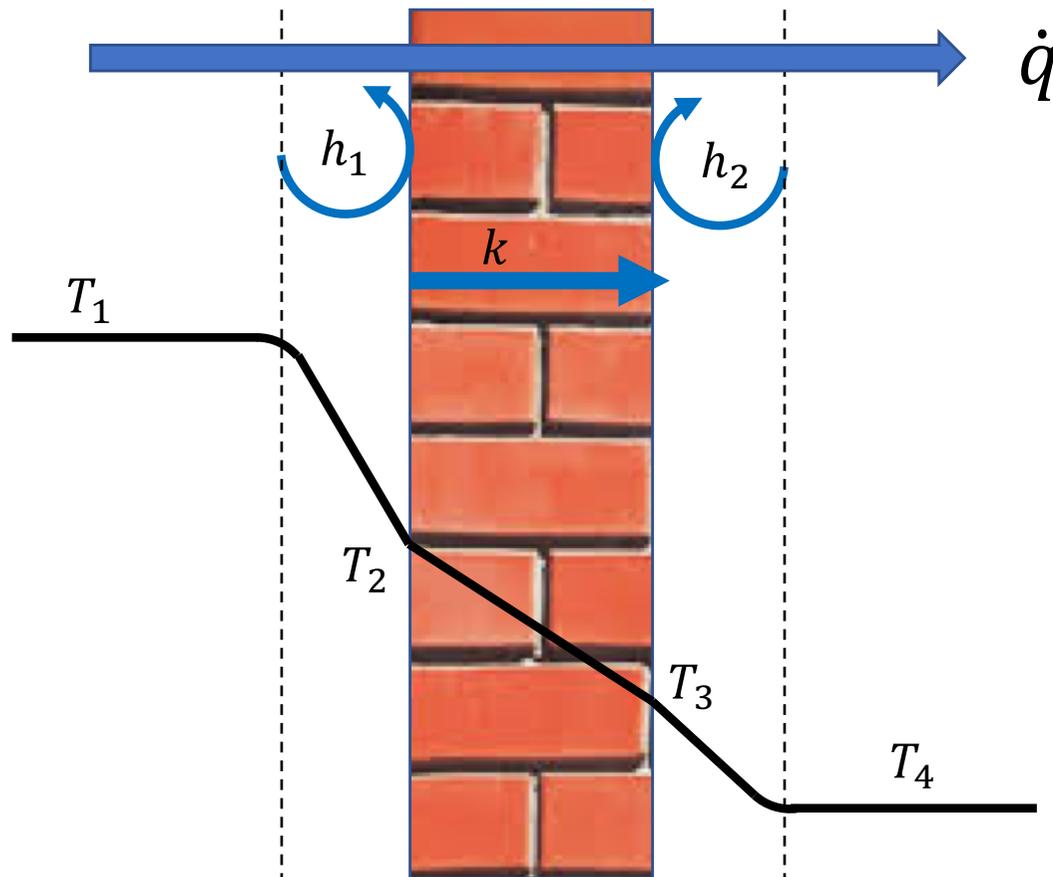


Convecção e condução combinadas

Prof. Simões

Condução e convecção - objetivo

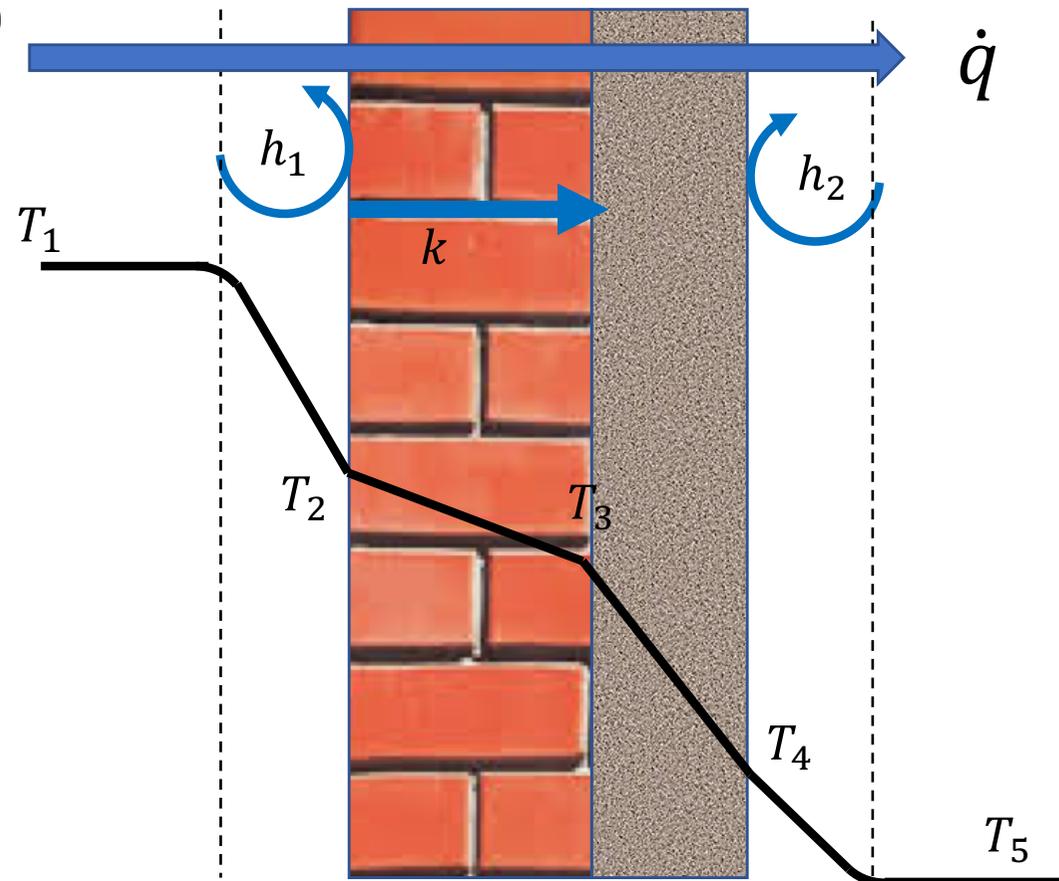
- É comum que esses dois mecanismos atuem em conjunto
- Por exemplo, na parede de um forno:



O objetivo é associar os cálculos dos dois mecanismos e determinar o fluxo de calor considerando ambos.

Problema típico

A parede de um forno é fabricada por uma camada de 20 cm de tijolo refratário ($k=1,278$ W/mK) e uma camada de 15 cm de tijolo isolante ($k=0,274$ W/mK). Dentro do forno o ar está a 300°C e fora do forno a temperatura ambiente