

INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE AR COM TROCADOR DE CALOR PARA APLICAÇÃO EM LEITO FLUIDIZADO GASOSO

Leandro Dezorde de Gouvêa¹
Maria Zerlândia Barbosa de Lima²

RESUMO

Os equipamentos utilizados para realizar a troca térmica são os trocadores de calor; estes, por sua vez, têm várias aplicações no ramo industrial, por isso, tem-se uma grande diversidade desses equipamentos de acordo com a necessidade do processo. Os mais utilizados nas indústrias são os de casco e tubos, pois realizam trocas de calor em grandes áreas, são de fácil manutenção e seus custos são mais econômicos. Para atender ao processo dos leitos fluidizados gasosos se utilizou um trocador de calor casco e tubos de passe 1-1, esses trocadores são de fácil construção e atendem ao processo de maneira eficiente. Para que o projeto funcione de forma satisfatória é necessário ter conhecimento da transferência de calor no processo entre o sistema e suas vizinhanças. O leito fluidizado inicia-se a uma velocidade mínima de fluidização, pois abaixo dessa velocidade não pode ser fluidizado, entretanto, se o leito fluidizado for muito acima da velocidade, os sólidos serão levados para fora do leito. O processo é alimentado por um soprador que capta a temperatura ambiente e libera na tubulação a uma temperatura de 75 °C; o ar aquecido é introduzido no trocador de calor que se testa para atender ao processo, na saída do trocador a temperatura do ar aquecido é de 32 °C, pois se a temperatura ultrapassar mais de 35 °C pode danificar o rotâmetro. Para a elaboração do protótipo foi realizada uma pesquisa bibliográfica de fundamentos teóricos, com o objetivo de melhor entender sobre o processo de trocas térmicas, termodinâmica e suas aplicações na indústria.

Palavras-chave: Trocador de calor. Transferência de calor. Leitos fluidizados gasosos.

1 INTRODUÇÃO

A transferência de calor tem como foco resfriar ou aquecer fluidos em diferentes temperaturas em que ocorrem trocas térmicas para que a energia envolvida no sistema seja transferida de um lugar para outro ou entre fluidos. Na termodinâmica é determinada como interações entre o sistema e suas vizinhanças, assim, essa energia pode estar associada ao escoamento de um fluido ou massa, incluindo a troca por energia de calor e trabalho (KREITH; BOHN, 2013; MORAN et al., 2014).

A transferência de calor em diferentes temperaturas é uma energia em trânsito, é uma forma de energia passada de um sistema para outro. Desse modo, a transferência de calor determina o tempo da troca térmica entre equipamentos ou processos, enquanto a termodinâmica define a quantidade de calor transferido (ÇENGEL; GHAJAR, 2012; MORAN et al., 2014).

Essa transferência de calor está presente em praticamente tudo em nossa volta, nos equipamentos domésticos, no corpo humano, quando saímos de um lugar quente para um lugar frio. Nas indústrias que envolvem o campo da engenharia são projetados diversos equipamentos os quais realizam esses tipos de processos como condensadores, caldeiras, refrigeradores, aquecedores e trocadores de calor (INCROPERA et al., 2013).

Os trocadores de calor são equipamentos bastante aplicados nas indústrias em razão de promover a troca térmica de forma eficiente e de baixo custo; existem diversos tipos de trocadores que se pode classificar de acordo com sua

¹ Graduado em Engenharia Química pelo Centro Universitário do Norte Paulista (Unorp) de São José do Rio Preto; leandrim_gfav@hotmail.com

² Graduada em Engenharia Química pelo Centro Universitário do Norte Paulista (Unorp) de São José do Rio Preto; zlandialima2011@hotmail.com

forma geométrica, maneira de operação e de acordo com os tipos de fluidos que percorrerão entre eles. Os trocadores de calor são utilizados em muitos campos da indústria química, petroquímica, alimentícia, farmacêutica, entre outros (FOUST, 2012).

