (P1 ou P2).

5. **Frequência**  $\geq 75\%$

# Projeto de **Transmissão de Calor II**

## (FEN03-05217)

### Discretização de um trocador de calor

Este projeto numérico deve ser desenvolvido e apresentado pelo aluno no final do curso de Transmissão de Calor 2. Para implementação do código numérico o aluno deverá usar a linguagem de programação Python. Ao final do curso, o aluno será avaliado através dos seguintes itens:

1. código numérico;
2. elaboração de relatório em LaTeX;
3. apresentação de trabalho em PowerPoint/Google Presentation/LaTeX-Beamer.

# Referências bibliográficas de **Transmissão de Calor II** (FEN03-05217)

## 1. Transferência de Calor e Massa

a) Yunus A. Çengel & Afshin J. Ghajar,  
**Transferência de Calor e Massa**, Editora Mcgraw Hill.

b) José Pontes & Norberto Mangiavacchi,  
**Fenômenos de Transferência - Com Aplicações às Ciências Físicas e à Engenharia. Volume 1: Fundamentos**, Submetido: Soc. Bras. Matemática, 2012;

- <http://www.gesar.uerj.br/media/pdf/misc/volume1.pdf>

c) Frank P. Incropera & David P. DeWitt & Theodore L. Bergman & Adrienne Lavine, **Fundamentos da Transmissão de Calor e Massa**, Editora LTC;



# Referências bibliográficas de **Transmissão de Calor II** (FEN03-05217)

## 2. Diversos

- a) M. Necati Özisik & M. Necati Ozsk, **Heat Transfer: a basic approach**, Editora Mcgraw Hill College.
- b) Robert Byron Bird, **Fenômenos de Transporte**, Editor LTC.
- c) Robert W. Fox & Alan T. McDonald & Philip J., **Introdução à Mecânica dos Fluidos**, LTC;
- d) Panton, R.L. **Incompressible Fluid Flow**, Wiley;



Próxima aula:

- Revisão de transferência de calor

## fluxo de calor

$$\mathbf{q}_{\text{cond}} = -k \nabla T \longrightarrow \text{lei de Fourier}$$

$$\mathbf{q}_{\text{conv}} = h \Delta T \longrightarrow \text{lei do resfriamento de Newton}$$

$$\mathbf{q}_{\text{rad}} = \epsilon \sigma T_{\text{sup}}^4 - \alpha \sigma T_{\text{viz}}^4 \longrightarrow \text{fluxo radiante líquido}$$

## distribuição de temperatura

$$\begin{array}{ccccccc} \text{taxa de} & & \text{trabalho das} & & \text{trabalho das} & & \text{fluxo} \\ \text{variação} & = & \text{forças de} & + & \text{forças} & + & \text{líquido de} \\ \text{de } T & & \text{pressão} & & \text{cisalhantes} & & \text{calor} \\ & & \text{(normais)} & & \text{(aquecimento} & & \text{geração} \\ & & & & \text{viscoso)} & & \text{de calor} \end{array}$$