OBTENÇÃO EXPERIMENTAL DOS COEFICIENTES DE CONVECÇÃO EM TROCADOR DE CALOR DUPLO TUBO SEMI – INDUSTRIAL PARA SOLUÇÕES DE CARBOXIMETILCELULOSE A 0,5%

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF CONVECTION COEFFICIENTS IN A SEMI-INDUSTRIAL DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER FOR 0.5% CARBOXYMETHYLCELLULOSE SOLUTIONS

Gabriela Cristina Pereira, Jonatas Dos Santos Cordeiro, Julia Ribeiro Veiga, Karoline Oliveira Silva, Milena Nascimento Das Dores, Marcilio Dias Lopes

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Química
E-mail para contato: md191493@alunos.unisanta.br

RESUMO – O coeficiente de transferência de calor por convecção, determinado experimentalmente, é fundamental na transferência de calor e crucial para o projeto térmico de trocadores de calor. Este trabalho objetivou obter o coeficiente de convecção interno da solução de carboximetilcelulose (CMC) em um trocador de calor do tipo duplo tubo semi-industrial, variando temperatura e vazão da solução de CMC. O coeficiente foi obtido através de balanços térmicos. Os resultados mostram que o coeficiente de convecção interno da solução, quando exposto a baixas temperaturas, atinge um número baixo de eficiência.

Palavras-chave: Coeficiente de convecção interno; Trocador de calor duplo tubo; Solução de Carboximetilcelulose; Torre de resfriamento;

ABSTRACT – The convective heat transfer coefficient, determined experimentally, is fundamental in heat transfer and crucial for the thermal design of heat exchangers. This work aimed to obtain the internal convection coefficient of the carboxymethylcellulose (CMC) solution in a semi-industrial double tube heat exchanger, varying the temperature and flow rate of the CMC solution. The coefficient was obtained using thermal balances. The results show that the internal convection coefficient of the solution, when exposed to low temperatures, reaches a low efficiency number.

Keywords: Internal convection coefficient; Double tube heat exchanger; Carboxymethylcellulose solution;

Tipo do trabalho: (x) Iniciação científica ( ) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1 INTRODUÇÃO

Trocadores de calor são equipamentos que realizam a troca térmica entre fluidos, com temperaturas diferentes, onde normalmente não há contato entre ambos, sendo separados por uma interface sólida. São responsáveis pelo controle da temperatura de operação dos processos industriais. Existem diversos tipos de trocadores e suas devidas funcionalidades, dentre os existentes, o trocador de calor duplo tubo se destaca pois, por meio de seu uso, é possível descobrir e mapear a transferência de calor entre dois fluidos presentes em ambas as partes do trocador.

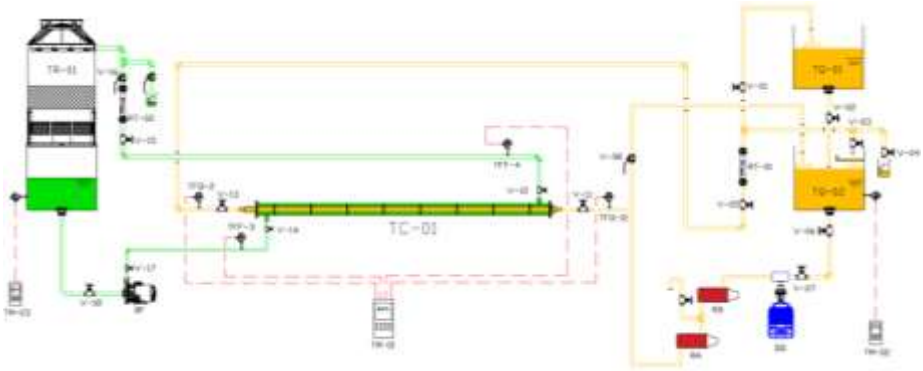
Por exercer grande função e múltiplas aplicações dentro de variados tipos de indústrias, projetos de pesquisa e desenvolvimento são implementados em trocadores de calor, visando a melhora da eficiência energética entre os fluidos, maior produtividade, aprimoramento na qualidade do produto, redução do uso de energias fósseis e diminuição de custos operacionais.

A determinação do coeficiente global de troca térmica em fluidos não-newtonianos vem evoluindo de maneira gradativa, por esse motivo, poucos artigos e teses podem ser encontrados na literatura. Com o intuito de alimentar o mercado e implementar novas possibilidades com o uso da solução de CMC, despertou-se a importância da realização desta pesquisa acadêmica para determinação das propriedades em diversos estados térmicos e em variadas quantidades volumétricas.

Este trabalho tem como objetivo obter experimentalmente o coeficiente de convecção interno, utilizando diferentes vazões e temperaturas da solução de CMC, para a comparação de ensaios e determinação da condição de operação mais eficiente em um trocador de calor duplo-tubo direto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Figura 1: Unidade experimental do sistema de trocador de calor duplo tubo semi-industrial



Para a partida da bomba BQ do fluido quente é necessário que as V-06 e V-07, instaladas na sucção estejam abertas, que a válvula V-11, que alimenta o trocador TC-01 esteja fechada, que a válvula V-08 do reciclo esteja aberta e que a válvula V-03, responsável pelo retorno de fluido quente ao TQ-03 esteja fechada, sistema demonstrado na Figura 1. A bomba do fluido quente é acionada com o seccionamento do disjuntor BQ, e do inversor de frequência, mantendo a rotação conforme o fluxo desejado no rotâmetro RT-01. A vazão de fluido é regulada através da válvula V-05, conforme Figura 1.