Para projetar um trocador de calor se deve seguir várias etapas, como definição do coeficiente global da troca térmica, fator de incrustação, espaço a ser projetado, tipo de fluido que irá escoar, temperaturas de entrada e saída do processo, perdas de cargas envolvidas no processo, instalação e manutenção (INCROPERA et al., 2013; FOUST, 2012).

O trocador de calor pode auxiliar o processo de um leito fluidizado, que consiste geralmente na passagem de um fluxo em que passa um determinado líquido ou sólido, com auxílio de gás; este se comporta em um estágio inicial, intermediário e leito borbulhante. A formação do leito ocorre quando um fluxo adequado de gás inicia o percurso por entre um leito de material, criando uma condição de rápida mistura e turbulência. Este, por sua vez, tem uma aparência próxima a um líquido em fervura vigorosa, colocando, assim, as partículas em contato mútuo, levadas pelos jatos do gás de arraste (SANTOS, 1997; TAMBOURGI, 1982).

O projeto realizado com o trocador realizará as devidas trocas térmicas para que a temperatura de saída seja ideal para o processo do leito fluidizado gasoso. Esse trocador, por sua vez, será alimentado por um soprador radial que tem como propósito coletar o ar externo e convertê-lo em ar quente com uma temperatura elevada de entrada do processo (NITZ; GUARDANI, 2008; INCROPERA et al., 2013).

O ar de saída do trocador será controlado pela temperatura que é introduzida no manômetro de mercúrio, o qual fornece a leitura da pressão, e nos rotâmetros se mede a vazão do fluido em questão; todos esses acessórios têm o objetivo de tornar a operação da coluna do leito fluidizado eficiente (MATTJIE; RISTOF; MICHELS, 2013; BRUNETTI, 2013).

Dessa forma, no presente trabalho teve-se o objetivo de instalar um sistema de alimentação de ar para uma coluna de leito fluidizado, e os objetivos específicos foram especificar um soprador que atenda às necessidades da coluna de leito fluidizado, analisar a efetividade de troca térmica entre o ar quente e a água em um trocador de calor casco e tubos de passe 1-1 para que a temperatura do ar não seja superior a 35 °C, detalhar o rotâmetro para medir a vazão do ar e instalar um manômetro em “U”, para determinar a pressão diferencial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A transferência de calor tem como objetivo determinar o tempo de resfriamento ou de aquecimento em equipamentos ou processos, já a termodinâmica determina a quantidade de calor transferido. Assim, define-se o calor como uma forma de energia passada de um sistema para outro, resultante da diferença de temperaturas (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

No campo da engenharia tem-se diversas aplicações usando a transferência de calor, como em trocadores de calor, fornos industriais, evaporadores e caldeiras. Já no dia a dia está presente em muitos equipamentos domésticos, como ar condicionado, refrigeradores, freezers, ferros, fogões elétricos e fornos elétricos residenciais (KREITH; BOHN, 2013; VIANA; LOTTERMANN; SPOHR, 2011).

Os trocadores de calor são projetados de acordo com a necessidade e conforme a aplicação a serem utilizados pelas indústrias, assim, são classificados conforme os formatos e seus respectivos modelos. Antes de serem construídos, precisam ser considerados alguns fatores: tipo de escoamento dos fluidos em questão e espaço a ser implantado, viabilizando o menor custo-benefício (INCROPERA et al., 2013; TONIN; NEGRÃO, 2003; MUKHERJEE, 1998; RUBBO, 2014; MATTJIE; RISTOF; MICHELS, 2013).

Entre os principais tipos de trocadores sedestacam o de duplo tubo, casco e tubos, a placas e compactos (ARAÚJO, 2002; DE SOUZA; MANZELA, 2015).

