

TRANSPETRO 2026

AMOSTRA GRATUITA

ENGENHARIA MECÂNICA

Trocadores de calor

Esta é uma aula completa, exatamente como está no material.
Uma aula por item do edital: teoria enxuta, tabelas e esquemas,
e questões CESGRANRIO comentadas uma a uma.

Material completo desta área: engenhariadaaprovacao.com.br/materiais/transpetro-2026/engenharia-mecanica

Uso individual. Material independente.



ENGENHARIA DA APROVAÇÃO

Engenharia Mecânica

Trocadores de calor

Aula 17 • Balanços, construção e dimensionamento

Concurso Transpetro • Nível superior
Ênfase 25: Engenharia Mecânica

MATERIAL DE ESTUDO



Como usar este material

Tipos construtivos, arranjos de escoamento, resistências térmicas, incrustação, aletas, balanços, diferença média logarítmica e efetividade. Nove questões CESGRANRIO de concursos anteriores, com comentários próprios e figuras redesenhadas.

1. Leia os blocos e explique as distinções com suas palavras.
2. Refaça os exemplos; observe condições, unidades e limites de cada regra.
3. Responda às perguntas de autoavaliação e retorne ao bloco indicado quando necessário.
4. Resolva a bateria sem consultar as respostas. Depois, use os comentários para justificar a correta e descartar as demais.

A REGRA QUE ORGANIZA O CONTEÚDO

Desenhe os sentidos de escoamento, feche o balanço de energia e calcule as diferenças de temperatura entre fluidos na mesma extremidade.

O que a banca cobra nesta aula

O mapa abaixo organiza o treino por assunto. A seleção é didática; não constitui estimativa estatística da incidência dos tópicos na prova.

Mapa de estudo

Bloco	O que dominar	Questões na bateria
1	Classificação e construção	0
2	Sentidos de escoamento, passes e escolha do lado	2
3	Balanço de energia e mudança de fase	4
4	Coeficiente global, incrustações e área	0
5	Diferença média logarítmica e dimensionamento	3
6	Efetividade e número de unidades de transferência	0
7	Aletas e escolhas de projeto	0

1 · Classificação e construção

Trocador ou permutador transfere calor entre correntes a temperaturas diferentes. No contato indireto, uma superfície ou matriz intermediária participa da transferência; no contato direto, os fluidos entram em contato, como água e ar em uma torre de resfriamento. Não é correto definir todos os trocadores como equipamentos que impedem contato entre fluidos.



Mecanismo de funcionamento

Tipo	Como reconhecer
Recuperador	Correntes simultâneas separadas por uma parede: convecção de cada lado e condução através da parede.
Regenerador	Matriz armazena energia ao receber a corrente quente e a devolve à corrente fria em outra etapa.
Contato direto	Contato entre correntes; pode haver transferência de massa, além da troca de calor.

Construções usuais

Construção	Característica decisiva
Bitubular	Um tubo dentro de outro; correntes no tubo interno e no espaço anular. Pode operar em paralelo ou contracorrente.
Casco e tubos	Feixe tubular envolvido por um casco. Chicanas apoiam tubos e direcionam o escoamento do lado casco; afetam troca térmica e perda de carga.
Placas	Canais alternados entre placas; grande área de troca em volume reduzido. Vedação e materiais limitam os serviços.
Serpentina	Tubo curvo ou helicoidal; curvatura pode produzir escoamentos secundários e alterar a convecção.
Compacto	Alta relação entre área de troca e volume; referência usual de classificação: acima de $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Aletas são frequentes, mas não obrigatórias em todo trocador.

A classificação geométrica não determina sozinha o arranjo de escoamento. Um mesmo tipo construtivo admite diferentes números de passes e configurações. Condensador e evaporador descrevem o serviço térmico, não uma única geometria.

