

Straight-tube heat exchanger (one pass tube-side)



Operações Unitárias

Trocadores de Calor
Método MLDT

Prof. Simões

Objetivos

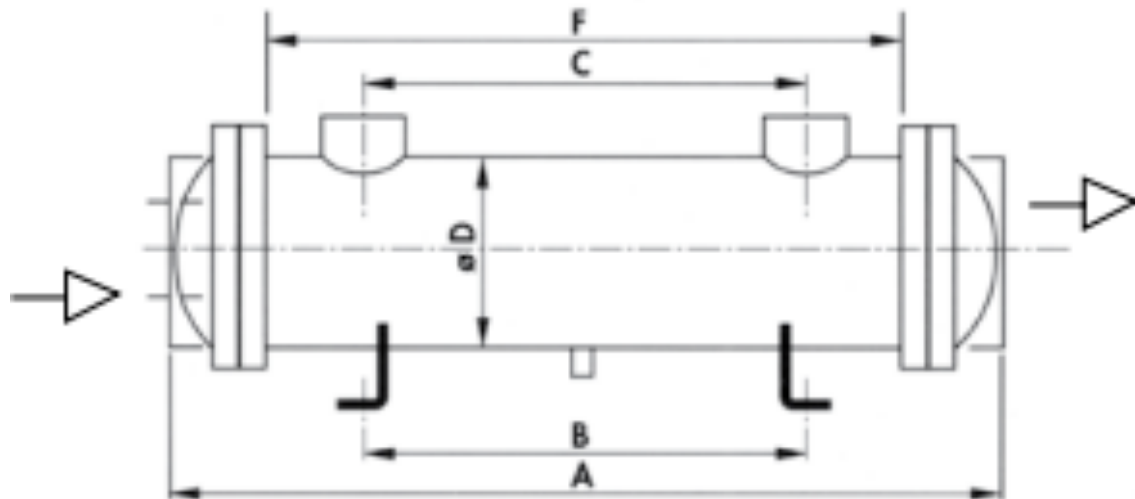
- Identificar como se classificam os trocadores
- Rever as equações térmicas da termodinâmica e sua aplicação ao dimensionamento dos trocadores de calor
- Entender o que é o coeficiente global de transmissão de calor
- Entender o que é Média Logarítmica das Diferenças de Temperatura
- Dimensionar a área de um trocador de calor pela metodologia MLDT

Problema típico

Uma coluna de fracionamento produz benzeno no estado de vapor saturado a 80°C. É necessário condensar e sub-resfriar cerca de 3630 kg/h de benzeno até uma temperatura de 46°C, usando água a 13°C como refrigerante, a uma vazão mássica de 1,8x10⁴ kg/h. Dimensione e compare a área necessária no trocador de calor tipo casca e tubo de dois passes de fluxo paralelo e de fluxo inverso, considerando nos dois casos um coeficiente global de troca de calor de 1135 W/m²K e um fator de fuligem de 0,0001 m²K/W.

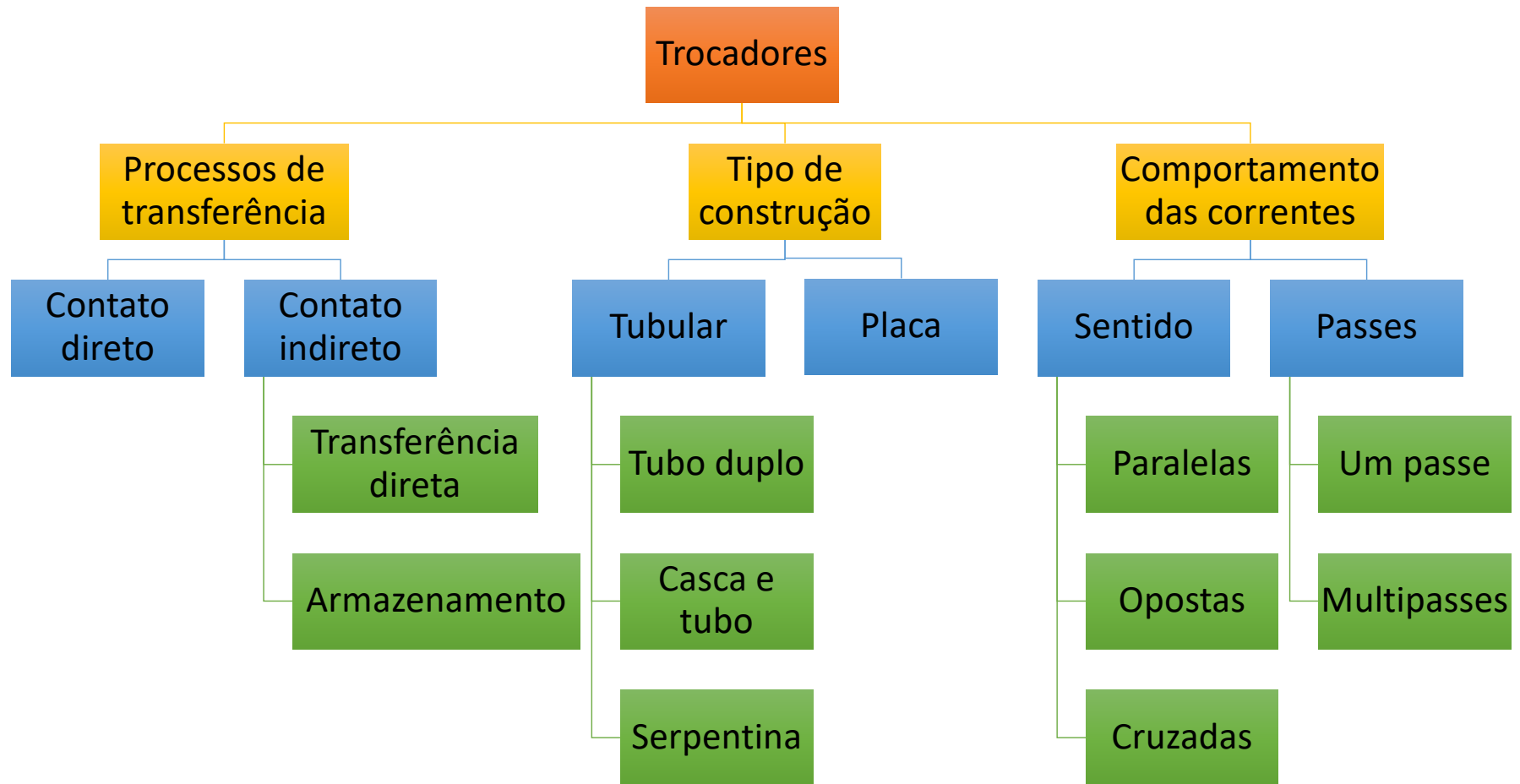
$$L_{benzeno} = 3,945 \cdot 10^5 \text{ J/kg} \quad c_{\text{água}} = 4190 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_{benzeno} = 1,758 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

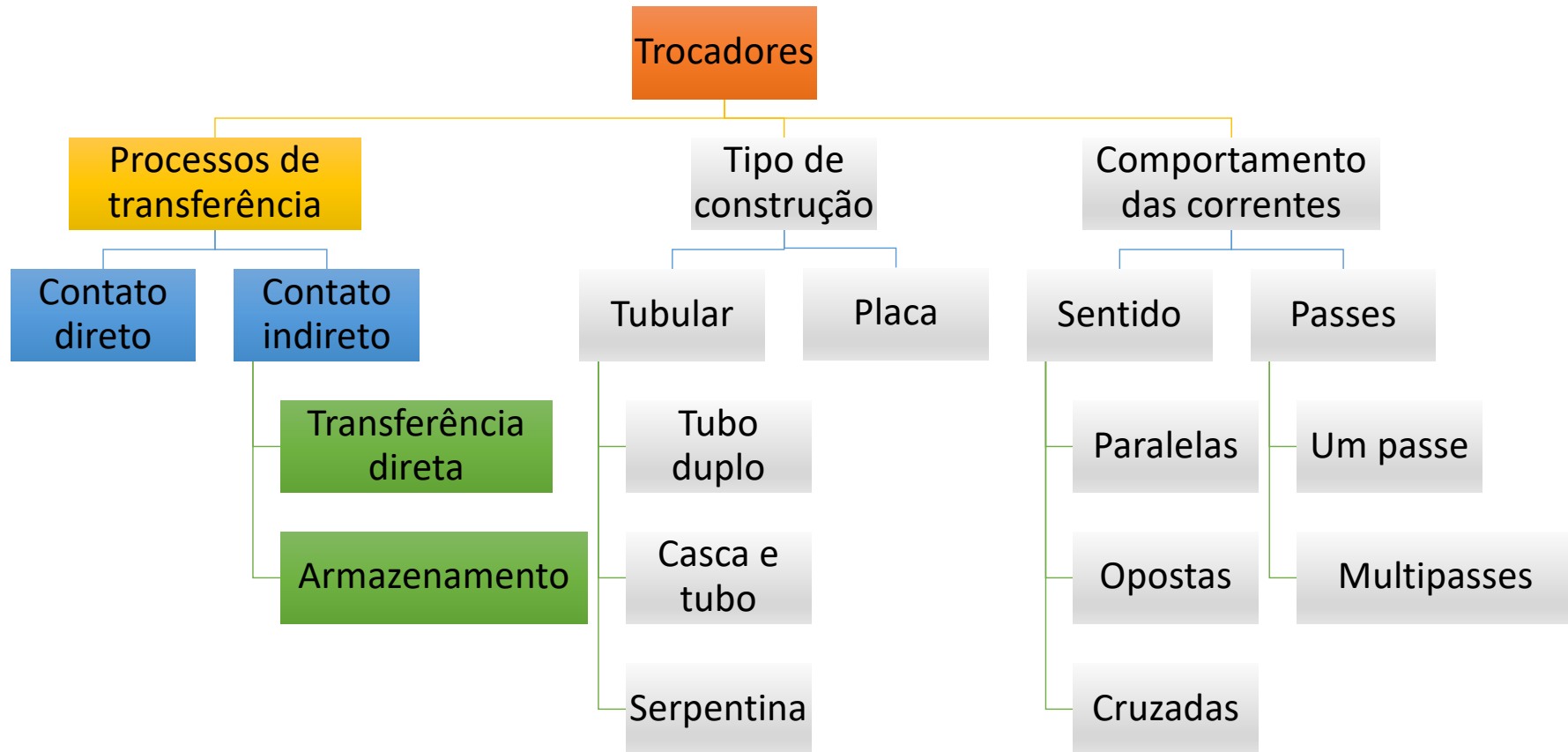


Modelo TST	Área de Troca (m ²)
150-6	4,62
175-6	5,44
200-6	6,27
75-8	3,53
100-8	4,96
125-8	6,37
150-8	7,78
175-8	9,19
200-8	10,6

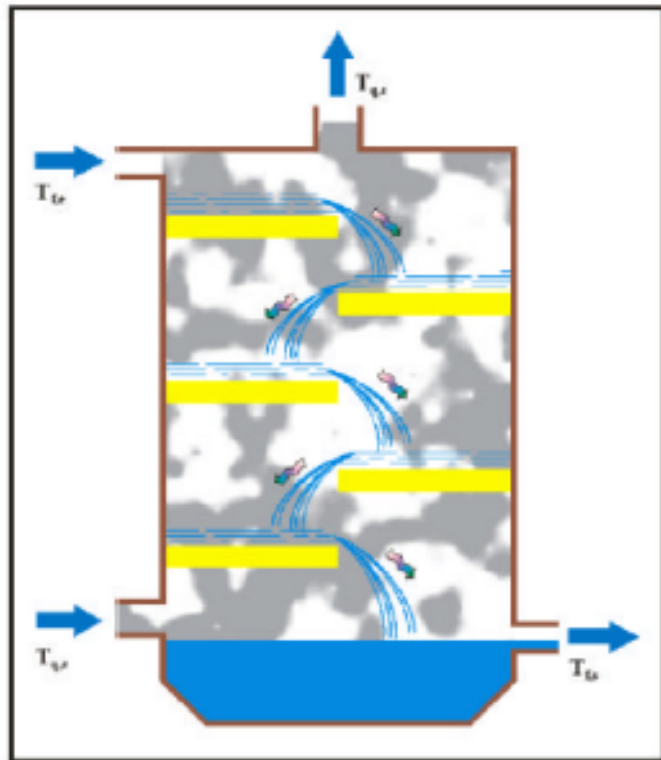
Classificação dos trocadores



Classificação por processos de transferência



Contato: direto



- Os dois fluidos ficam em contato
- Há transferência de calor e massa
- Construção relativamente barata
- Alta taxa de transferência de calor
- Temperaturas próximas ao ambiente
- Materiais não nocivos (ar, água)