Para analisar o desempenho de um trocador de calor é necessário ter o valor total da transferência de calor, como temperatura de entrada e saída, área total superficial da troca térmica, cálculo das perdas de carga, espaço suficiente para a instalação e manutenção do equipamento, tipo de escoamento do fluido do trocador, fator de incrustação, sedimentação, cristalização, no caso da corrosão, tendo em vista que os fluidos corrosivos necessitam de aço especial

para que no escoamento não danifiquem o equipamento e a segurança do pessoal que irá manuseá-lo, para então decidir qual o melhor projeto do equipamento a ser desenvolvido na indústria (INCROPERA et al., 2013; FOUST, 2012).

Nesses processos de trocas térmicas colocam-se dois ou mais fluidos com diferentes temperaturas para realizá-las, em que ambos tendem a estar em temperaturas aproximadamente estáveis. Em trocadores simples os fluidos podem estar no mesmo sentido, o quente e o frio, de maneira paralela, mas separados por barreiras sólidas, assim, entrando e saindo na mesma extremidade do equipamento; entretanto, também existem os que entram em contracorrente, passam pelo trocador em sentidos contrários e acabam saindo em extremidades distintas do trocador (INCROPERA et al., 2013; ARAÚJO, 2002; ALMEIDA; ARAÚJO, 2004; ANGELUCCI; NAGAOKA; ALMEIDA, 2006).

Os trocadores de calor mais utilizados quando se pretende trabalhar com grandes áreas de troca térmica são os de casco e tubos, porém é preciso que avaliar se estes atendem à necessidade do processo e também analisar se são os mais adequados. A montagem desses trocadores consiste em casco e tubos cilíndricos, na parte maior o lado casco, e em seu interior, na parte menor, acopla-se um feixe de tubos paralelos unidos por chicanas (placas metálicas perfuradas), que ficam presos por espelhos em cada extremidade; o espelho é fixado junto ao casco, no casco são acoplados bocais para a entrada e a saída dos fluidos (ARAÚJO, 2002).

Segundo Araújo (2002), a maneira mais simples de um trocador de calor casco e tubos é quando se efetua apenas uma única passagem dos fluidos no lado casco e no lado dos tubos assim, o fluido entra no bocal, percorre todo o tubo em sentido paralelo e sai pela outra extremidade, esse trocador é de um passe. Um equipamento de passe 1-1 pode realizar operação em contracorrente ou em paralelo, isso depende de como é realizada a alimentação do trocador.

O rotâmetro é um tubo graduado no qual se localiza um elemento flutuante com ranhuras helicoidais, de forma que a rotação resultante faça com que se mantenha no centro do tubo. Dependendo da vazão, o flutuante irá se localizar em uma certa posição, que na escala corresponde a uma vazão predeterminada. O objetivo desse equipamento é exibir a leitura da medida do volume de vazão durante um determinado tempo (BRUNETTI, 2013).

O manômetro de mercúrio montado nesse projeto é para medir a pressão do ar aquecido que sai do trocador. O manômetro é constituído por uma mangueira acrílica no diâmetro de 6,35 milímetros = 0,635 centímetros, no comprimento de 50 centímetros.

A fluidização promove um melhor desempenho no transporte das partículas, reduzindo, assim, a resistência do calor e da massa no processo, além disso, amplia o contato da superfície das partículas sólidas e o fluido, promovendo a homogeneização do material. Assim, é colocada uma quantidade de massa de partículas sólidas em uma tela de aço perfurada com medidas em micro, ou em uma tela de aço com medidas específicas, sendo introduzido na coluna um gás ou líquido no sentido ascendente, formando um leito fixo.

Neste trabalho foi montado um sistema de alimentação de ar para uma coluna de leito fluidizado, detalhou-se a capacidade do soprador que fornece a rede de ar para o sistema, que segue em uma tubulação de aço galvanizado de 1 ½” polegada até uma mangueira com trama de nylon de ½” polegada, por onde foi introduzido o ar quente a 75 °C, pelo lado casco do trocador de calor que possui um diâmetro de 304,80 milímetros por 1 metro de comprimento. O fluido que faz a troca térmica com o ar quente é a água, que escoar pelos 31 tubos de ½” polegada na temperatura inicial de 29 °C. Após uma hora de teste a água saiu a 31,50 °C, sendo que o ar saiu a 32 °C. O ar resfriado que sai do trocador de calor passa pelas válvulas e conexões.

