

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE DESEMPENHO DE TROCADORES DE CALOR DO TIPO PLACAS EM ESCALA PILOTO

JULIANE DO NASCIMENTO SILVA SANTOS¹ LAÍS FONSÊCA SEIXAS DE OLIVEIRA² JOSÉ ANTÔNIO DE C. CUNHA³

¹Graduada em Engenharia Química, UNIFACS, Salvador-BA, julianenss@hotmail.com;

²Graduada em Engenharia Química, UNIFACS, Salvador-BA, lais.fso@gmail.com;

³Engenheiro Químico, Prof. Curso de Engenharia Química - UNIFACS – Salvador-BA, jac.cunha@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Os trocadores de calor são de grande relevância para as indústrias, por ser um equipamento que permite a troca térmica entre dois fluidos, um fluido quente e um fluido frio. Desse modo, a preocupação ambiental aumenta cada vez mais, pois o trocador atua em diversas áreas, como alimentícia, farmacêutica, petroquímica, entre outras, sendo assim, quanto maior a otimização do processo, melhor será para a economia. Dessa forma, o presente trabalho objetivou analisar e comparar a eficiência térmica de um trocador de calor de placas em escala laboratorial, com análises experimentais e simulações computacionais, onde o fluido de trabalho foi a água, visando comparar o desempenho desejado da situação real, onde as referências foram apresentadas pela folha de dados (datasheet) do equipamento. Conseqüentemente, a relevância da identificação de uma melhor eficiência do sistema e melhores condições de operação do sistema foi analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Trocador de Calor do Tipo Placas. Coeficiente Global de Transferência de Calor. Métodos de Análise de Desempenho de Trocador de Calor.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF PERFORMANCE OF PLATE-SCALE HEAT EXCHANGERS

ABSTRACT: Heat exchangers are of great relevance for industries, as it is a device that allows heat exchange between two fluids, a hot fluid and a cold fluid. In this way, the environmental concern increases more and more, since the exchanger operates in several areas, such as food, pharmaceutical, petrochemical, among others, so, the greater the optimization of the process, the better it will be for the economy. Thus, the present work aimed to analyze and compare the thermal efficiency of a plate heat exchanger on a laboratory scale, with experimental analyzes and computer simulations, where the working fluid was water, aiming to compare the desired performance of the real situation, where the equipment data sheet presented the references. Consequently, the relevance of identifying better system efficiency and better system operating conditions was analyzed.

KEYWORDS: Plate Type Heat Exchanger. Global Heat Transfer Coefficient. Heat Exchanger Performance Analysis Methods.

INTRODUÇÃO

Em indústrias de processo químico a utilização de trocadores de calor para promover o aquecimento e resfriamento de correntes é muito comum, pois são equipamentos típicos da área de Engenharia. O trocador de calor a placas (PHEs – plate heat exchanger) é um dos mais empregados, suas maiores vantagens são a flexibilidade, versatilidade, grande facilidade de limpeza e manutenção, alto rendimento térmico, bom controle de temperatura e economia de espaço, eles são muito usados na área alimentícia, como pasteurização de leite, por exemplo. Dessa maneira, os PHEs são

constituídos por placas metálicas corrugadas, paralelas entre si e entre as quais escoam os fluidos através dos canais formados, com vazão orientada por gaxetas (Shires et al., 1994).