2 · Sentidos de escoamento, passes e escolha do lado

Arranjo e leitura

Arranjo	Regra de leitura
Paralelo / concorrente	As duas correntes entram pela mesma extremidade e seguem no mesmo sentido.
Contracorrente / correntes opostas	Entram por extremidades opostas. Entrada quente fica junto da saída fria.
Cruzado	Direções principais aproximadamente perpendiculares. Misturado/não misturado descreve a possibilidade de mistura transversal dentro de uma corrente; não significa contato entre os dois fluidos.

Passe é um percurso longitudinal do fluido ao longo do equipamento. Conte separadamente os passes no casco e nos tubos; não conte cada desvio local causado por chicanas como um passe longitudinal. Divisórias e cabeçotes conduzem o retorno das correntes.

Nas regras usuais de seleção cobradas em prova, fluidos de maior pressão e mais corrosivos tendem a ocupar o lado dos tubos: conter pressão em menor diâmetro e limitar o emprego de material resistente à corrosão costuma ser economicamente favorável. Isso não exige revestimento de vidro em qualquer serviço. Para uma corrente de baixo coeficiente convectivo, o lado casco pode permitir recursos de intensificação, como chicanas. Projeto real também considera limpeza, incrustação, mudança de fase e perda de carga; evite transformar preferências em leis universais.



3 · Balanço de energia e mudança de fase

Adote regime permanente, sem trabalho de eixo no trocador e com variações desprezíveis das energias cinética e potencial. Para calor específico aproximadamente constante, a taxa de capacidade térmica da corrente é $C = \dot{m}c_p$. C se mede em W/K; não é a capacidade térmica de uma massa parada, em J/K.

$$C = \dot{m}c_p$$

$$\dot{Q}_q = C_q(T_{q,e} - T_{q,s})$$

$$\dot{Q}_f = C_f(T_{f,s} - T_{f,e})$$

$$\text{Sem perdas: } \dot{Q}_q = \dot{Q}_f$$

$$\text{Com perda ao ambiente: } \dot{Q}_q = \dot{Q}_f + \dot{Q}_{\text{perda}}$$

Subscritos q/f: quente/frio; e/s: entrada/saída. As potências acima são magnitudes positivas no sentido indicado.

Vazão volumétrica não é vazão mássica: $\dot{m} = \rho V$. Diferenças de temperatura têm o mesmo valor numérico em °C e K. Já razões de temperaturas absolutas e porcentagens dependem da escala: não interprete uma queda percentual em °C como queda percentual da temperatura absoluta.

EXEMPLO 1 · Perda térmica

Corrente quente: $C_q = 4$ kW/K e resfriamento de 25 K, cedendo 100 kW. Corrente fria: $C_f = 3$ kW/K e aquecimento de 30 K, recebendo 90 kW. A diferença, 10 kW, sai para o ambiente.

Na mudança de fase, use a diferença de entalpia: $\dot{Q} = \dot{m}|\Delta h|$. Uma substância pura em condensação ou ebulição a pressão constante pode trocar calor mantendo sua temperatura de saturação. Não use $\dot{Q} = \dot{m}c_p\Delta T$ com $\Delta T = 0$ para concluir que não houve transferência.

$$T_{eq} = (C_q T_{q,e} + C_f T_{f,e}) / (C_q + C_f)$$

Limite de equilíbrio comum em escoamento paralelo adiabático, com C constantes. Não é a temperatura de saída obrigatória de um trocador finito.

4 · Coeficiente global, incrustações e área

O calor atravessa sucessivamente a convecção interna, a parede e a convecção externa. Depósitos acrescentam resistências. U reúne esses efeitos e depende da área de referência: U_i e U_o geralmente não têm o mesmo valor, embora $U_i A_i = U_o A_o$ para o mesmo equipamento.

$$R_{tot} = 1/(h_i A_i) + R''_{f,i}/A_i + \ln(D_o/D_i)/(2\pi k L)$$

$$+ R''_{f,o}/A_o + 1/(h_o A_o)$$

$$1/(U_i A_i) = 1/(U_o A_o) = R_{tot}$$

Parede cilíndrica, sem aletas; $A_i = \pi D_i L$ e $A_o = \pi D_o L$. R_{tot} em K/W; R''_f em m²·K/W; h e U em W/(m²·K); k em W/(m·K).