Os materiais utilizados foram adquiridos em lojas de materiais de construção, em ferros-velhos e em assistência técnica de compressores, sendo:

- a) Soprador radial com potência de 1,0 cavalo-vapor;
- b) Trocador de calor casco e tubos de passe 1-1 (comprimento de 1 metro e diâmetro de 304,80 milímetros);
- c) Termômetro (-10 °C até 150 °C);
- d) Manômetro de mercúrio em “U”;
- e) Rotâmetro – OMEL S.A. (-10 até 100 Nm³/h);
- f) Tubos de aço 3M de 1 ½” polegada;
- g) União 1 ½” polegada;
- h) Redução de 1 ½” polegada para ½” polegada;
- i) Mangueira de PVC plastificada de ½” polegada;

- j) Mangueira com fio de nylon ½” polegada;
- k) Válvula de esfera 1” polegada;
- l) Válvula de esfera ½” polegada;
- m) Suporte de madeira;
- n) Água como fluido refrigerante;
- o) Ar como fluido aquecido.

2.1 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O projeto inicia-se com um soprador que capta o ar à temperatura ambiente e o aquece em torno dos 75 °C, o ar segue uma tubulação até o trocador de calor casco e tubos, seguindo pelos manômetros em “U” de mercúrio, passa por um rotâmetro, em que é feita a leitura da vazão do fluido, seguindo para a torre de leito fluidizado. No trocador de calor tem-se os dados de entrada e saída das temperaturas, assim, obtém-se o ΔT das temperaturas, mostrando o processo de transferência de calor.

Fotografia 1 – Trocador de calor casco e tubos de passe 1-1



Fonte: os autores.