é de 25°C . Suponha que o coeficiente de película interno seja $h=67$ W/m²K e o externo seja $h=14$ W/m²K. Determine o fluxo de calor por unidade de área e a temperatura nas superfícies das paredes.



Cálculo do fluxo de calor

- Para a transmissão por condução, já vimos que:

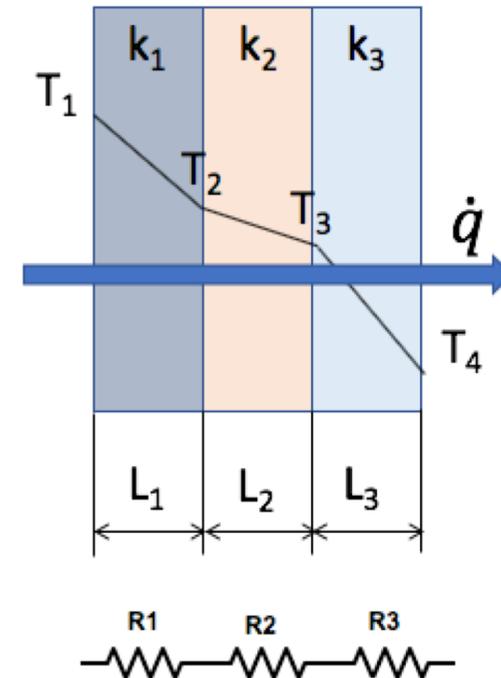
$$R = \frac{L}{k \cdot A}$$

- E que:

$$\dot{q} = \frac{T_1 - T_4}{R_t}$$

Onde:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$



Cálculo do fluxo de calor

- No caso da convecção, a analogia será:

$$\dot{q} = h \cdot A \cdot \Delta T \qquad I = \frac{1}{R} \cdot V$$

- Assim:

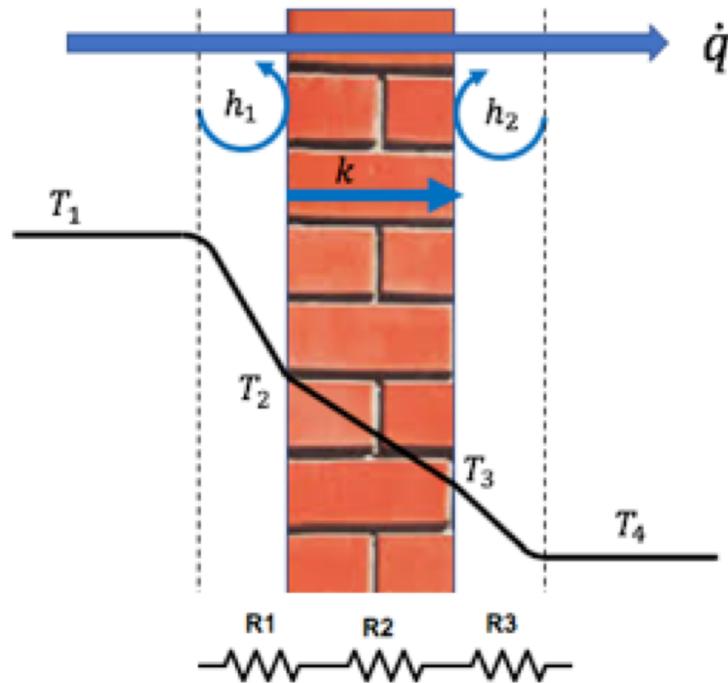
$$\frac{1}{R} = h \cdot A \Rightarrow R = \frac{1}{h \cdot A} \left[\frac{K}{W}; \frac{^{\circ}F \cdot hr}{BTU}; \frac{^{\circ}C \cdot h}{kcal} \right]$$

- E:

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{R}$$

Cálculo do fluxo de calor

- Por exemplo, o caso abaixo ficaria:



$$R_1 = \frac{1}{h_1 \cdot A}$$

$$R_2 = \frac{L}{k \cdot A}$$

$$R_3 = \frac{1}{h_3 \cdot A}$$

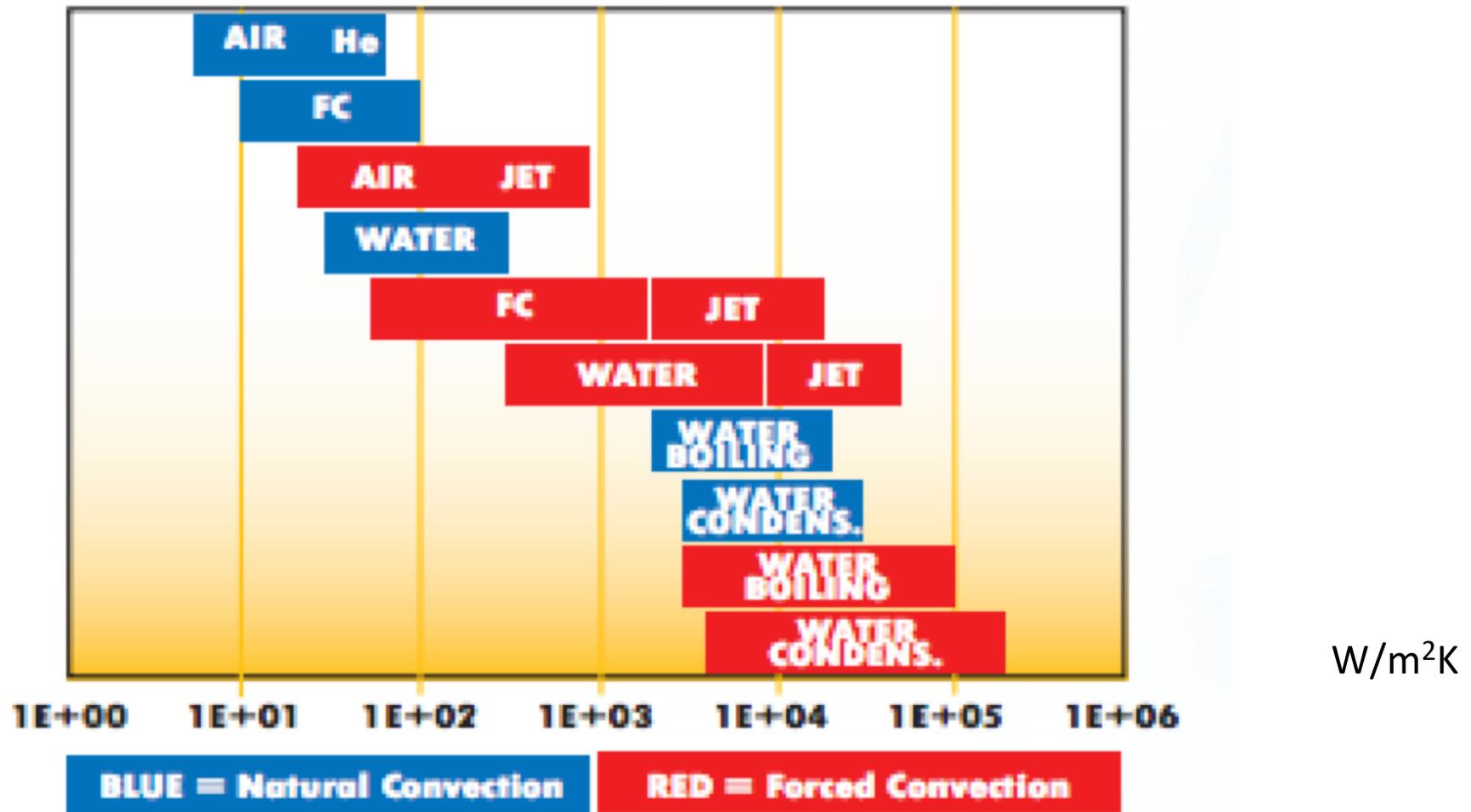
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