Incrustação eleva a resistência e tende a reduzir U , mantidas as demais condições. Pode também diminuir a seção livre e aumentar a perda de carga. Material depositado, tempo, temperatura, química e velocidade influem no processo; aumentar a vazão não elimina universalmente a incrustação.

**EXEMPLO 2 · Efeito do depósito**

Se, na mesma área de referência, $U_{limpo} = 1.000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e a resistência adicional é $0,0005 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, então $1/U_{sujo} = 0,001 + 0,0005$. Resulta $U_{sujo} \approx 667 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Para conservar a mesma potência e diferença média, seria necessária uma área 1,5 vez maior.

5 · Diferença média logarítmica e dimensionamento

$$\Delta T_{ml} = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)$$

$$Q = UA F \Delta T_{ml, \text{contracorrente}}$$

$$A = Q / (UF \Delta T_{ml})$$

Use U aproximadamente constante, regime permanente e as hipóteses do balanço. F corrige configurações cruzadas ou multipasses em relação à referência contracorrente; depende do arranjo e das temperaturas.

Diferenças nas extremidades

Configuração	Pares de temperaturas
Paralelo	$\Delta T_1 = T_{q,e} - T_{f,e}$; $\Delta T_2 = T_{q,s} - T_{f,s}$. Para esse arranjo simples, $Q = UA \Delta T_{ml, \text{paralelo}}$.
Contracorrente	$\Delta T_1 = T_{q,e} - T_{f,s}$; $\Delta T_2 = T_{q,s} - T_{f,e}$. Para o arranjo simples, $F = 1$.
$\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T$	O limite da expressão é $\Delta T_{ml} = \Delta T$. Não usar 0/0 nem substituir pela variação de temperatura de uma corrente.

A DTML não é média aritmética. Trocar simultaneamente ΔT_1 por ΔT_2 no numerador e no logaritmo mantém o resultado. Cada diferença deve comparar as correntes na mesma posição física. A saída fria pode superar a saída quente em contracorrente, pois estão em extremidades diferentes; isso não significa inversão local do fluxo de calor.

EXEMPLO 3 · Diferenças iguais

Quente de 120 para 60 °C e frio de 20 para 80 °C, em contracorrente: as duas diferenças terminais são 40 K. Para $Q = 480.000 \text{ kJ/h}$ e $U = 400 \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K})$, $A = 480.000 / (400 \times 40) = 30 \text{ m}^2$. A queda de 60 K da corrente quente não é a DTML.

EXEMPLO 4 · Logaritmos fornecidos pela prova

Se as diferenças forem 400 e 300 K e a prova fornecer $\ln 4 = 1,4$ e $\ln 3 = 1,1$, use esses arredondamentos: $\Delta T_{ml} = 100 / (1,4 - 1,1) \approx 333 \text{ K}$. Com logaritmos mais precisos o resultado muda; a resolução deve respeitar os dados numéricos pedidos.

Contracorrente aproveita melhor a força motriz térmica que paralelo em condições comparáveis. Não use a frase “sempre estritamente maior”: em um processo com uma corrente isotérmica, podem coincidir os resultados. Se U ou propriedades variarem muito, o cálculo deve ser subdividido em trechos ou integrado.

6 · Efetividade e número de unidades de transferência

Quando as temperaturas de saída não são conhecidas, é útil relacionar o calor efetivamente transferido ao máximo termodinâmico. Esse máximo usa a menor taxa de capacidade térmica e a diferença entre as temperaturas de entrada.

$$C_{\min} = \min(C_q, C_f); C_r = C_{\min}/C_{\max}$$
$$Q'_{\max} = C_{\min}(T_{q,e} - T_{f,e})$$
$$\epsilon = Q/Q'_{\max}; NUT = UA/C_{\min}$$

ϵ , Cr e NUT são adimensionais. NUT também aparece como NTU . A relação $\epsilon = f(NUT, Cr)$ depende do arranjo.