Processos de
transferência

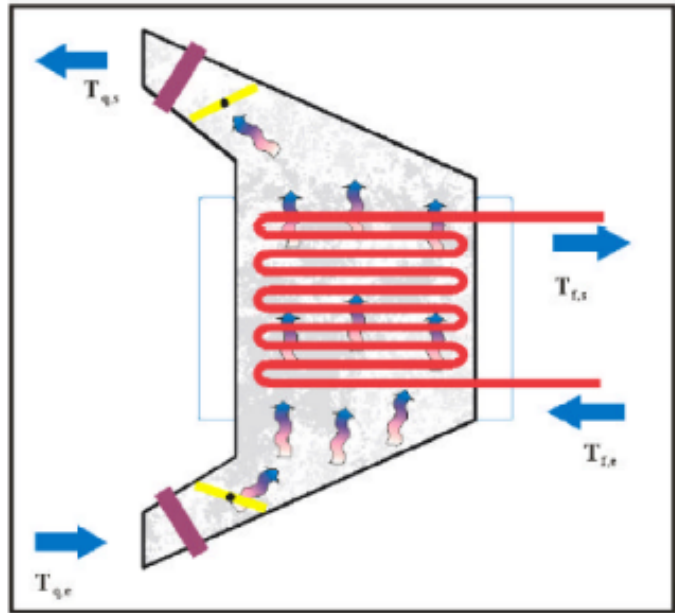
Exemplo:
torres de
resfriamento



Contato: indireto

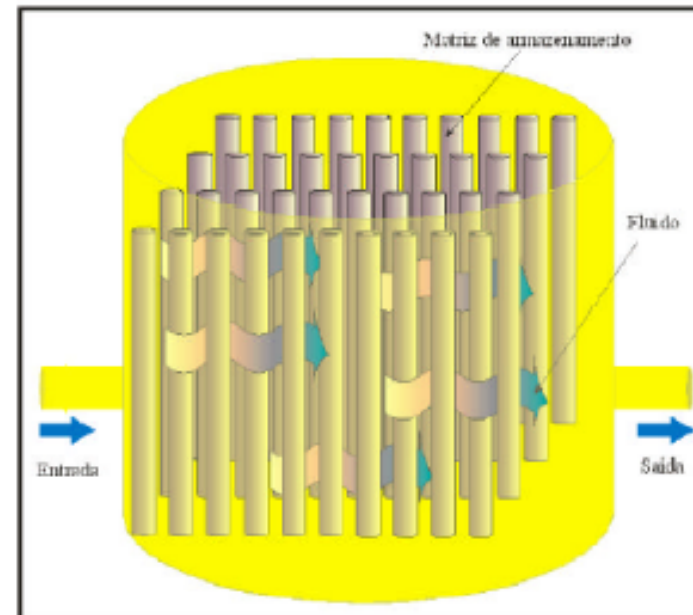
Processos de
transferência

Transferência direta



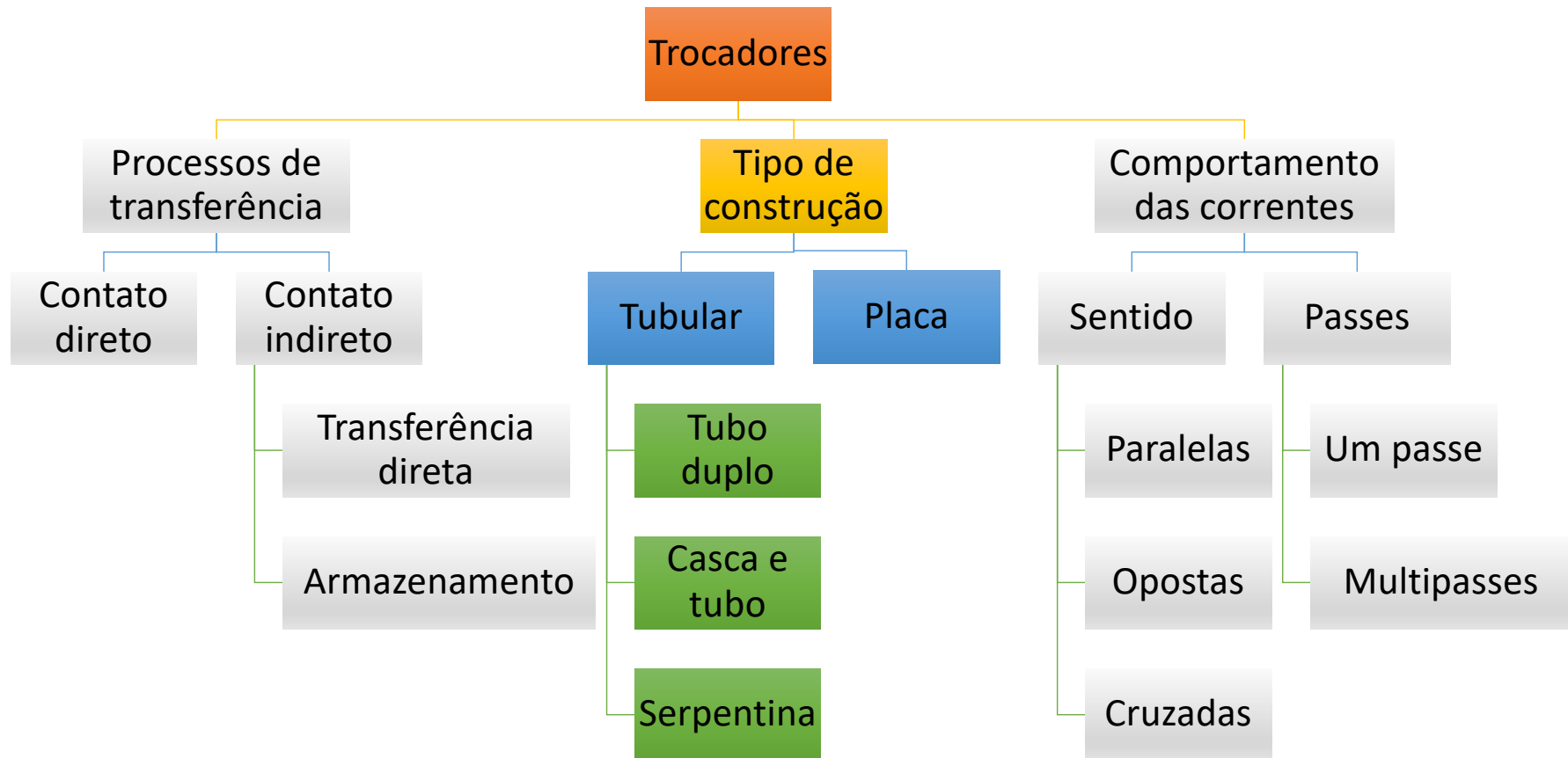
- Os dois fluidos são separados
- Há transferência apenas de calor
- Também chamados de recuperadores

Armazenamento

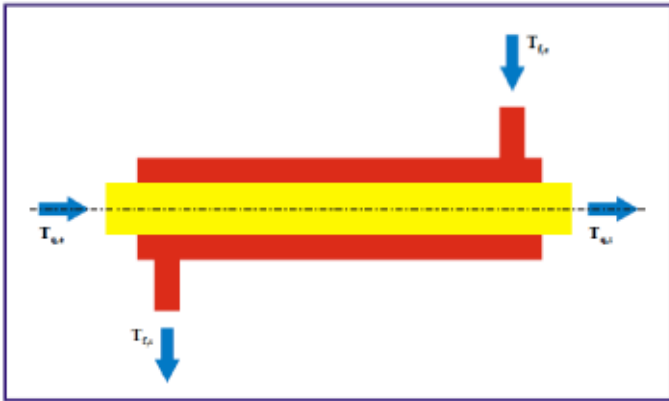


- O mesmo fluido alternativamente armazena e retira calor da matriz

Classificação por tipo de construção



Construção: tubular



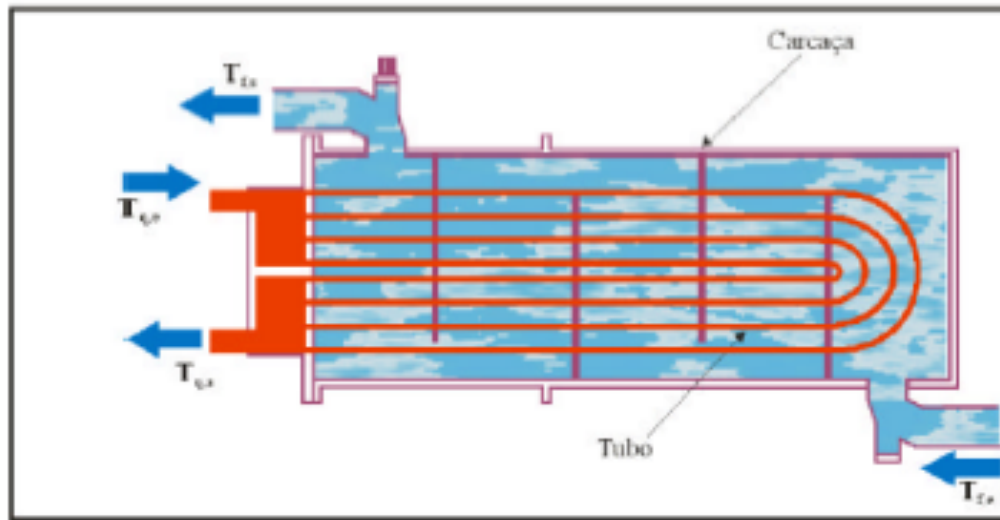
Tubo duplo

- Simples
- Pequena capacidade

Tipo de construção

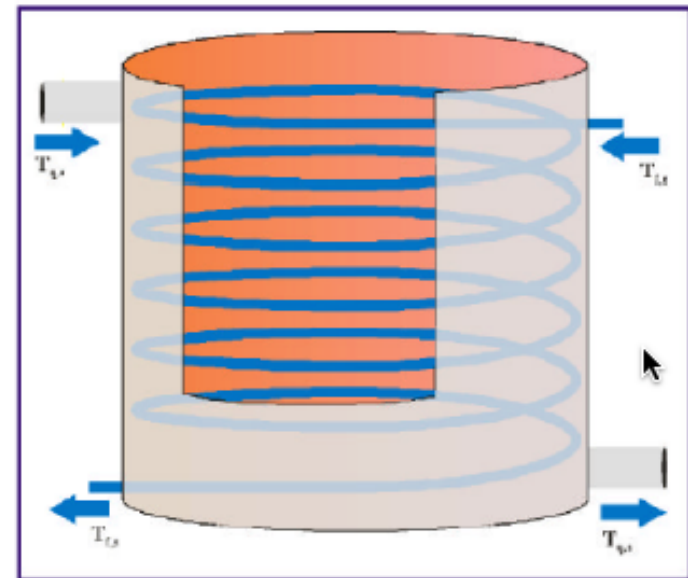
Casca e tubo (shell and tube)