Fotografia 2 – Estrutura interna do trocador de calor com os tubos e as chicanas



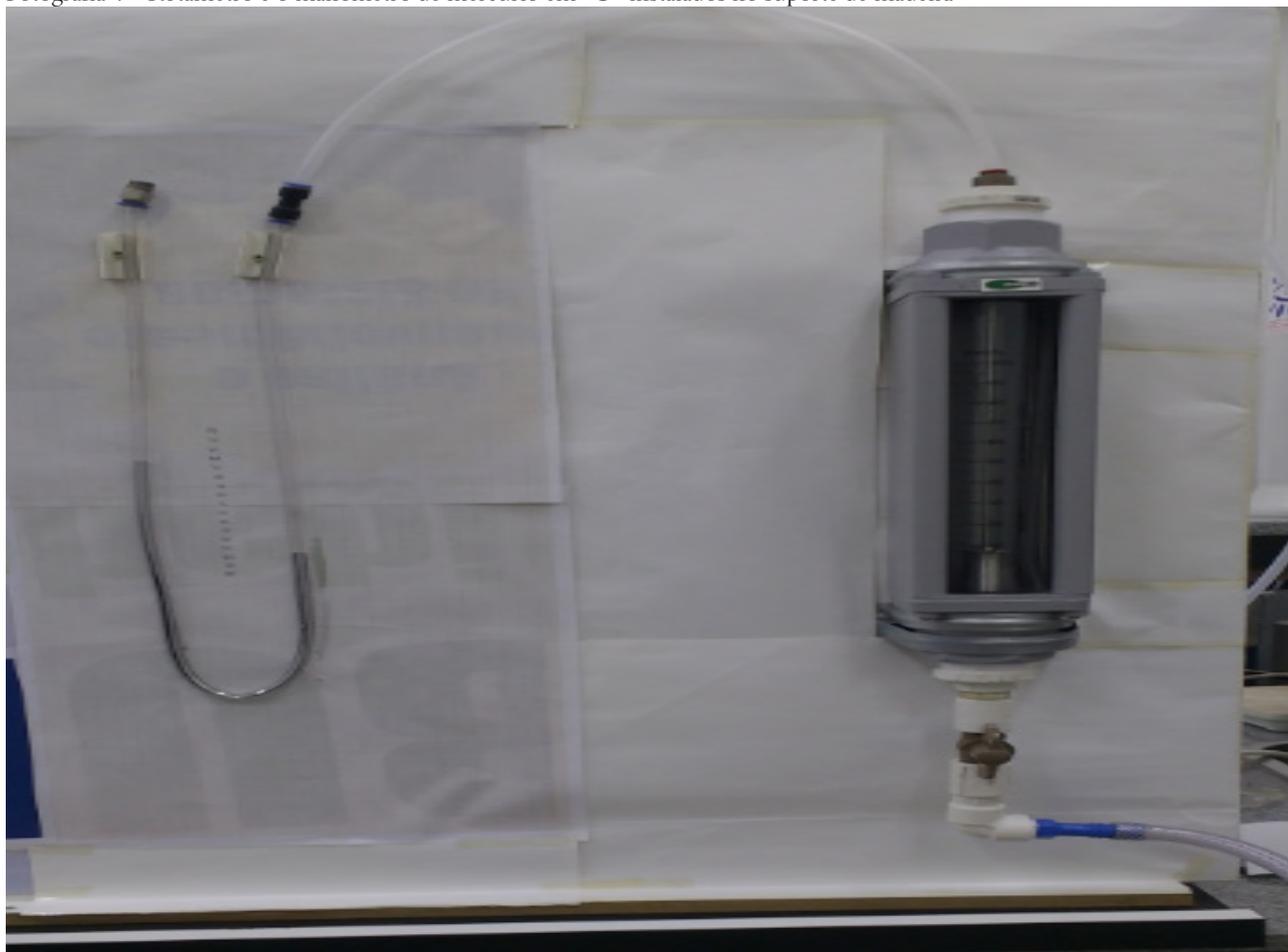
Fonte: os autores.

Fotografia 3 – Soprador utilizado no projeto



Fonte: os autores.

Fotografia 4 – Rotâmetro e o manômetro de mercúrio em “U” instalados no suporte de madeira



Fonte: os autores.

2.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Por meio do soprador foi fornecido ar quente para o trocador de calor mediante uma tubulação, na qual entrou pelo casco preenchendo todo o espaço disponível; já pelos bocais, que escoam na parte interna dos tubos, foi conectada uma mangueira que recebe água como fluido refrigerante direto de uma torneira à temperatura ambiente, com o objetivo de que o fluido resfriado saia aproximadamente entre 30 °C e 35 °C, sendo que a temperatura ideal é 32 °C.

O regime escolhido foi em contracorrente em decorrência de a troca térmica ser melhor. O passe 1-1, além de ser mais fácil de se entender, seu processo é mais simples; com o fluido em contracorrente a troca térmica é mais eficiente para atender à coluna do leito fluidizado.

O projeto consiste em um soprador radial, este, por sua vez, capta o ar do ambiente e libera o ar aquecido, o qual percorre uma tubulação até ser introduzido no trocador de calor casco e tubos de passe 1-1; o ar quente troca calor com a água da torneira em temperatura ambiente, as temperaturas foram medidas com termômetro de (-10 até 150 °C). Com o manômetro de mercúrio em “U” e o rotâmetro controlou-se a pressão e a vazão do processo.

Fotografia 5 – Trocador de calor casco e tubos de passe 1-1, operando com auxílio de um soprador radial, que distribui a rede de ar para o rotâmetro e o manômetro de mercúrio



Fonte: os autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fez-se uma estimativa de cálculos sobre a capacidade de vazão volumétrica do soprador radial, o qual forneceu ar quente para a coluna, pois o ideal seria um motor com a capacidade de 7,5 cavalo-vapor, com a vazão máxima de 7,1 m³/min para alimentar corretamente a torre do leito fluidizado. Mas, em razão dos custos para adquirir o equipamento, utilizou-se um motor de 1,0 cavalo-vapor, com vazão máxima de 2,5 m³/min, com isso a capacidade de operação do equipamento teve aproveitamento reduzido pela metade. Considerou-se a capacidade de trabalho do soprador radial obtendo uma eficiência de 80%, assim, sua vazão na tubulação é de 2,00 m³/min.