A corrente com menor C tem maior variação de temperatura para o mesmo calor trocado. Não escolha C pelo fluido mais quente nem pelo maior calor específico isoladamente. O máximo termodinâmico não é atingível em qualquer geometria finita. Após obter ϵ para a configuração, calcule Q e determine as saídas pelo balanço do bloco 3.

EXEMPLO 5 · Efetividade a partir das temperaturas

Com $C_q = 2 \text{ kW/K}$, $C_f = 3 \text{ kW/K}$, entradas quente/fria de $100/20 \text{ °C}$ e $Q = 96 \text{ kW}$: $Q_{\max} = 2 \times 80 = 160 \text{ kW}$ e $\epsilon = 0,60$. A saída quente é $100 - 96/2 = 52 \text{ °C}$; a fria, $20 + 96/3 = 52 \text{ °C}$. Conhecer ϵ permite calcular as saídas, sem supor antecipadamente seus valores.

Para uma corrente em mudança de fase idealmente isotérmica, a capacidade térmica efetiva tende ao infinito nesse modelo; Cr tende a zero. Isso expressa grande transferência com variação de temperatura desprezível, e não um calor específico ordinário infinito da substância.

7 · Aletas e escolhas de projeto

Aletas ampliam a superfície de troca, mas conduzem calor até suas partes afastadas da base. A temperatura não é, em geral, uniforme. A eficiência de aleta compara seu calor real com o que transferiria se toda a aleta estivesse à temperatura da base; a efetividade compara seu calor com o da área de base que ela ocupa, sem aleta. São razões diferentes.

$$m = \sqrt{[hP/(kA_t)]}$$

$$\text{Pino circular: } P = 2\pi r; A_t = \pi r^2; m = \sqrt{[2h/(kr)]}$$

Modelo unidimensional, seção constante e propriedades constantes. m tem unidade m^{-1} ; A_t é a seção transversal à condução, não toda a área lateral da aleta.

Aletas são particularmente úteis quando a resistência convectiva do lado considerado é elevada, como frequentemente ocorre no lado gasoso. Material, geometria, contato com a base e regime de escoamento definem a vantagem. Não afirme que sempre aumentam o desempenho nem que são neutras para custo e perda de carga. O dimensionamento térmico deve conviver com bombeamento, limpeza e restrições mecânicas.



Quadro-síntese

Pista e regra de decisão

Pista	Regra
Classificar	Construção, contato, serviço e arranjo são critérios distintos.
Balancear	$C = \dot{m}c_p$; incluir perdas quando informadas; mudança de fase usa Δh .
Dimensionar	Usar U e A na mesma referência e diferenças terminais corretas.
Incrustação	Acrescenta resistência; tende a reduzir U.
Efetividade	$\epsilon = Q/[C_{\min}(T_{q,e} - T_{f,e})]$; $NUT = UA/C_{\min}$.
Aletas	Distinguir área transversal, área de troca, eficiência e efetividade.

Armadilhas da aula

- 1. Perda ignorada.** O calor cedido pela corrente quente pode exceder o recebido pela fria. *Bloco 3; questão 1.*
- 2. Mudança de fase.** Temperatura constante não implica calor nulo. *Bloco 3; questão 2.*
- 3. Concorrente invertido.** Concorrente designa correntes no mesmo sentido. *Bloco 2; questão 4.*
- 4. Equilíbrio presumido.** Saídas iguais são condição do problema, não regra geral. *Bloco 3; questão 4.*
- 5. Extremidades trocadas.** Contracorrente associa entrada quente à saída fria. *Bloco 5; questão 6.*
- 6. Arredondamento esquecido.** Use os logaritmos fornecidos no enunciado. *Bloco 5; questão 7.*
- 7. Vazão sem densidade.** A igualdade entre razões volumétrica e mássica exige densidades iguais. *Bloco 3; questão 8.*
- 8. Passe confundido com chicana.** Conte percursos longitudinais completos. *Bloco 2; questão 9.*