- Mais usado
- Ampla gama de temperaturas
- Vários tipos de fluidos

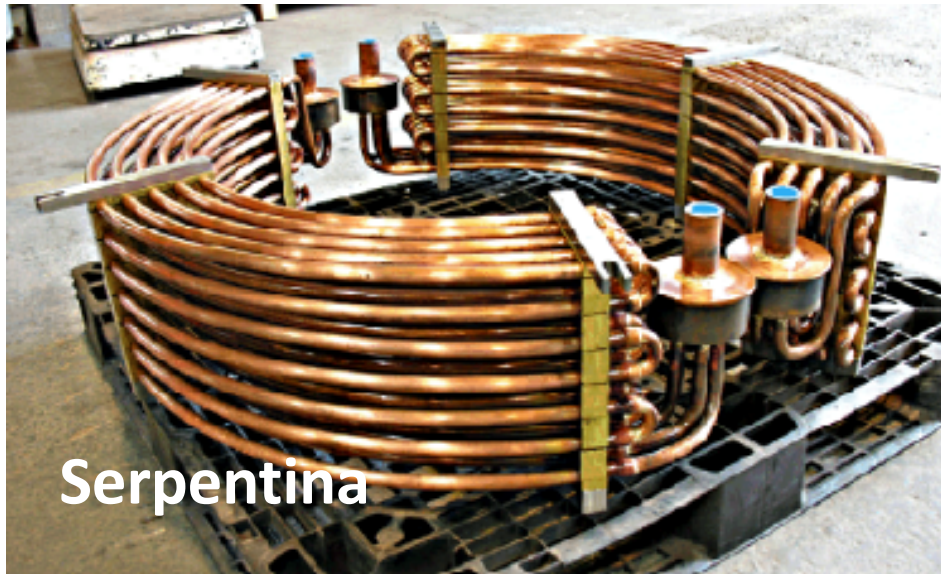


Serpentina

- Boa área de troca
- Limpeza difícil



Construção: tubular



Serpentina



Tubo aletado

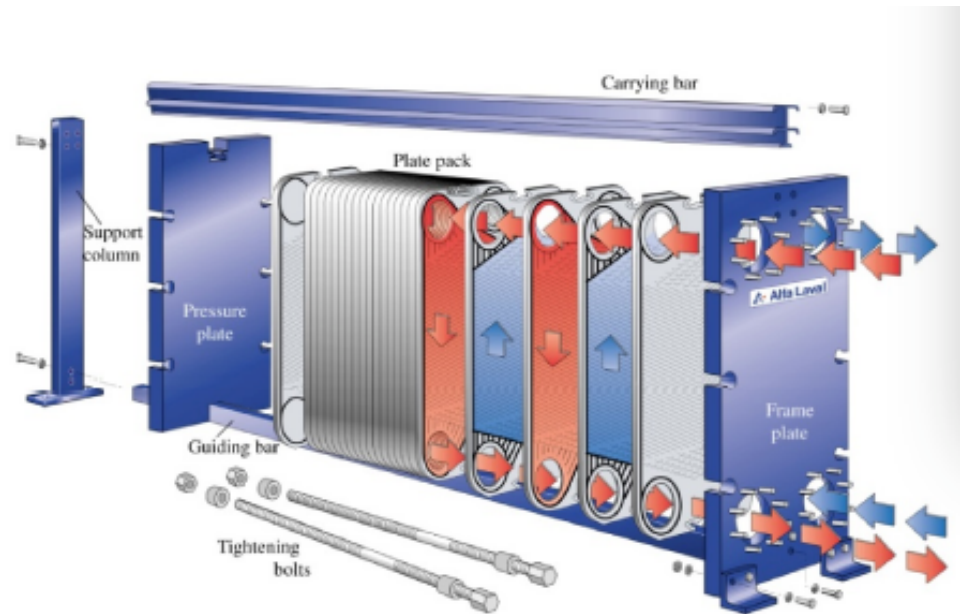


Tubo duplo



Casca e tubo

Construção: placas

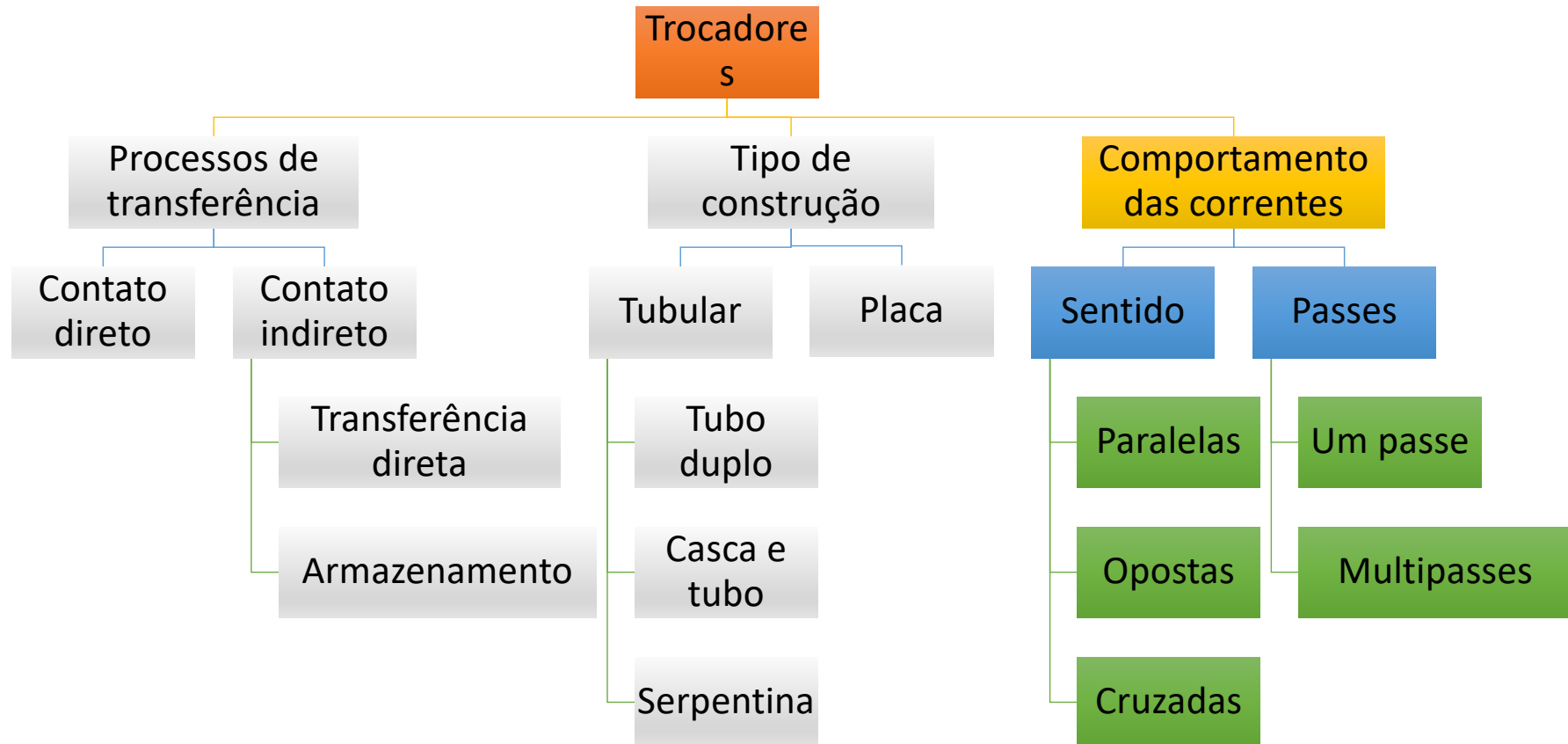


- Placas podem ser lisas ou onduladas
- Grande área de contato
- Compactos
- Aplicações de baixa pressão

Tipo de construção

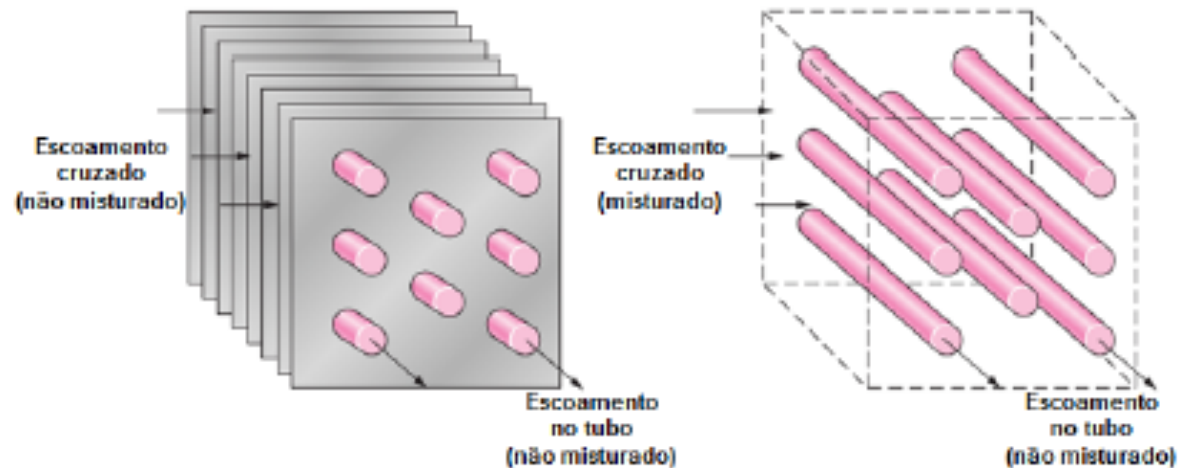
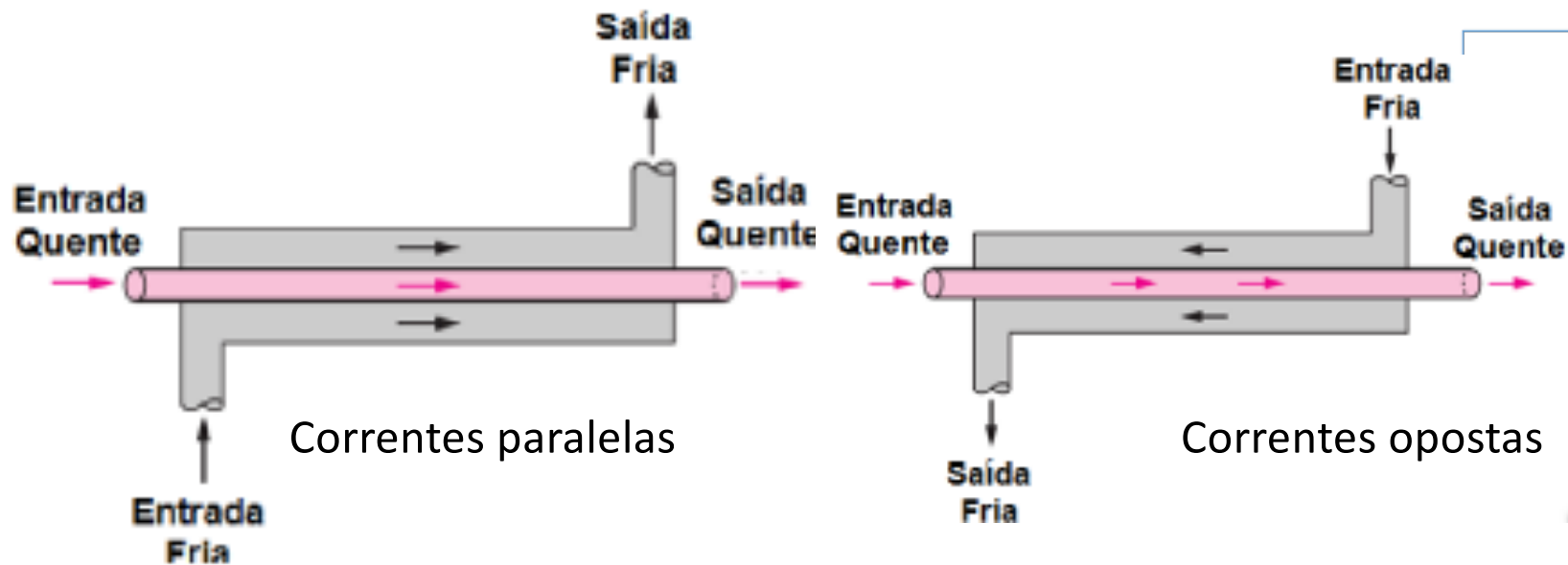