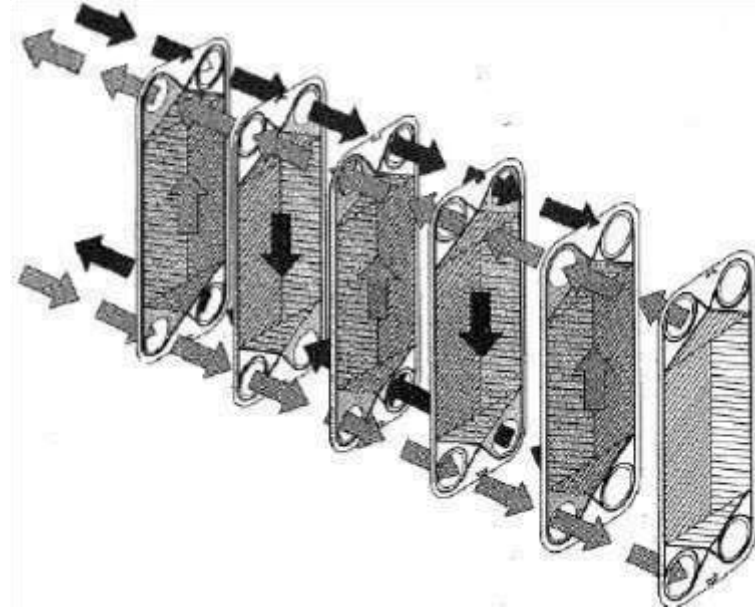
Na indústria, a importância da otimização da energia térmica é cada vez mais crescente, pois com o desenvolvimento contínuo da sociedade e a necessidade de recursos cada vez maior, aumentando a preocupação ambiental. Sendo assim, o reaproveitamento de calor em sistemas de produção industrial, reutilizando a energia que seria desperdiçada no sistema, otimizando os processos com os recursos usados, como a diminuição no gasto de energia e água, tem como consequência o aumento nos lucros do produto e a redução de gases que seriam produzidos pela combustão, o que é positivo para o meio ambiente.

Os estudos experimentais são realizados na planta piloto e está localizada no laboratório de Máquinas Elétricas, Térmicas e de Fluxo da Universidade Salvador (UNIFACS). A planta piloto em estudo é composta por um trocador de calor do tipo placas, operando em fluxo contracorrente utilizando água como fluido frio e quente. A avaliação da eficiência de troca térmica do trocador de calor a placas será obtida por dados coletados e analisados através da manipulação do sistema de estudo, em relação as condições de entrada, como a temperatura e a vazão volumétrica do fluido quente.

MATERIAL E MÉTODOS

O trocador de calor de placas da planta piloto é de fabricação da Apema com materiais constituídos por placas em AISI 304 (aço cromo-níquel) e solda feita com cobre ou níquel para uso de NH₃, as suas dimensões estão detalhadas de acordo com a Tabela 1. A montagem do trocador de calor é realizada para que os fluidos circulem em contracorrente, onde os fluidos quente e frio entram em passagens alternadas, devido o arranjo das gaxetas nas placas e a localização alternada das placas “A” e “B”, por exemplo, o fluido quente passa pelos números ímpares e o fluido frio pelos números pares, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Caminho percorrido pelos fluidos dentro de um trocador de placas



Fonte: Kakaç, Liu e Pramuanjaroenkij (2012).

Tabela 1 - Folha de dados do trocador de calor

TIPO/MODELO	Dimensões (mm)						Conex. Pol.	Nº Máx. Placas	Volume Litros/Canal	Peso em KG
	A	B	C	D	E	F				
K 030	80	194	40	154	20	10+2,25xN	3/4"	60	0,025	0,8+0,050xN

Fonte: Catálogo Apema.

Para analisar a eficiência da troca térmica do trocador de calor a placas foram coletados durante três dias os dados da vazão volumétrica de entrada e saída e a temperatura dos fluidos no processo. O fluido utilizado foi água, onde uma bomba foi utilizada para auxiliar na sua vazão e posteriormente o fluido foi aquecido por uma resistência, já o fluido frio foi obtido diretamente do reservatório, em temperatura ambiente. Um sistema de tubulação com medidores de vazões, válvulas independentes para cada um dos fluidos e termômetro infravermelho. Nosso trocador de placas modelo K030 é constituído de 15 placas conjugadas de aço inoxidável com as dimensões especificadas no datasheet, possibilitando o dimensionamento da sua área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da eficiência de troca térmica do trocador de calor de placas de escala laboratorial foi realizada através de dados coletados e analisados com base nos experimentos neste equipamento com a variação das temperaturas de entrada do fluido quente e frio e vazões volumétricas do fluido quente e frio, onde a água foi o fluido utilizado.