Com isso, efetuaram-se vários cálculos para o dimensionamento do trocador de calor, para que este atendesse de forma satisfatória à coluna do leito fluidizado gasoso. Chegou-se a dados próximos ao que se tinha no Laboratório de Engenharia Química do Centro Universitário do Norte Paulista (Unorp), já tendo sido realizados por outros alunos antecessores que fizeram o curso, os quais também condizem com os dados estudados, com o intuito de reduzir custos dos materiais utilizados no projeto para verificar sua eficiência de troca térmica e obter parâmetros significativos, em que os dados obtidos foram que a temperatura de entrada do ar no soprador era de 75 °C e sua saída de 32 °C.

O manômetro de mercúrio foi montado em formato de “U” para medir a pressão diferencial. Nos cálculos teóricos a quantidade de pressão na coluna de mercúrio seria de 110,22 mmHg, sendo que em todos os testes práticos o resultado foi de 100 mmHg, assim, considerou-se que o cálculo teórico se aproximou do prático. Também foi medida a vazão do rotâmetro, no qual os resultados teóricos também se aproximaram dos resultados práticos, porém, a preocupação foi estabilizar a temperatura do trocador de calor para que sua temperatura de saída fosse entre 30 °C e 35 °C; a temperatura obtida no teste prático foi de 32 °C, essa temperatura é considerada ideal para atender à coluna do leito fluidizado. Calculou-se a pressão máxima admissível para o rotâmetro, no qual se comprovou que é maior que a pressão máxima admissível para o soprador, com isso, não existe a possibilidade de o soprador vir a danificar o rotâmetro. O rotâmetro vem calibrado de fábrica na escala de (-10 a 100 Nm³/h.s), caso perca sua calibração, é necessário solicitar uma nova.

Assim, o ar foi resfriado em 43 °C, enquanto a água apenas resfriou 2,5 °C; foi constatado que o Reynolds para o lado casco do trocador de calor, no qual percorre o fluido quente, apresentou-se turbulento $Re = 10.177.137,26$, pois seu valor foi superior a 2.000. Enquanto que o Reynolds para o lado dos tubos, em que percorre o fluido frio, foi de 0,002046441, com isso é considerado laminar.

4 CONCLUSÃO

Conforme análise dos cálculos, utilizou-se um soprador de 2,00 m³/min, o qual atende ao processo com uma eficiência de 50% de operação na rede de ar.

A temperatura durante uma hora de operação foi de 32 °C, considerada ideal para a coluna de leito fluidizado; a efetividade de transferência de calor entre o ar e a água atingiu o objetivo esperado, mantendo a temperatura de saída do ar quente entre 30 °C e 35 °C.

O manômetro de mercúrio foi montado em formato de “U” e sua pressão diferencial foi de 110 mmHg.

Foi especificado o rotâmetro, o qual funcionou como esperado conforme os dados teóricos estudados na literatura; a pressão máxima admissível para o rotâmetro foi comprovada por cálculos, no qual é maior que a pressão máxima admissível para o soprador, com isso, comprovou-se que o soprador não danificaria o rotâmetro.

Este projeto proporciona o entendimento de um assunto muito importante na Engenharia Química, porém, pouco conhecido na prática pelas universidades. Desse modo, pode-se usar este trabalho inicial para que outros alunos pesquisadores ampliem essa linha de pesquisa. Esta pesquisa foi desenvolvida de maneira simples, na qual foram registrados todos os itens necessários para montar uma rede de ar quente que atenda a uma coluna de leitos fluidizados. Fica para trabalhos futuros o desenvolvimento de trocadores de calor por resistência, que aumentem a área de troca térmica, como coluna de leitos fluidizados líquidos.