Classificação pelo comportamento da corrente



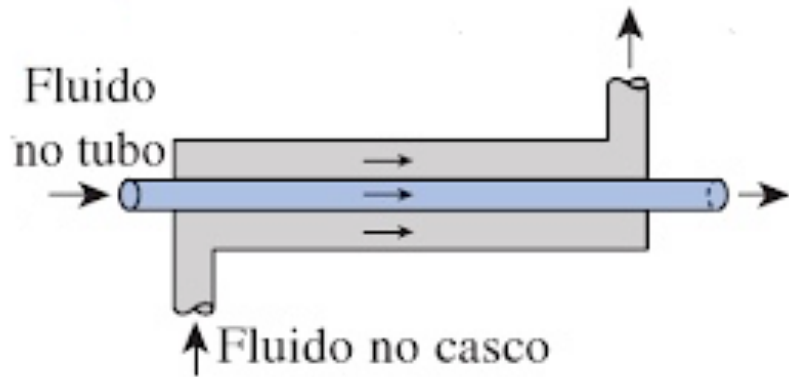
Corrente: direção e sentido

Comportamento das correntes

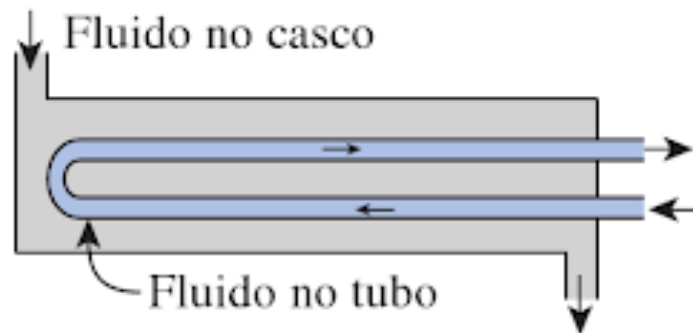


Correntes cruzadas

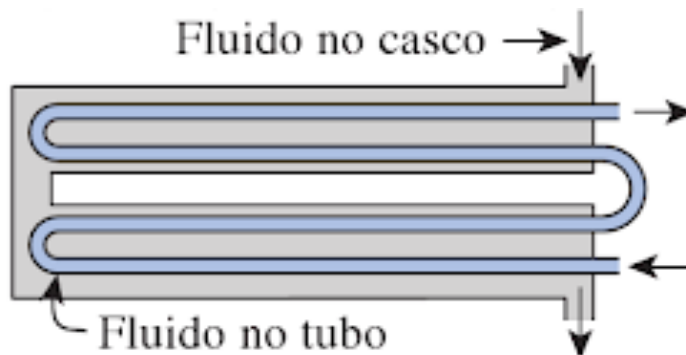
Corrente: número de passes



Um passe no casco
Um passe no tubo

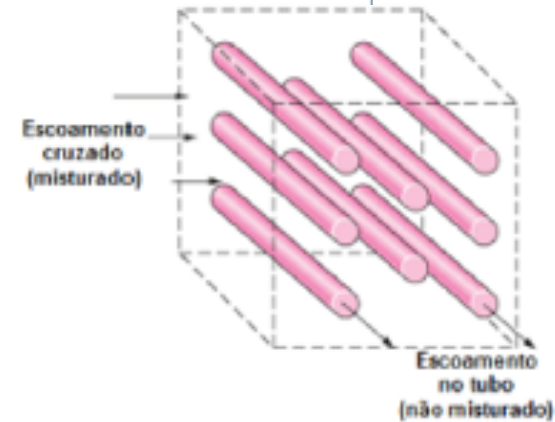


Um passe no casco
Dois ou múltiplos de dois passes no tubo

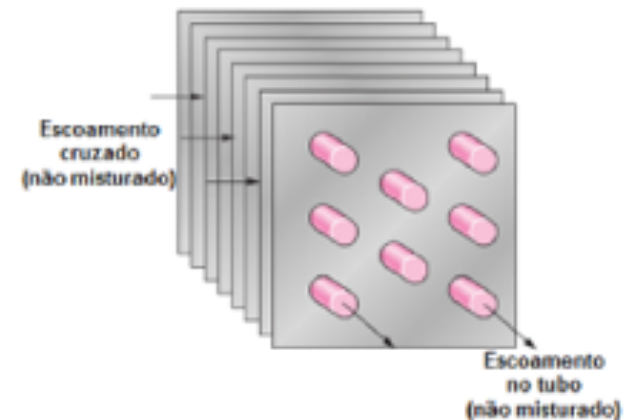


Dois ou múltiplos de dois passes no casco e no tubo

Comportamento das correntes



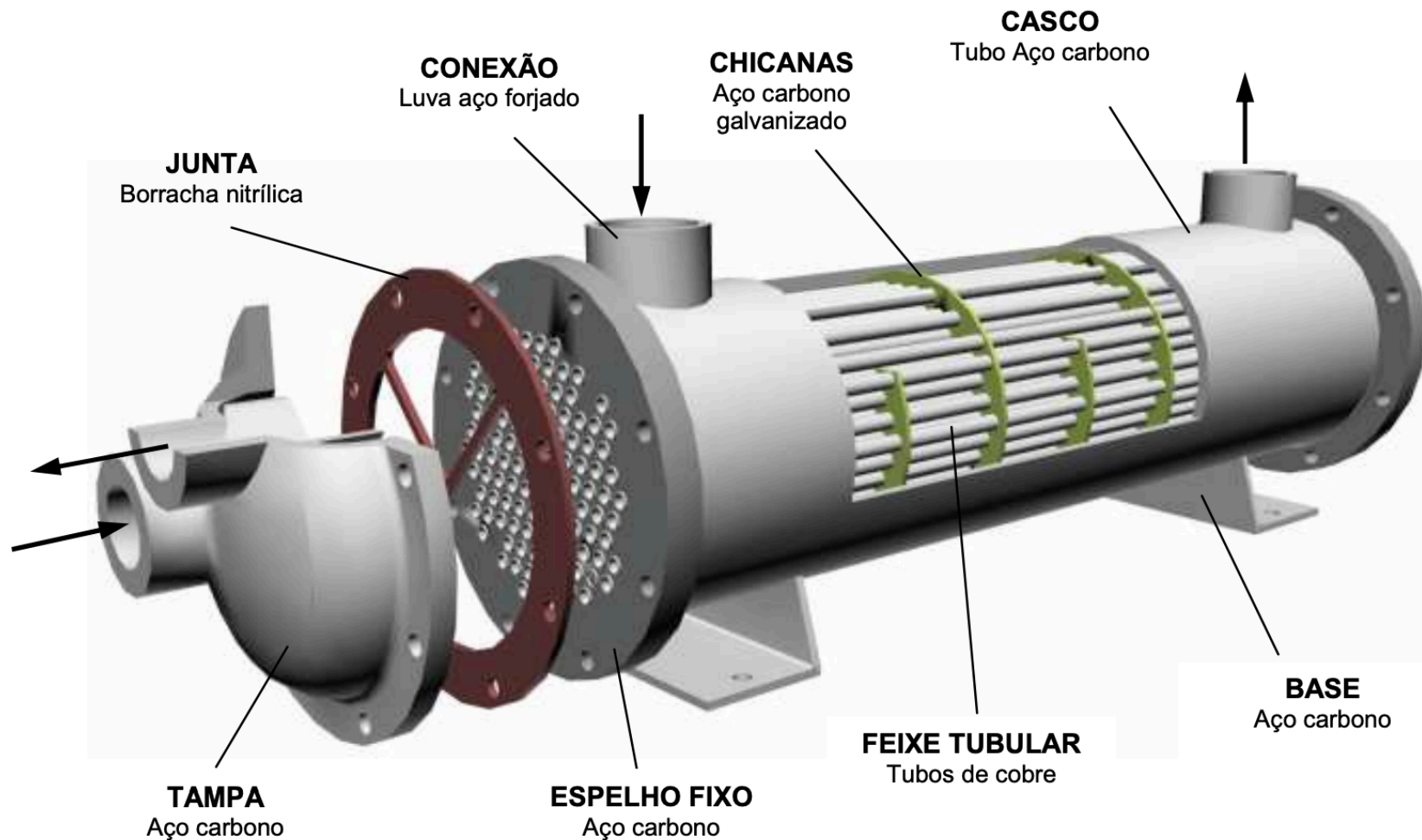
Cruzado, misturado no casco



Cruzado, não misturado no casco

Cálculo de trocadores de calor

- Dentre os vários tipos, estudaremos aqui o tipo “casto e tubo”



Cálculo de trocadores de calor

- Existem dois métodos para o cálculo:
 - MLDT – é o método que leva em conta a **Média Logarítmica das Diferenças de Temperatura**
 - Indicado quando as temperaturas são conhecidas ou podem ser determinadas
 - NUT – **Número de Unidades de Transferência**
 - Aplicado quando o MLDT exige muitas interações (por exemplo, quando não temos as temperaturas de saída)
- Primeiro será visto o método MLDT

Princípio térmico dos trocadores, calor sensível

- Os trocadores seguem a lei fundamental da termodinâmica:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Essa fórmula expressa quanto calor (em joules) é necessário para variar a temperatura de um corpo.

Onde:

$Q \Rightarrow$ quantidade de calor (joules)

$m \Rightarrow$ massa (kg)

$c \Rightarrow$ calor específico, $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right)$

$\Delta T \Rightarrow$ variação de temperatura (K, °C)

- Se tivermos um fluxo de massa:

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T$$

Onde:

$\dot{q} \Rightarrow$ fluxo de calor (joules/s, W)

$\dot{m} \Rightarrow$ fluxo de massa (a ser aquecida/resfriada) (kg/s)

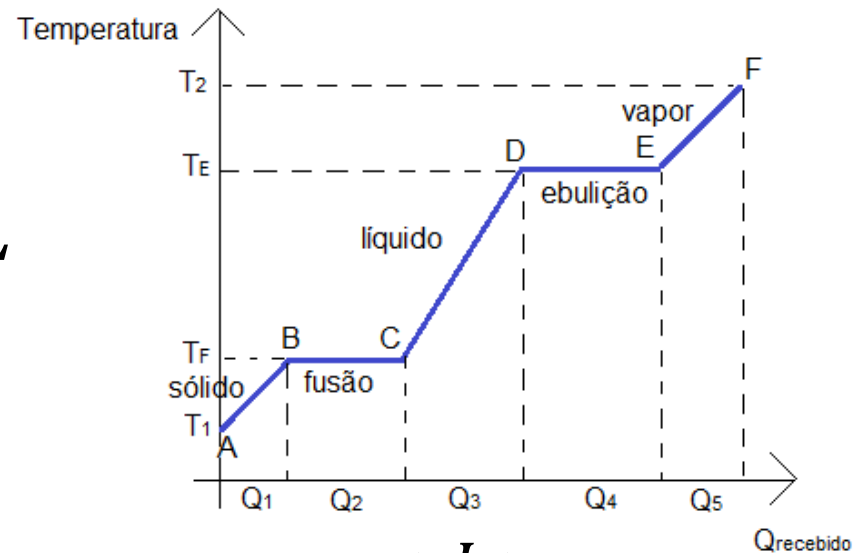
Materiais	Calores específicos [J/(kg · K)]
Água	4180
Álcool etílico	2400
Gelo	2090
Vapor de água	1920
Ar	1000
Óleo	1670
Alumínio	878
Vidro	812
Areia	800
Ferro	460
Cobre	375
Mercúrio	140
Chumbo	125

Princípio térmico dos trocadores, calor latente

- Caso haja mudança de estado físico (condensação, vaporização), o fluido (ou fluxo de massa) absorverá ou cederá calor, mas sua temperatura não se altera.
- A quantidade de calor necessária para alterar o estado físico de um corpo é:

$$Q = m \cdot L \quad \dot{q} = \dot{m} \cdot L$$

Onde



$$L = \text{calor latente de mudança de estado} \left(\frac{J}{kg} \right)$$

- Exemplos: vapor passando para estado líquido (condensação); água passando para o estado de vapor (vaporização).

Balanço térmico no trocador

- Nos trocadores, verifica-se o seguinte equilíbrio térmico:

$$\dot{q}_{cedido} = \dot{q}_{recebido}$$

- No trocador de calor, teremos:

- O fluido quente cede calor

$$\dot{q}_{cedido} = \dot{m}_q \cdot c_q \cdot (T_{e_q} - T_{s_q})$$

- O fluido frio recebe calor

$$\dot{q}_{recebido} = \dot{m}_f \cdot c_f \cdot (T_{s_f} - T_{e_f})$$

- O fluido que muda de estado (cede ou recebe)

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot L$$

A quantidade de calor perdida pelo fluido que esfria, ou muda de estado, é igual à quantidade de calor recebida pelo fluido que aquece, ou muda de estado, afora perdas com o meio.

Exemplo

Uma vazão de vapor saturado de 5600 kg/h precisa ser condensada, e depois a temperatura da água deve ser baixada até 60°C. Qual o fluxo de calor necessário para esse processo? O calor latente de vaporização da água é $2,256 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$, e o calor específico é 4190 J/kg°C

Exemplo

Uma vazão de vapor saturado de 5600 kg/h precisa ser condensada, e depois a temperatura da água deve ser baixada até 60°C. Qual o fluxo de calor necessário para esse processo? O calor latente de vaporização da água é $2,256 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$, e o calor específico é $4190 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

$$\dot{m} = \frac{5600}{3600} \Rightarrow \dot{m} = 1,56 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{q}_s = \dot{m} \cdot L$$

$$\dot{q}_s = 1,56 \cdot 2,256 \cdot 10^6 \Rightarrow \dot{q} = 3,52 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$\dot{q}_l = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\dot{q}_l = 1,56 \cdot 4190 \cdot (100 - 60) = 2,61 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$\dot{q}_{total} = 3,52 \cdot 10^6 + 2,61 \cdot 10^5 = 3,78 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

Fluxo de calor no trocador

- O fluxo de calor no trocador seguirá a lei de Newton do fluxo de calor

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot \Delta T \qquad A = \frac{\dot{q}}{U \cdot \Delta T}$$

Onde

$\dot{q} \Rightarrow$ fluxo de calor, J/s ou W

$U \Rightarrow$ coeficiente global de transmissão de calor, $\frac{W}{m^2 K}$ ou $\frac{W}{m^2 ^\circ C}$

$A \Rightarrow$ área de troca térmica do trocador, m^2

$\Delta T \Rightarrow$ diferença de temperatura, $^\circ C$, (que será a MLDT, descrita adiante)

Coeficiente global de transferência de calor, U

- A resistência térmica ao fluxo de calor no trocador é dada por:

$$R_T = \underbrace{\frac{1}{A_i h_i}}_{\text{Conv. int.}} + \underbrace{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \cdot k \cdot \pi \cdot L}}_{\text{Condução}} + \underbrace{\frac{1}{A_e h_e}}_{\text{Conv. ext.}}$$