Com os fluidos em movimento, foi monitorado as vazões e as temperaturas e este procedimento foi repetido em triplicata dos ensaios, com dias e horários diferentes, pois o fluido frio está na temperatura ambiente, onde não foi possível mantê-lo constante já que sofria variação em virtude da temperatura ambiente, de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 – Dados experimentais calculados para o trocador estudado

	Q (Kcal/hr)	ΔT_{ml} (°C)	U (Kcal/hr.m ² .°C)	Área de troca (m ²)
Situação 01	1440	1,698	745,342	1,138
Situação 02	960	1,049	745,342	1,228
Situação 03	1200	1,3976	745,342	1,152

Fonte: Elaboração própria.

Com a simulação realizada no Aspen Plus V8.8®, foi possível encontrar os resultados apresentados. Dessa maneira, foi analisado a eficiência experimental e simulada do trocador de calor de placas estudado.

Quando se analisa um trocador de calor uma das variáveis mais importante é o coeficiente global de troca térmica (U), pois na equação ela relaciona o calor trocado

(Q) e a área de troca (A) variáveis importantes para o estudo do desempenho do trocador. Foi preciso verificar dados como as temperaturas e vazões da entradas e saídas da planta piloto estudada para obter os valores dos métodos da Diferença de Temperatura Média Logarítmica (LMTD) e comparar com o valor obtido na simulação. Percebe-se uma variação nos dados do calor trocado e do coeficiente global com relação as três situações, isso se deve por causa da variação da temperatura que não foi possível manter constante devido a fatores como a temperatura ambiente na entrada da água fria. Através da equação foi calculado o desvio do coeficiente global (U) no qual foi obtido um valor 1,9 %, esse valor pode ser justificado devido as configurações geométricas do trocador de calor de placas que por ter estruturas mais complexas não é precisa ocorrendo dessa forma um desvio do valor experimental em relação ao simulado.

CONCLUSÃO

Os trocadores de calor nas indústrias de processos químicos são de suma importância para manter a funcionalidade desejada. Garantir a sua efetividade na troca térmica é fundamental para otimização dos processos, pois dessa maneira os recursos utilizados, como a diminuição dos gastos de energia e água são obtidos, além de ter consequências positivas para o meio ambiente. Dessa maneira, os parâmetros de projeto são fundamentais para assegurar boa funcionalidade do trocador de calor. Foi calculado pelos dados adquiridos experimentalmente uma média do coeficiente global de troca térmica para as situações 1,2 e 3 obtendo-se $U=745,342$ Kcal/hr.m². °C com um desvio de 1,9% do valor experimental com relação ao valor simulado. O método DTML, calor trocado e a área de troca térmica foram calculados para cada situação.

Portanto, por meio dos cálculos da quantidade de calor trocada, foi possível concluir que mesmo com possíveis erros de medição e imprecisão dos instrumentos utilizados para obtenção dos dados das variáveis de vazão e temperatura o atual trabalho mostrou resultados satisfatórios que ratificaram a consistência dos dados entre as condições experimental e simulada.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. **Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática**. 4. ed. São Paulo: Editora AMGH, 2012
- ESSEL, **Engenharia. Equipamentos de troca térmica**, [2010?]. Disponível em: <<https://essel.com.br/cursos/material/03/CAP2.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- GARDENAL, A.; SGUARIO, M., **Avaliação do desempenho de trocadores de calor**. 2016. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.
- GUT, Jorge Andrey Wilhelms. **Modelagem matemática e validação experimental da pasteurização de alimento líquido em trocadores de calor a placas**. 2012. 119 f. Tese 184 (Livre-Docente em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2012.
- HEWITT, G.F.F.; SHIRES, G.L.; BOTT, T.R. **Process Heat Transfer**. Boca Raton: CRC Press, 1994. INCROPERA, Frank P. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC
- KAKAÇ, Sadik; LIU, Hongtan; PRAMUANJAROENKIJ, Anchasa. **Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design**. Boca Raton: Crc Press, 2012.
- PERUSSI, R., **Análise do desempenho de trocadores de calor de fluxo cruzado por simulação numérica**. 2010. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), São Carlos, 2010.
- Özisik, M. N. **Transferência de Calor**. Editora Guanabara
- SHIRES, G. L.; BOTT, T. R.; HEWITT, G. F. **Process Heat Transfer**. Londres: Editora CRC Press, 1994