O valor $h_t = \frac{1}{R_t}$ é chamado de coeficiente global de transmissão de calor.

$$\dot{q} = \frac{T_1 - T_4}{R_t} \Rightarrow \dot{q} = \frac{\Delta T}{R_t}$$

Valores aproximados de h

- Como referência, seguem a ordem de grandeza de alguns valores de h :



Valor do coeficiente de película

- Para simplificar os cálculos, existem tabelas que fornecem valores dos coeficientes de película que podem ser considerados.
- Por exemplo:

Flow type	$\alpha(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$
Forced convection; low speed flow of air over a surface	10
Forced convection; moderate speed flow of air over a surface	100
Forced convection; moderate speed cross- flow of air over a cylinder	200
Forced convection; moderate flow of water in a pipe	3000
Forced convection; boiling water in a pipe	50,000
Free convection; vertical plate in air with 30°C temperature difference	5

<http://thermopedia.com/content/660/>

Valor do coeficiente de película

Flow type	(W/m ² K)
Forced convection; low speed flow of air over a surface	10
Forced convection; moderate speed flow of air over a surface	100
Forced convection; moderate speed cross- flow of air over a cylinder	200
Forced convection; moderate flow of water in a pipe	3000
Forced Convection; molten metals	2000 to 45000
Forced convection; boiling water in a pipe	50,000
Forced Convection - water and liquids	50 to 10000
Free Convection - gases and dry vapors	5 to 37
Free Convection - water and liquids	50 to 3000
Air	10 to 100
Free convection; vertical plate in air with 30°C temperature difference	5
Boiling Water	3.000 to 100.000
Water flowing in tubes	500 to 1200
Condensing Water Vapor	5.0 - 100.0
Water in free convection	100 to 1200
Oil in free convection	50 to 350
Gas flow on tubes and between tubes	10 to 350

Outro exemplo.

https://www.engineersedge.com/heat_transfer/convective_heat_transfer_coefficients_13378.htm

Links úteis

- Calculadora

https://www.engineeringtoolbox.com/overall-heat-transfer-coefficient-d_434.html

- Dados

<http://www.hcheattransfer.com/coefficients.html>

https://www.engineersedge.com/heat_transfer/convective_heat_transfer_coefficients_13378.htm

Exemplo

A parede de um forno é fabricada por uma camada de 20 cm de tijolo refratário ($k=1,278$ W/mK) e uma camada de 15 cm de tijolo isolante ($k=0,274$ W/mK). Dentro do forno o ar está a 300°C e fora do forno a temperatura ambiente é de 25°C . Suponha que o coeficiente de película interno seja $h=67$ W/m²K e o externo seja $h=14$ W/m²K. Determine o fluxo de calor por unidade de área e a temperatura nas superfícies das paredes.