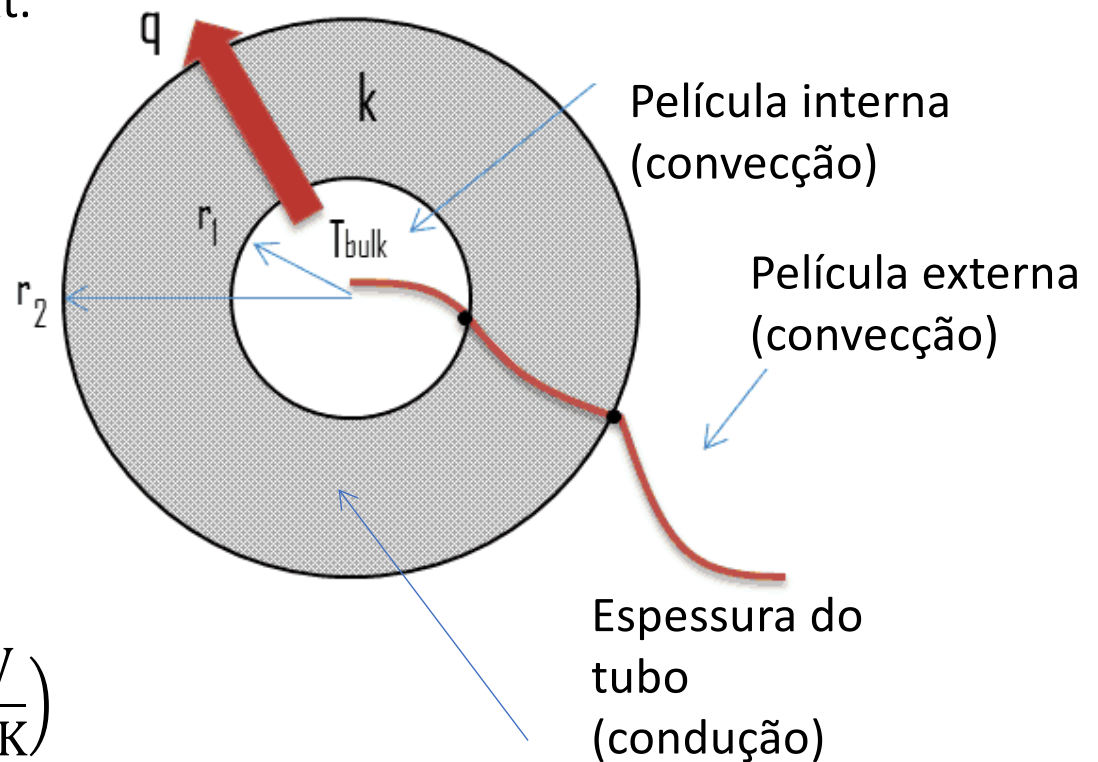
Onde:

$R_T \Rightarrow$ resistência total ao fluxo $\left(\frac{\text{K}}{\text{W}}\right)$

$A \Rightarrow$ área de troca (m^2)

$h \Rightarrow$ coeficiente de película $\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}\right)$

$k \Rightarrow$ resistividade térmica do tubo $\left(\frac{\text{W}}{\text{mK}}\right)$



Coeficiente global de transferência de calor

- No caso do trocador, as paredes dos tubos são finas. Assim, sua resistência térmica pode ser desprezada. Também $A_i \cong A_e = A$. Com isso, temos:

$$R_T = \frac{1}{A_i h_i} + \frac{1}{A_e h_e} = \frac{1}{A \cdot h_i} + \frac{1}{A \cdot h_e} = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

- Chamamos U o coeficiente global de troca de calor:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \quad U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}}$$

O coeficiente U é normalmente obtido em tabelas ou com o fabricante do trocador

$$R_T = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{U} \Rightarrow R_T \cdot A = \frac{1}{U}$$

$$[U] = \left[\frac{1}{R_T A} \right] = \frac{1}{\frac{K}{W} \cdot m^2} = \frac{W}{m^2 K}$$

Coeficiente global de troca de calor, U

- Alguns valores típicos

Tipo de trocador de calor	U , W/m ² ·K
Água-água	850–1.700
Água-óleo	100–350
Água-gasolina ou querosene	300–1.000
Aquecedores de água de alimentação	1.000–8.500
Vapor-óleo combustível leve	200–400
Vapor-óleo combustível pesado	50–200
Condensador de vapor	1.000–6.000
Condensador de freon (resfriado a água)	300–1.000
Condensador de amônia (resfriado a água)	800–1.400
Condensadores de álcool (resfriado a água)	250–700
Gás-gás	10–40
Água-ar em tubos aletados (água nos tubos)	30–60 [†]
	400–850 [‡]
Vapor-ar em tubos aletados (vapor tubos)	30–300 [†]
	400–4.000 [‡]

[†] Com base na superfície do lado do ar.

[‡] Com base na superfície do lado da água ou do vapor.

Tranferência de Calor e Massa

Por Yunus A. Çengel, Afshin J. Ghajar

Fator de fuligem (*fouling factor*)

- Com o tempo, é comum haver depósitos de sedimentos, formação de algas, etc, nas paredes do trocador, que podem ter um impacto importante na sua eficiência
- Adota-se, portanto, um Fator de Fuligem F (não confundir com o fator de correção da MLDT, visto adiante) a ser acrescido na resistência ao fluxo de calor



Fator de fuligem

- Quando considerado, a resistência térmica total será:

$$\frac{1}{U_f} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + F$$

Assim, o coeficiente global de transmissão de calor passará a ser

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + F}$$

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{U} + F}$$

Fluido	m ² .K/W
Água destilada, água-marinha, águas fluviais, água de alimentação de caldeiras:	
Abaixo de 50 °C	0,0001
Acima de 50 °C	0,0002
Óleo combustível	0,0009
Vapor (livre de óleo)	0,0001
Refrigerantes (líquido)	0,0002
Refrigerantes (vapor)	0,0004
Vapores de álcool	0,0001
Ar	0,0004

(De Tubular Exchange Manufacturers Association.)

Exemplos

1. Suponha $h_i = 2000 \frac{W}{m^2 K}$ e $h_e = 1000 \frac{W}{m^2 K}$. Calcule U sem e com fuligem de água acima de $50^\circ C$.

Exemplos

1. Suponha $h_i = 2000 \frac{W}{m^2 K}$ e $h_e = 1000 \frac{W}{m^2 K}$.

Calcule U sem e com fuligem de água acima de $50^\circ C$.

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + F}$$

$$U_{sem} = \frac{1}{\frac{1}{2000} + \frac{1}{1000}} = 667 \frac{W}{m^2 K}$$

$$U_{sem} = \frac{1}{\frac{1}{2000} + \frac{1}{1000} + 0,0002} = 588 \frac{W}{m^2 K}$$

Exemplos

2. Suponha que um trocador novo tenha $U = 350 \frac{W}{m^2 K}$. Qual o coeficiente U considerando um fator de fuligem de $0,0009 \frac{m^2 K}{W}$? Qual a perda percentual?

Exemplos

2. Suponha que um trocador novo tenha $U = 350 \frac{W}{m^2 K}$. Qual o fator U considerando um fator de fuligem de $0,0009 \frac{m^2 K}{W}$? Qual a perda percentual?

$$U_f = \frac{1}{\frac{1}{U} + F} \Rightarrow U_f = \frac{1}{\frac{1}{350} + 0,0009} \Rightarrow U_f = 266 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\text{Perda} = \frac{266 - 350}{350} = -0,24 \Rightarrow \text{Perda} = 24\%$$

Fluxo de calor no trocador

- Consideremos agora o MLDT, correspondente ao ΔT , na equação da transmissão de calor de Newton:

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot MLTD$$

Onde

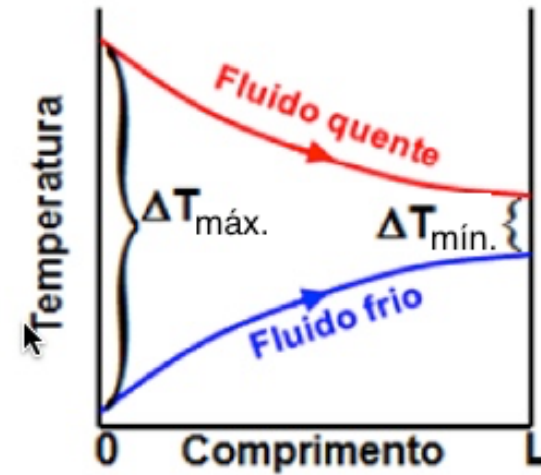
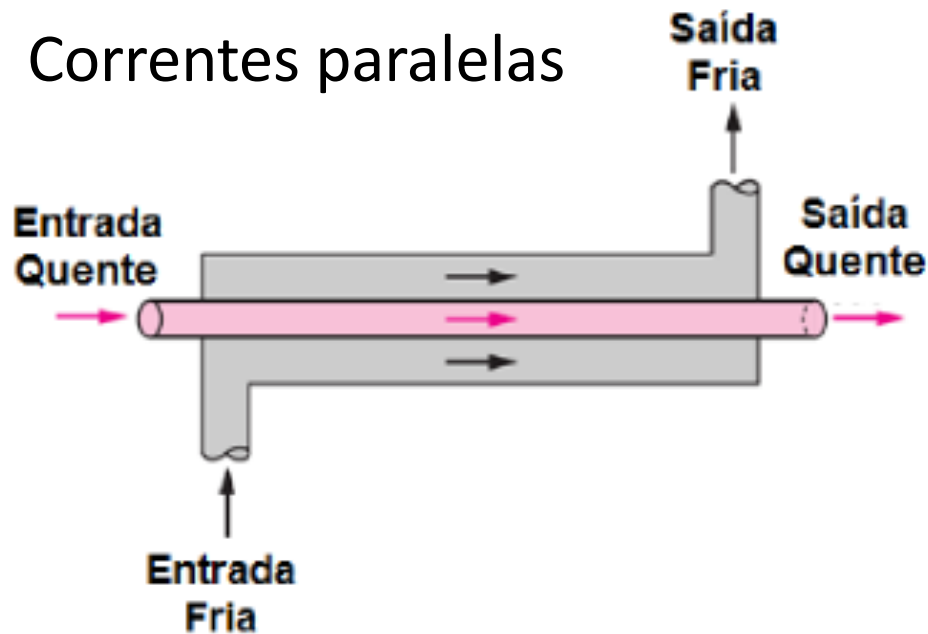
$U \Rightarrow$ coeficiente global de transmissão de calor, $\frac{W}{m^2 K} = \frac{W}{m^2 ^\circ C}$

$A \Rightarrow$ área de troca térmica, m^2

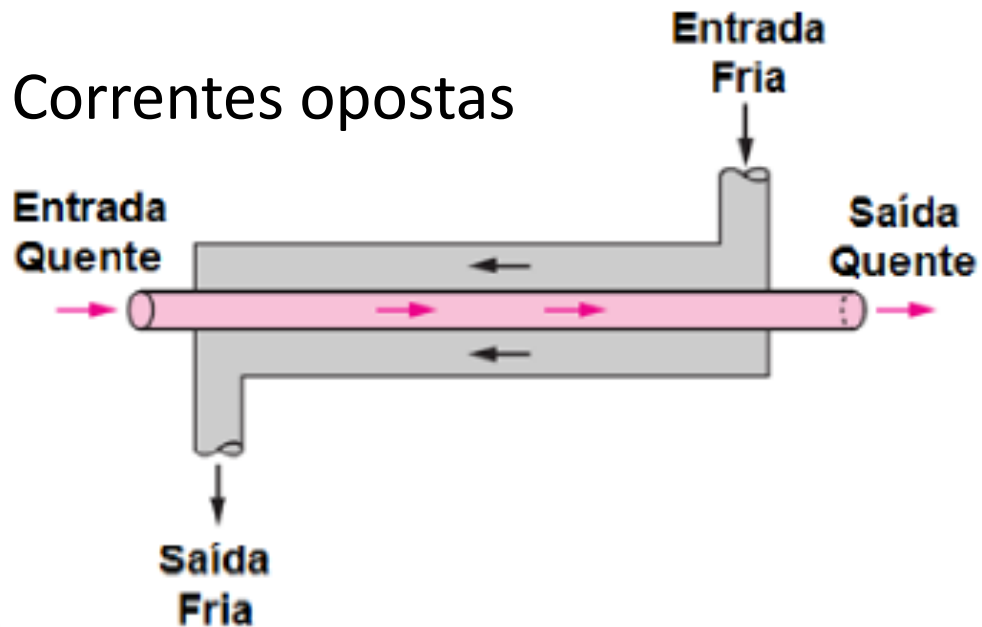
$MLDT \Rightarrow$ média logarítmica das diferenças de temperatura, $^\circ C$