Antes da prova, responda sem consultar

Autoavaliação

Pergunta	Bloco
Como distinguir recuperador, regenerador e contato direto?	1
O que significa corrente misturada em fluxo cruzado?	2
Como contar passes em casco e tubos?	2
Quando a perda ao ambiente entra no balanço?	3
Qual equação usar durante condensação isotérmica?	3
Por que U_i pode ser diferente de U_o ?	4
Como a incrustação altera a resistência térmica?	4
Quais pares de temperaturas usar em cada arranjo?	5
Qual o limite da DTML para diferenças terminais iguais?	5
Como escolher $C_{mín}$ e calcular ϵ ?	6
O que distingue eficiência e efetividade de aleta?	7
Qual área entra no parâmetro m de uma aleta?	7

Bateria de questões

Resolva antes de consultar as respostas. Questões reais preservam a procedência. Adaptações didáticas são sinalizadas; itens inéditos treinam os cálculos e decisões indicados no enunciado.

QUESTÃO 01 — CESGRANRIO — Petrobrás - Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica — 2018

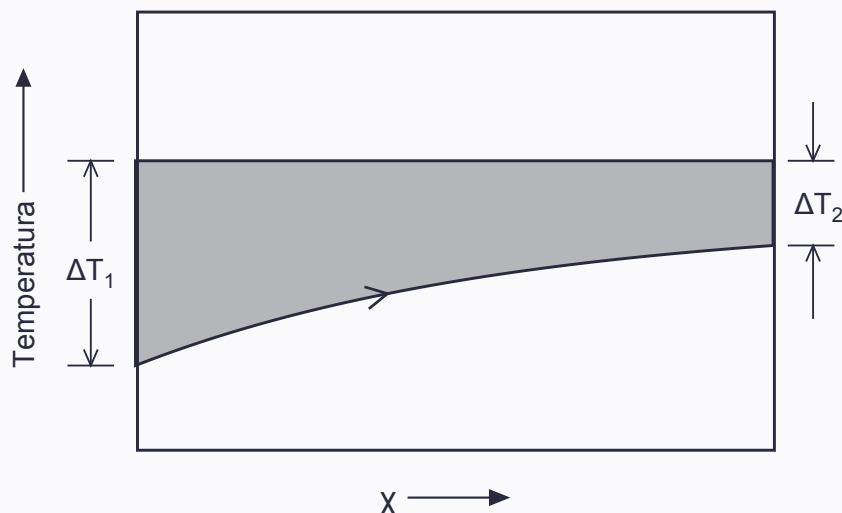
A temperatura da carcaça de um trocador de calor indica perda de calor para o ambiente. Sabe-se que: • corrente quente: Capacidade térmica = 2 kJ/K.s - Temperatura de entrada no trocador: 95 °C - Temperatura de saída no trocador: 45 °C • corrente fria: Capacidade térmica = 3 kJ/K.s - Temperatura de entrada no trocador: 25 °C - Temperatura de saída no trocador: 55 °C Com essas informações, a quantidade de calor perdida para o ambiente, em kW, é igual a:

- A) 0
- B) 10
- C) 20
- D) 30
- E) 40

Minha resposta: _____

QUESTÃO 02 — CESGRANRIO — Petrobrás - Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica — 2018

A figura abaixo ilustra a distribuição de temperatura em um trocador de calor no qual o fluido quente possui uma taxa de capacidade calorífica, C_q , muito maior do que a do fluido frio, dada por C_f . Essa é uma condição especial conhecida, na qual um trocador de calor pode ser operado. Nessa condição, a temperatura do fluido quente permanece aproximadamente constante ao longo do trocador, enquanto a temperatura do fluido frio aumenta.