O fluido passará pelos refervedores RA e RB. Após a válvula V-08, que deverá estar aberta, o TQ-01 irá encher e manter-se neste regime até que sua temperatura alcance a desejada para o início do experimento. Para partida, os disjuntores RA e RB, e os potenciômetros PA e PB são acionados, que pré-aquecem o fluido de entrada ao trocador, conforme a Figura 1.

No início, mantém-se o equipamento em regime de reciclo, a fim de se atingir a temperatura desejada para início do experimento. Durante o regime de reciclo aciona-se o disjuntor BF para dar partida a bomba que alimenta o fluido frio ao trocador. Abrem-se as válvulas de saída de água, bomba de partida, entrada e saída do trocador e a de retorno da água, por essa ordem, V-18, V-14, V-12, V-16 e V-15. Após a confirmação que todas as válvulas

citadas estão abertas, partir a bomba através do disjuntor BF e abrir lentamente a válvula de descarga da bomba V-17, demonstrado na Figura 1.

A água da torre é encaminhada até o trocador de calor, deslocando–se pelo casco propiciando a troca térmica. A vazão da água é controlada através do rotâmetro RT-02, indicado na Figura 1. A torre, resfria o fluido pelo contato da água com o ar que adentra pelas calhas.

Com a abertura das válvulas de entrada e saída de fluido quente, respectivamente, V-11 e V-13 e fechamento da V-08 o fluido é encaminhado ao tubo do trocador, e o ensaio é iniciado. Controla-se a vazão em contracorrente desejada de fluido e água da torre através dos RT-01 e RT-02. Com o termopar, TM-01 ligado é possível ler a temperatura do ponto I, entrada do fluido quente no trocador, mantendo-a constante dentro dos parâmetros definidos para realização dos testes, conforme Figura 1.

Anota-se os dados de partida, as vazões da água e do fluido através da visualização dos rotâmetros e as temperaturas exibidas no visor dos termopares. A cada 3 minutos coleta-se os dados de temperatura dos pontos de entrada e saída de fluido quente do trocador de calor, TFQ-1 e TFQ-2, e as temperaturas de entrada e saída de fluido frio, TFF-3 e TFF-4, exibido no painel do TM-01, representado na Figura 1. O teste é finalizado no instante em que a temperatura de saída do fluido quente se mantenha estabilizada por 3 ensaios.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos experimentalmente, demonstrados na Tabela 1, através do acompanhamento do memorial de cálculo, descrito em [1], realizado individualmente para cada ensaio, retratam a ordem de cálculo para alcance de resultados. A obtenção da taxa de transferência de calor entre os fluidos, representada pela equação (1), média logarítmica das temperaturas, equação (2), o coeficiente global de troca térmica, equação (3) e coeficiente de película externo obtido em [2], propiciam a descoberta do coeficiente de película interno, equação (4), para cada ensaio.

$$\dot{Q} = m.cp.\Delta T \quad (1)$$

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{ln[\frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}]} \quad (2)$$

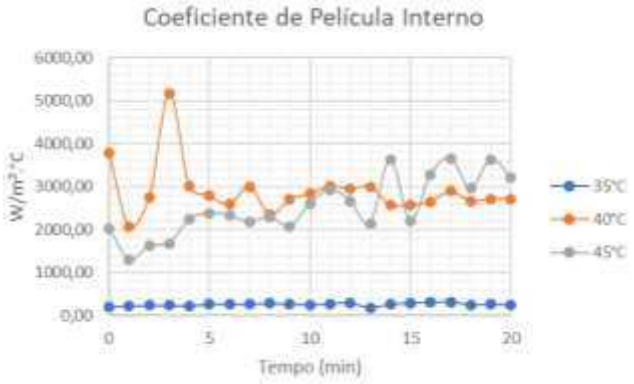
$$U = \frac{Q}{A \times LMTD} \quad (3)$$

$$\frac{1}{hi} = \frac{1}{ho} - \frac{1}{U} \quad (4)$$

Tabela 1 – Resultados obtidos experimentalmente

	Fluido Quente				RESULTADOS OBTIDOS		
Experimento	T1 (°C)	T2 (°C)	Vazão (LPM)	Q (W)	LMTD (°C)	U (W/m².°C)	hi (W/m².°C)
35°C	35,18	31,44	10,00	392	6,63	219	264
40°C	41,09	35,91	10,00	2344	9,54	895	2894
45°C	45,23	38,74	10,00	3193	13,79	849	2528

Figura 2 – Representação gráfica dos resultados obtidos experimentalmente



4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram a influência significativa das variáveis aplicadas para o experimento, com foco principal na diferença de temperaturas. Ao observar, a Tabela 1, é possível enxergar grande disparidade do coeficiente de convecção interno durante a rodagem do ensaio dividida em três temperaturas. Sua eficiência, durante a exposição da solução de CMC a 35°C, demonstra um comportamento insatisfatório, enquanto a maiores temperaturas seu valor diverge claramente. Com o objetivo de encontrar menor discrepância entre as diferentes temperaturas e vazões, tende-se a novas oportunidades de continuidade do experimento para um maior conhecimento e abordagem. Compreender esses parâmetros garante o dimensionamento preciso da área de troca térmica do trocador de calor, proporcionando o máximo desempenho dentro das variáveis do processo. Agradecimentos são dirigidos à

Universidade Santa Cecília pelo suporte durante o desenvolvimento deste estudo, que se alinha com os objetivos de pesquisa da instituição.

5 REFERÊNCIAS

1. Pereira, F. V. Projetos de Trocadores de Calor. Santos: Comunicar, 2018.
2. Rosa, V. S. Transferência de calor e scale-up de tanques com impulsores mecânicos em operação com fluidos não-newtonianos. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi: 10.11606/T.3.2018.tde-12032018-141529.