MLDT sem mudança de estado, 1 passe

- Correntes paralelas



- Correntes opostas



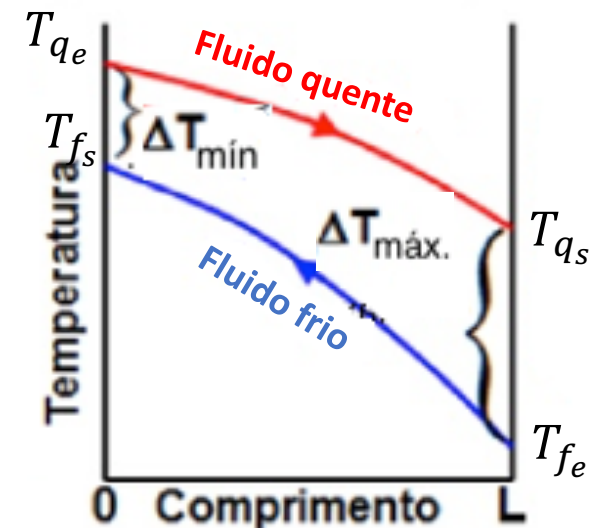
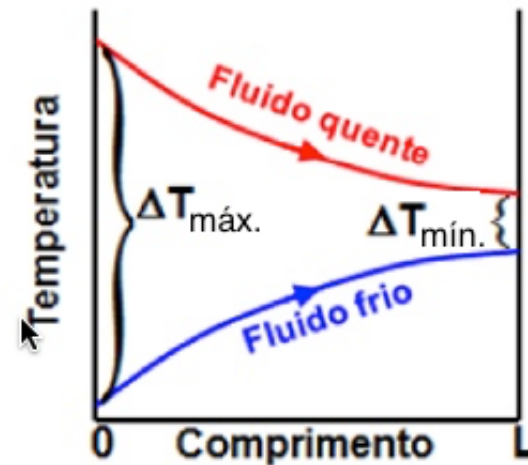
MLDT sem mudança de estado, 1 passe

- Nos dois casos, a variação de temperatura não é linear, e será dada pela Média Logarítmica das Diferenças de Temperatura (MLDT):

$$MLDT = \frac{\Delta T_{m\acute{a}x} - \Delta T_{m\acute{i}n}}{\ln \frac{\Delta T_{m\acute{a}x}}{\Delta T_{m\acute{i}n}}}$$

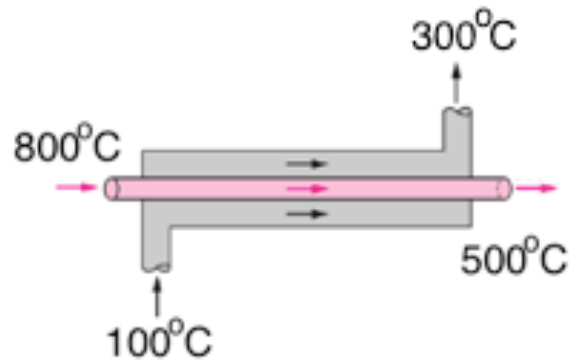
Obs.: no caso dos trocadores de correntes opostas, pode ocorrer que $\Delta T_{m\acute{a}x} = \Delta T_{m\acute{i}n}$, o que torna inviável a fórmula acima. Nesses casos, usar a diferença entre as médias aritméticas:

$$\Delta T_{m\acute{e}dia} = \frac{T_{q_e} + T_{q_s}}{2} - \frac{T_{f_e} + T_{f_s}}{2}$$



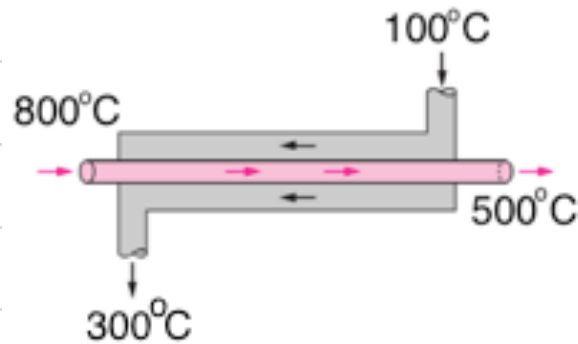
Exemplo

Num trocador de calor de um passe o fluido quente entra a 800°C e sai a 500°C e o fluido frio entra a 100°C e sai a 300°C . Calcule a MLDT considerando correntes paralelas.



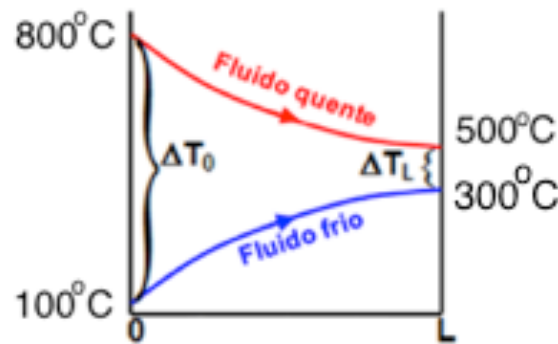
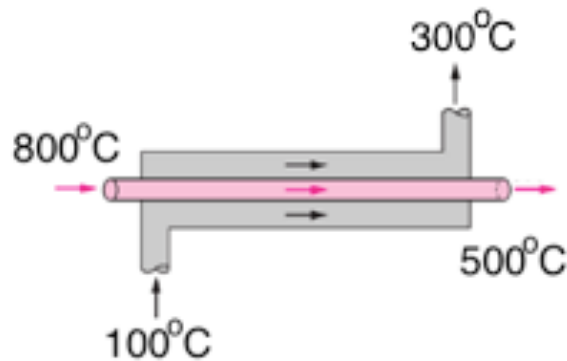
Exemplo

Num trocador de calor de um passe o fluido quente entra a 800°C e sai a 500°C e o fluido frio entra a 100°C e sai a 300°C . Calcule a MLDT considerando correntes opostas.



Exemplo

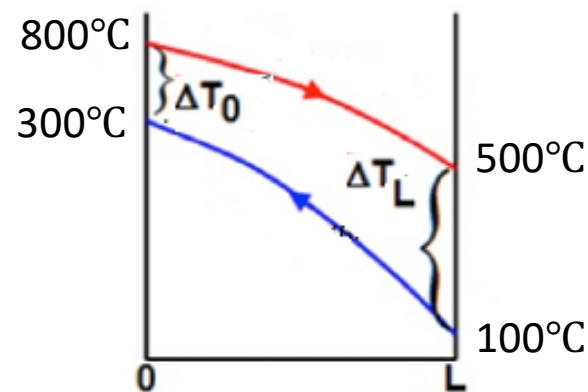
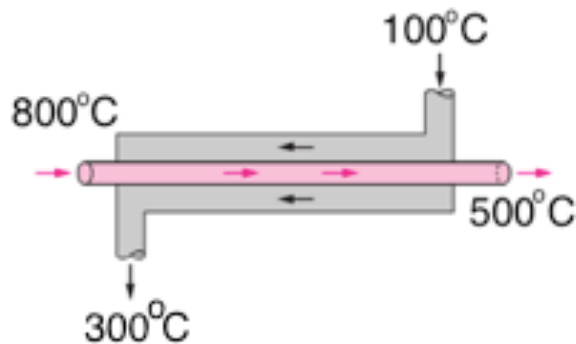
Num trocador de calor de um passe o fluido quente entra a 800°C e sai a 500°C e o fluido frio entra a 100°C e sai a 300°C. Calcule a MLDT considerando (a) correntes paralelas e (b) correntes opostas.



$$\Delta T_{m\acute{a}x} = 700^{\circ}C$$

$$\Delta T_{m\acute{i}n} = 200^{\circ}C$$

$$MLDT = \frac{700 - 200}{\ln \frac{700}{200}} = 399^{\circ}C$$



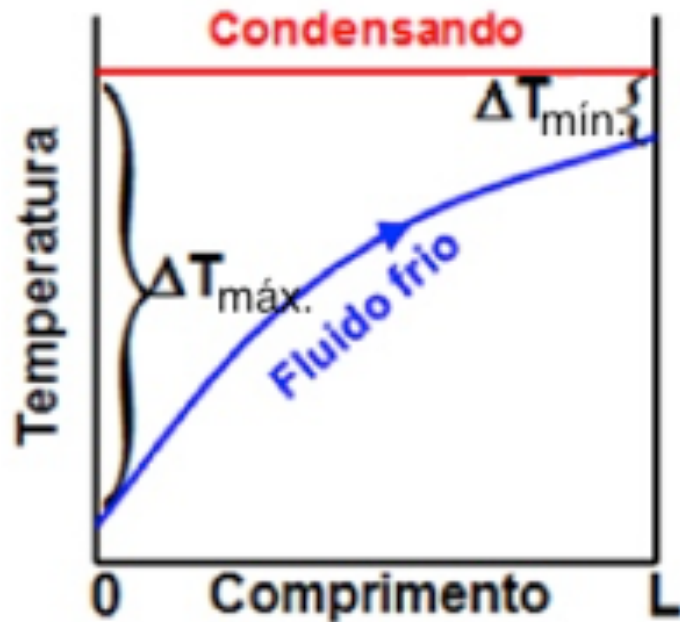
$$\Delta T_{m\acute{a}x} = 500^{\circ}C$$

$$\Delta T_{m\acute{i}n} = 400^{\circ}C$$

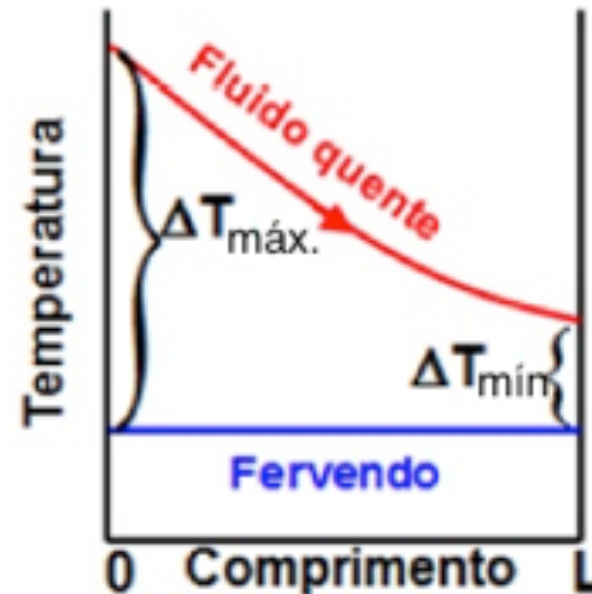
$$MLDT = \frac{500 - 400}{\ln \frac{500}{400}} = 448^{\circ}C$$

Troca com mudança de estado

- Durante a mudança de estado, não há alteração da temperatura
- Há troca de calor (latente)



Condensação



Vaporização

Correção da MLDT para vários passes

- Para trocadores sem mudança de estado, com mais de um passe no casco ou no tubo, ou de correntes cruzadas, a MLDT deve ser corrigida por um fator F .
- Esse fator de correção F depende de dois outros fatores, R e P :

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \qquad P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

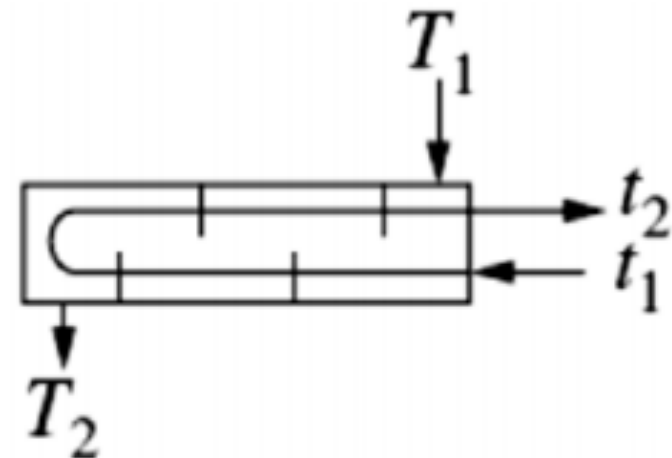
- Onde:

$T_1 \Rightarrow$ Temperatura de entrada no casco

$T_2 \Rightarrow$ Temperatura de saída do casco

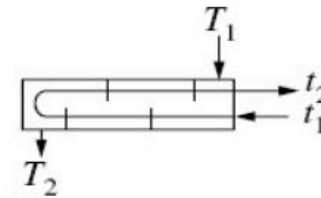
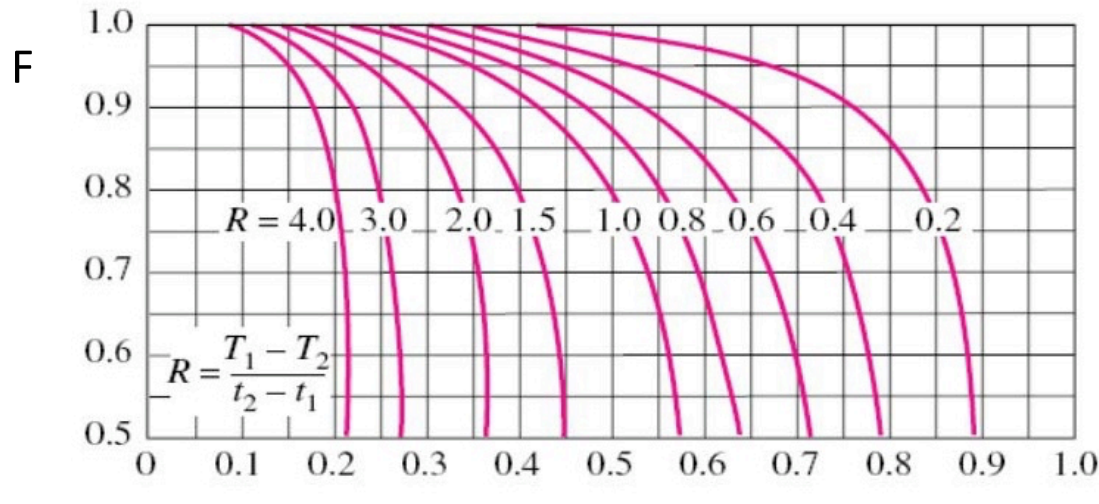
$t_1 \Rightarrow$ temperatura de entrada no tubo