A mesma condição é alcançada se o fluido quente for um

- A) líquido em calefação
- B) líquido em ebulição
- C) líquido evaporando
- D) vapor condensando
- E) vapor ressublimando

Minha resposta: _____

**QUESTÃO 03 — CESGRANRIO — Innova S.A. - Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica — 2012**

O trocador de calor casco e tubo é muito utilizado na indústria em razão de sua ampla faixa de uso. Neste tipo de trocador, um fluido escoa pelo interior dos tubos (fluido do lado tubo) e o outro, por fora dos tubos (fluido do lado casco). A esse respeito, considere as afirmações a seguir. I - O fluido mais corrosivo deve ser colocado no lado tubo. II - O fluido com maior pressão deve ser colocado no lado casco. III - O fluido com menor valor para o coeficiente de transferência convectiva de calor h deve ser colocado no lado tubo. É correto APENAS o que se afirma em

- A) I
- B) II
- C) III
- D) I e II
- E) II e III

Minha resposta: _____

QUESTÃO 04 — CESGRANRIO — REFAP - Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica — 2010

Considere um trocador de calor bitubular operando na situação de fluxo concorrente. O fluido interno escoa com uma vazão de 2 kg/s e tem um calor específico de 4000 J/kg°C, enquanto que a vazão e o calor específico da corrente externa valem, respectivamente, 1 kg/s e 2000 J/kg°C. Sabendo que as temperaturas de entrada dos fluidos interno e externo valem, respectivamente, 60 e 25°C, a temperatura de equilíbrio, em °C, das correntes é:

- A) 40
- B) 42,5
- C) 50
- D) 53
- E) 55

Minha resposta: _____

QUESTÃO 05 — CESGRANRIO — UNIRIO - Engenheiro - Mecânica — 2016

A diferença média logarítmica de temperaturas (LMTD) de um trocador de calor de correntes paralelas em que o fluido quente entra a 100°C e sai a 60°C, enquanto o fluido frio entra a 30°C e sai a 42°C, é

- A) $LMTD = 8/\ln(42/30)$
- B) $LMTD = 40/\ln(30/42)$
- C) $LMTD = 40/\ln(42/30)$
- D) $LMTD = 52/\ln(70/18)$
- E) $LMTD = 52/\ln(18/70)$

Minha resposta: _____

QUESTÃO 06 — CESGRANRIO — UNIRIO - Engenheiro - Mecânica — 2016

A diferença média logarítmica de temperaturas (LMTD) de um trocador de calor de correntes opostas, em que o fluido quente entra a 110°C e sai a 80°C , enquanto o fluido frio entra a 20°C e sai a 90°C , é

- A) $\text{LMTD} = 30/\ln(20/90)$
- B) $\text{LMTD} = 30/\ln(90/20)$
- C) $\text{LMTD} = 40/\ln(60/20)$
- D) $\text{LMTD} = 40/\ln(20/60)$
- E) $\text{LMTD} = 70/\ln(90/20)$