$t_2 \Rightarrow$ temperatura de saída do tubo



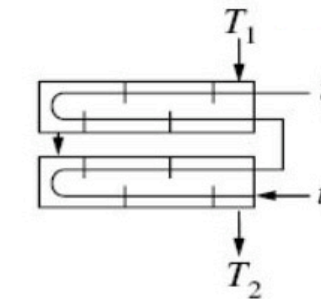
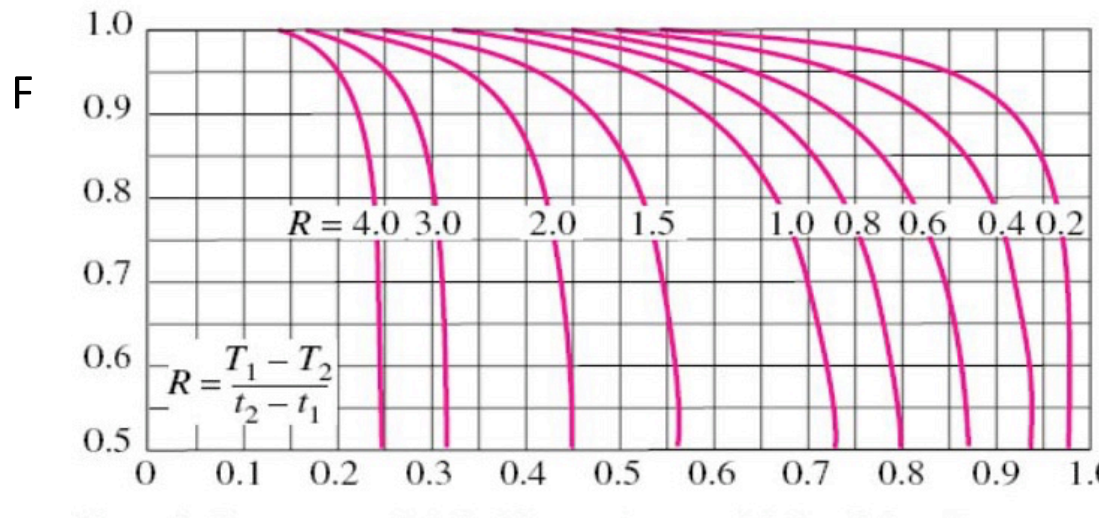
Correção da MLDT para vários passes

- Com os valores de P (no eixo x) e R (curva), entramos no gráfico respectivo para obter F (no eixo y):



Um passe no casco e números pares de passes nos tubos.

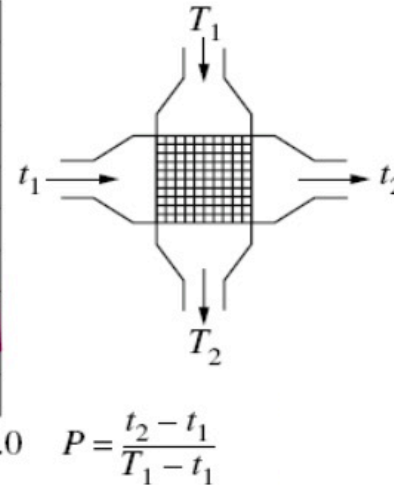
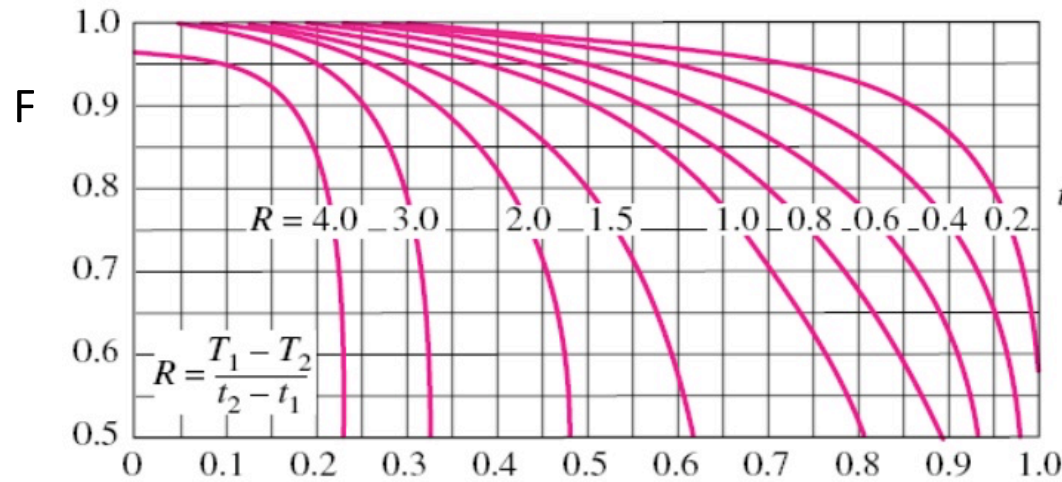
$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$



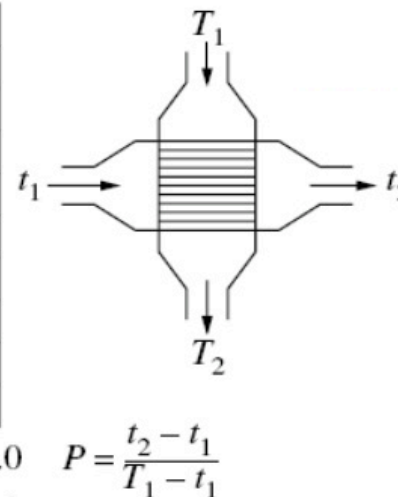
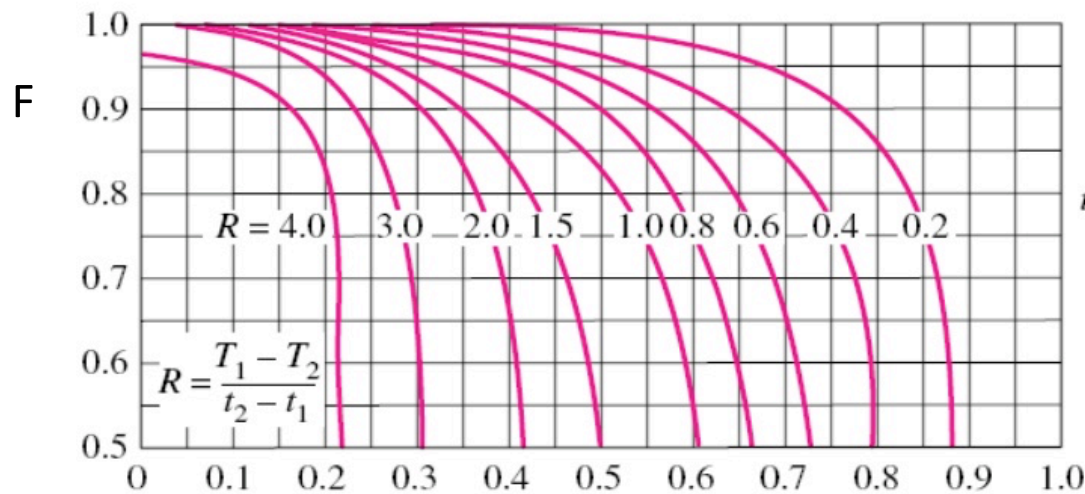
Dois passes no casco e números pares de passes nos tubos.

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

Correção da MLDT para vários passes



Passe único,
fluido no casco
misturado



Passe único,
fluido no casco
não misturado
(com chicanas)

Correção da MLDT para vários passes

- Com o fator F , corrigimos a $MLDT$ fazendo:

$$MLDT_{corrigida} = F \cdot MLDT$$

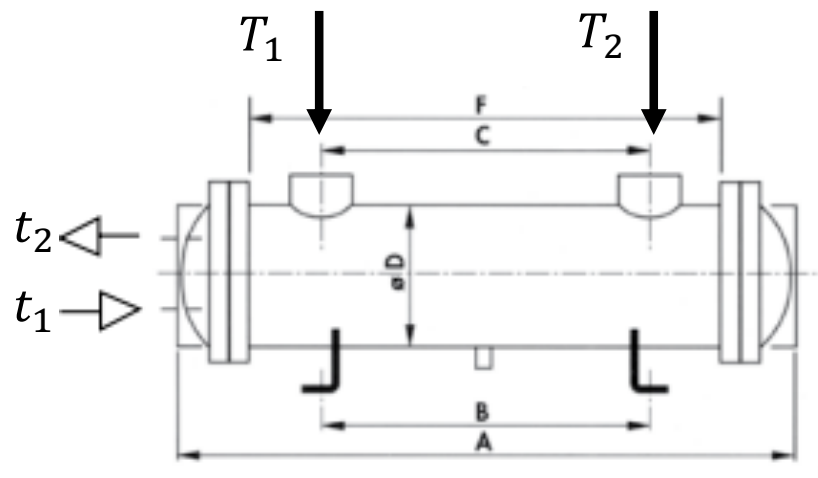
- Exemplo: As temperaturas de um trocador de dois passes no tubo e um no casco, fluxo paralelo, são as informadas abaixo. Calcule a $MLDT$ e a $MLDT_{corrigida}$.