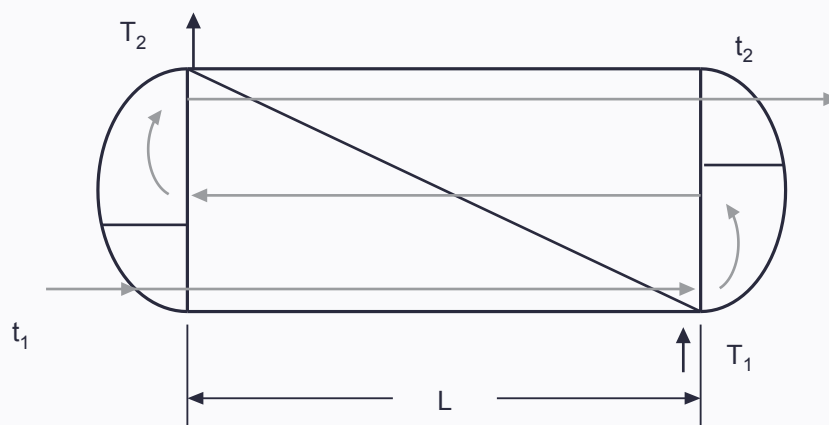
Minha resposta: _____

QUESTÃO 07 — CESGRANRIO — SFE - Engenheiro de Termoeletrônica - Mecânica — 2009

Em um trocador de calor de correntes opostas, o fluido quente entra a 520°C e sai a 420°C , e o fluido frio entra a 20°C e deverá sair a 220°C . A variação média da temperatura, em $^{\circ}\text{C}$, nesse caso, é aproximadamente igual a Dados: $\ln 4 = 1,4$ e $\ln 3 = 1,1$

- A) 200
- B) 220
- C) 333
- D) 420
- E) 666

Minha resposta: _____

QUESTÃO 08 — CESGRANRIO — Petrobrás - Técnico de Perfuração e Poços — 2012

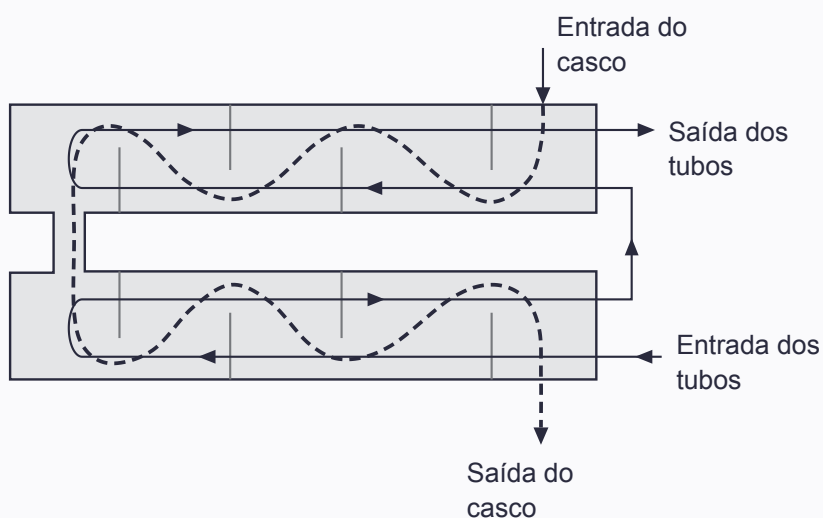
Na figura, está representado um trocador de calor do tipo casco/tubo. Tanto o fluido interno quanto o externo é a água, e as temperaturas são, respectivamente, $t_1 = 25^{\circ}\text{C}$; $t_2 = 35^{\circ}\text{C}$ e $T_1 = 80^{\circ}\text{C}$. Se a razão entre a vazão volumétrica das correntes frias e quentes é de 2:1, qual a redução de temperatura da corrente quente?

- A) 60°C
- B) 40°C
- C) 20°C
- D) 10°C
- E) 5°C

Minha resposta: _____

**QUESTÃO 09 — CESGRANRIO — Petrobrás - Técnico de Química Júnior — 2011**

O trocador de calor casco e tubos é muito utilizado em aplicações industriais. Nesse tipo de trocador, a transferência de calor ocorre com um fluido escoando no interior dos tubos, enquanto o outro fluido escoa fora dos tubos através do casco.



Com relação ao número de passes envolvidos no casco e nos tubos, o trocador de calor casco e tubos apresentado na figura acima possui

- A) um passe no casco e dois passes nos tubos
- B) dois passes no casco e dois passes nos tubos
- C) dois passes no casco e quatro passes nos tubos
- D) quatro passes no casco e dois passes nos tubos
- E) quatro passes no casco e quatro passes nos tubos

Minha resposta: _____



Resolução comentada

Os comentários retomam o bloco teórico e explicam por que as outras alternativas não atendem ao enunciado.