$$T_1 = 10^{\circ}C$$

$$T_2 = 36,2^{\circ}C$$

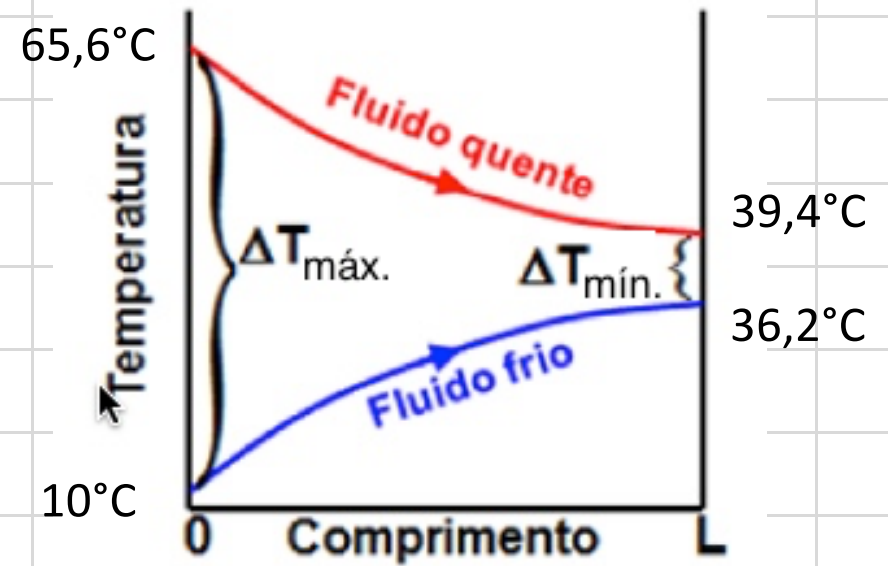
$$t_1 = 65,6^{\circ}C$$

$$t_2 = 39,4^{\circ}C$$



Correção da MLDT para vários passes

- MLDT



$$T_1 = 10^{\circ}\text{C}$$

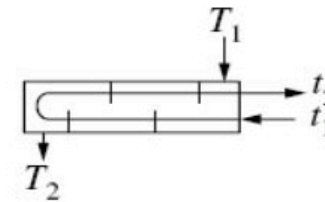
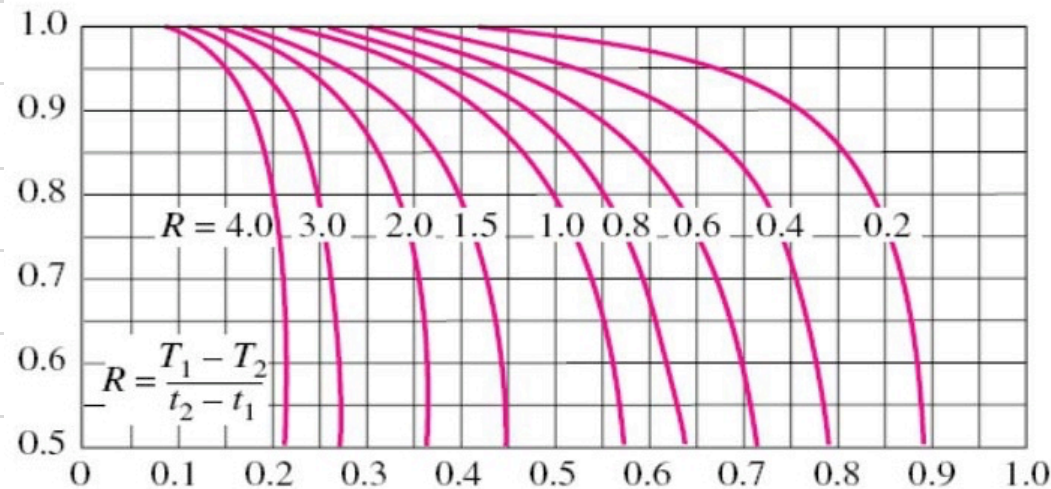
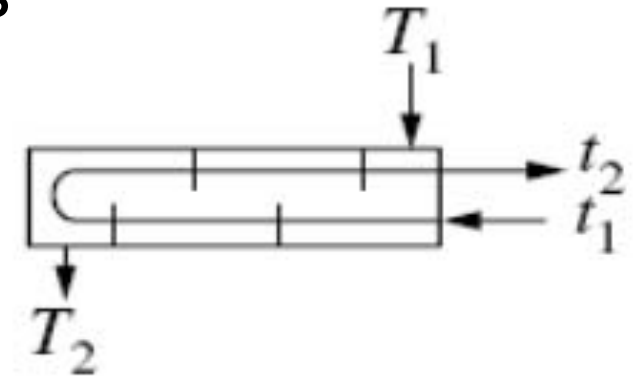
$$T_2 = 36,2^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = 65,6^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 39,4^{\circ}\text{C}$$

Correção da MLDT para vários passes

- MLDT corrigida



$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$T_1 = 10^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 36,2^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = 65,6^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 39,4^{\circ}\text{C}$$

Correção da MLDT para vários passes

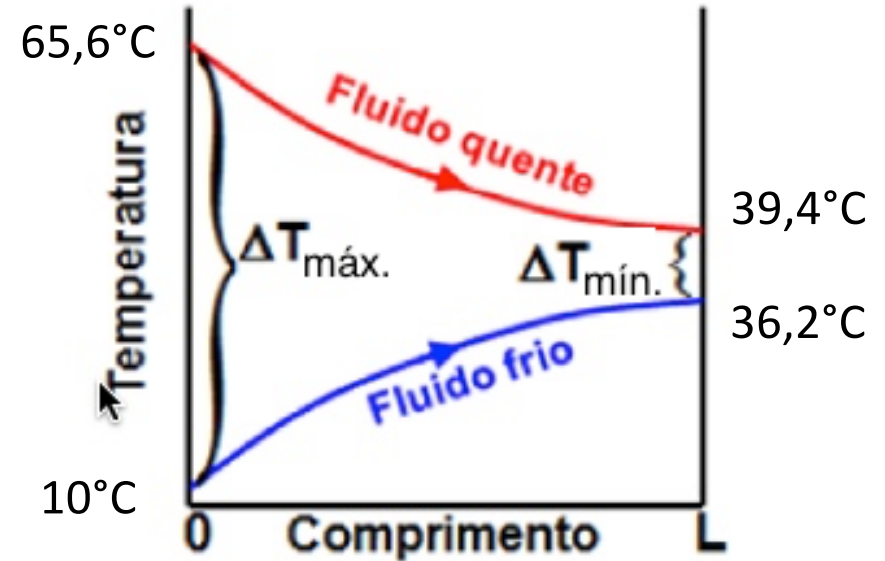
- MLDT

$$\Delta T_{m\acute{a}x} = 65,6 - 10 = 55,6^{\circ}C$$

$$\Delta T_{m\acute{i}n} = 39,4 - 36,2 = 3,2^{\circ}C$$

$$MLDT = \frac{\Delta T_{m\acute{a}x} - \Delta T_{m\acute{i}n}}{\ln \frac{\Delta T_{m\acute{a}x}}{\Delta T_{m\acute{i}n}}}$$

$$MLDT = \frac{55,6 - 3,2}{\ln \frac{55,6}{3,2}} \Rightarrow MLDT = 18,4^{\circ}C$$



$$T_1 = 10^{\circ}C$$

$$T_2 = 36,2^{\circ}C$$

$$t_1 = 65,6^{\circ}C$$

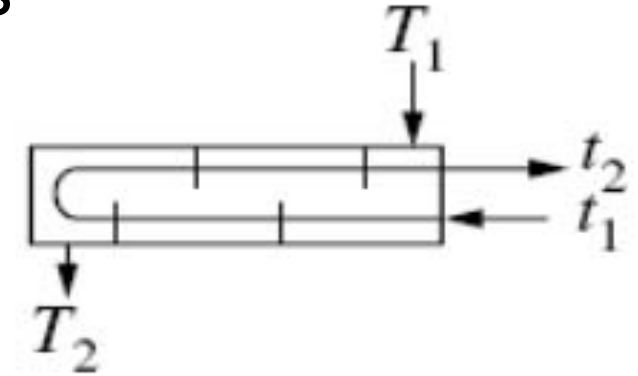
$$t_2 = 39,4^{\circ}C$$

Correção da MLDT para vários passes

- MLDT corrigida

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \Rightarrow R = \frac{10 - 36,2}{39,4 - 65,6} \Rightarrow R = 1,0$$

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \Rightarrow P = \frac{39,4 - 65,6}{10 - 65,6} \Rightarrow P = 0,47$$



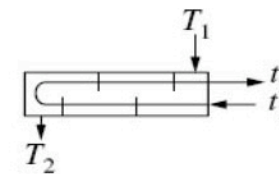
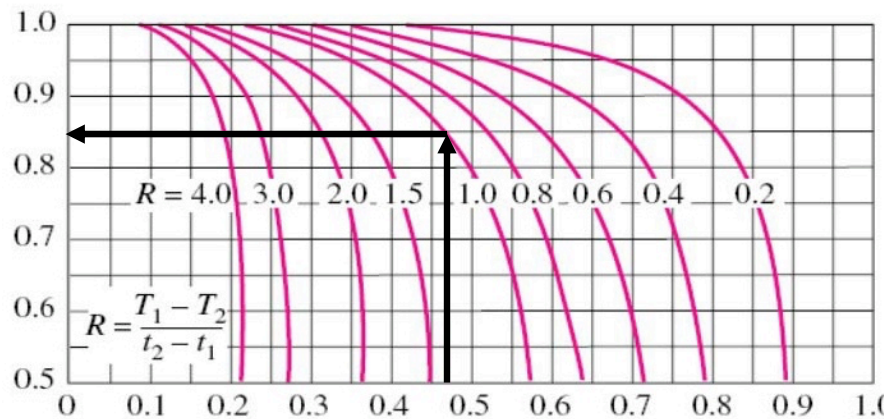
$$T_1 = 10^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 36,2^{\circ}\text{C}$$

$$t_1 = 65,6^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 39,4^{\circ}\text{C}$$

$$F = 0,85$$



$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$MLDT_{corrigida} = F \cdot MLDT = 0,85 \cdot 18,4 \Rightarrow MLDT_{corrigida} = 15,6^{\circ}\text{C}$$

Cálculo da área do trocador

- Conhecendo-se o $MLDT$, o coeficiente U e o fluxo de calor necessário, e, usando a equação de Newton:

$$\dot{q} = U \cdot A \cdot MLDT$$

- Calculamos a área necessária do trocador, fazendo:

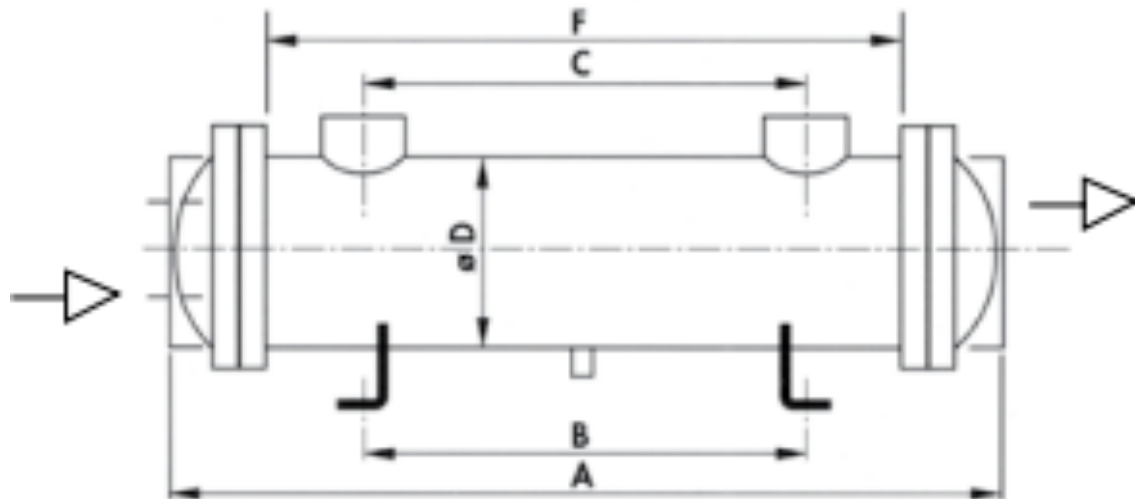
$$A = \frac{\dot{q}}{U \cdot MLDT}$$

Exemplo

Uma coluna de fracionamento produz benzeno no estado de vapor saturado a 80°C. É necessário condensar e sub-resfriar cerca de 3630 kg/h de benzeno até uma temperatura de 46°C, usando água a 13°C como refrigerante, a uma vazão mássica de 1,8x10⁴ kg/h. Dimensione e compare a área necessária no trocador de calor tipo casca e tubo de dois passes de fluxo paralelo e de fluxo inverso, considerando nos dois casos um coeficiente global de troca de calor de 1135 W/m²K e um fator de fuligem de 0,0001 m²K/W.

$$L_{benzeno} = 3,945 \cdot 10^5 \text{ J/kg} \quad c_{\acute{a}gua} = 4190 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

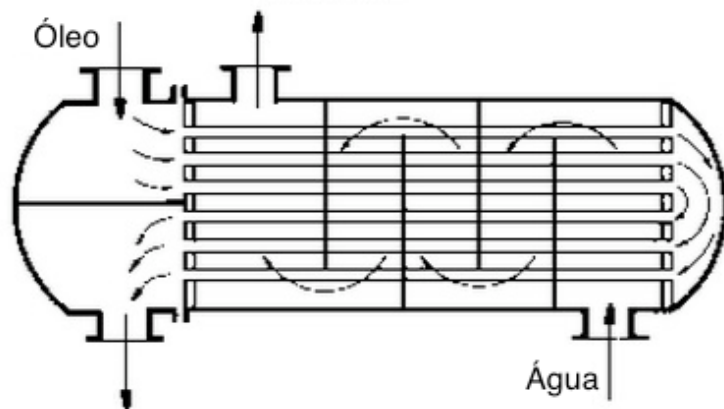
$$c_{benzeno} = 1,758 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$



Modelo TST	Área de Troca (m ²)
150-6	4,62
175-6	5,44
200-6	6,27
75-8	3,53
100-8	4,96
125-8	6,37
150-8	7,78
175-8	9,19
200-8	10,6

Exercício proposto

Uma vazão de 68 kg/min de água ($c=4180 \text{ J/kgK}$) entrando em um trocador de calor de carcaça e tubo a 35°C precisa ser aquecida para 75°C por um óleo. O óleo ($c=1859 \text{ J/kgK}$) entra no tubo a uma temperatura de 110°C e sai a 75°C . O trocador será de correntes opostas, com uma passagem pelo casco e duas pelo tubo. O coeficiente global de transferência estimado é de $320 \text{ W/m}^2\text{K}$. Calcule a área necessária para o trocador de calor com a área limpa, e depois considerando um fator de fuligem de $0,0005 \text{ m}^2\text{K/W}$. Calcule também a vazão de óleo necessária.



Respostas:

Área limpa = $16,5 \text{ m}^2$

Área com fuligem = $19,2 \text{ m}^2$

Vazão de óleo = 174 kg/min

Conclusão

- Ao final dessa aula você deve ser capaz de:
 - Identificar como se classificam os trocadores
 - Aplicar as equações térmicas da termodinâmica e no dimensionamento dos trocadores de calor
 - Entender o que é o coeficiente global de transmissão de calor
 - Entender o que é Média Logarítmica de Diferenças de Temperatura
 - Dimensionar a área de um trocador de calor pela metodologia MLDT