QUESTÃO 01 — Bloco 3 do resumo

Resposta: B. $C_q(95 - 45) = 100 \text{ kW}$ saem da corrente quente; $C_f(55 - 25) = 90 \text{ kW}$ entram na fria. A perda é 10 kW . Não some as duas potências nem suponha isolamento quando o enunciado informa perda.

QUESTÃO 02 — Bloco 3 do resumo

Resposta: D. Na interpretação usual de condensador da questão, o vapor cede calor latente ao condensar, com temperatura de saturação aproximadamente constante. Ebulição e evaporação absorvem calor. O modelo pressupõe mudança de fase de substância pura a pressão aproximadamente constante; a figura representa temperaturas, não vazões.

QUESTÃO 03 — Bloco 2 do resumo

Resposta: A. Apenas I corresponde às recomendações usuais de projeto. Maior pressão também favorece o lado tubo, tornando II falsa. Baixo h pode favorecer recursos de intensificação do lado casco, não a prescrição de III. A seleção depende do serviço; não há obrigação universal de revestimento de vidro.

QUESTÃO 04 — Bloco 3 do resumo

Resposta: D. $C_{\text{interno}} = 2 \times 4.000 = 8.000 \text{ W/K}$; $C_{\text{externo}} = 1 \times 2.000 = 2.000 \text{ W/K}$. No limite de temperatura comum, $8.000(60 - T) = 2.000(T - 25)$, resultando $T = 53 \text{ °C}$. Trata-se da temperatura de equilíbrio pedida, não da saída de qualquer trocador finito.

QUESTÃO 05 — Bloco 5 do resumo

Resposta: D. Em paralelo, as diferenças terminais são $100 - 30 = 70 \text{ K}$ e $60 - 42 = 18 \text{ K}$. Portanto, $DTML = 52/\ln(70/18)$. Usar apenas temperaturas da corrente fria não calcula a força motriz entre os fluidos.

QUESTÃO 06 — Bloco 5 do resumo

Resposta: C. Em contracorrente, as diferenças são $110 - 90 = 20 \text{ K}$ e $80 - 20 = 60 \text{ K}$. Assim, $DTML = 40/\ln(60/20)$. A saída fria de 90 °C e a quente de 80 °C ficam em extremidades opostas; não há cruzamento local de temperaturas.

QUESTÃO 07 — Bloco 5 do resumo

Resposta: C. As diferenças terminais são $520 - 220 = 300 \text{ K}$ e $420 - 20 = 400 \text{ K}$. Com os logaritmos fornecidos, $DTML = 100/(\ln 4 - \ln 3) = 100/0,3 \approx 333 \text{ °C}$. A diferença de temperatura admite o mesmo valor numérico em K ou °C .

QUESTÃO 08 — Bloco 3 do resumo

Resposta: C. Admitindo densidade e calor específico da água aproximadamente iguais nas duas correntes, $C_f/C_q = 2$. Logo, $C_q\Delta T_q = 2C_q(35 - 25)$, de modo que a redução quente é 20 °C . A temperatura de saída quente seria 60 °C ; o enunciado pede a redução, não a saída.

**QUESTÃO 09 — Bloco 2 do resumo**

Resposta: C. O fluido do casco entra na metade superior, percorre-a longitudinalmente, retorna pela extremidade esquerda e percorre a metade inferior até a saída: dois passes no casco. O trajeto tubular realiza quatro percursos longitudinais, dois em cada metade, ligados pelos retornos. São dois passes no casco e quatro nos tubos; as ondulações da linha tracejada entre as chicanas são desvios locais, não passes adicionais.

Gabarito rápido

Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Resposta	B	D	A	D	D	C	C	C	C

Referências técnicas para consulta

As referências apoiam os conceitos apresentados. As situações numéricas e os casos identificados como exemplos são autorais. Este material é independente das instituições citadas.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. Rio de Janeiro: LTC.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática. Porto Alegre: AMGH.