Installation of an air supply system with heat exchanger for application in gas fluidized boiler

Abstract

The equipment used to perform thermal exchange, are the heat exchangers, these in turn have several applications in the industrial branch, so we have a great diversity of these equipment according to the need of the process, the most used in industries are the of hull and tubes, because they carry out heat exchanges in large areas, they are easy to maintain, and their costs are more economical. To meet the gaseous fluidized bed process we use a hull heat exchanger and pass pipe 1-1, these exchangers are easy to construct, and meet the process efficiently. For the project to work satisfactorily it is necessary to be aware of the heat transfer in the process between the system and its surroundings. The fluidized bed starts at a minimum fluidization velocity, because below that velocity it will not be fluidized, however, if the fluid bed is much above velocity, the solids will be drawn out of the bed. The process is fed by a blower that picks up the ambient temperature and releases in the tubing at a temperature of 75 °C, heated air is introduced into the heat exchanger that we tested to suit the process, at the outlet of the exchanger at the temperature of the heated air is 32 °C because if the temperature exceeds more than 35 °C can damage the rotor. For the elaboration of the prototype, a bibliographical research of theoretical foundations was carried out, aiming to better understand about the process of thermal changes, thermodynamics and its applications in the industry.

Keywords: Heat exchanger. Heat transfer. Gaseous fluidised beds.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. J.; ARAÚJO, M. S. de. Ambiente Virtual Interativo para o Desenvolvimento de Projeto de Trocadores de Calor. In: COBENGE – CONGRESSO BRASILEIRO DO ENSINO DE ENGENHARIA, 32., 2004, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF, 2004.
- ANGELUCCI, V. A. et al. **Trabalho de transmissão de calor. Trocadores de calor.** São Paulo: Unesp, 2006.
- ARAÚJO, E. C. da C. **Trocadores de Calor.** 1. ed. São Carlos: Edufscar, 2002.
- BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2013.

- ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de Calor e Massa/Uma Abordagem Prática**. 4. ed. Tradução Fátima A. M. Lino. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- DE SOUZA, W. N. T.; MANZELA, M. S. André Aleixo. Otimização de desempenho de trocadores de calor compactos. **Revista de Engenharia da Faculdade Salesiana**, n. 1, p. 33-44, 2015.
- FOUST, A. S. **Princípios das Operações Unitárias**. Tradução Horácio Macedo. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos da Transferência de Calor e de Massa**. Tradução Eduardo Mach Queiroz e Fernando Luís Pellegrini Pessoa. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- KREITH, F.; BOHN, M. S. **Princípios da Transferência de Calor**. Tradução All Tasks. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- MATTJIE, C. A.; RISTOF, R.; MICHELS, A. Projeto de um trocador de calor para resfriamento de fluido em um circuito hidráulico utilizado na agricultura de precisão. In: SIEF – SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 3., 2013, Horizontina. **Anais...** Horizontina, 2013.
- MORAN, M. J. et al. **Introdução à Engenharia de sistemas térmicos: Termodinâmica, mecânica dos fluidos e transferência de calor**. Tradução Carlos Alberto Biolchini da Silva. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- MUKHERJEE, R. Effectively Design Shell-and-Tube Heat Exchangers. Shell-and-tube heat exchangers. Chemical Engineering Progress. **American Institute of Chemical Engineers**, Feb. 1998.
- NITZ, M.; GUARDANI, R. Fluidização Gás-Sólido-Fundamentos e Avanços. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, dez. 2008.
- RUBBO, P. N. **Determinação do coeficiente global de transferência de calor de um condensador do tipo casco e tubo de um chiller por adsorção de amônia em NaBr**. Araranguá: UFSC, 2014.
- SANTOS, E. S. dos. **Estudo dos Fenômenos de Misturas e Segregação em Leitos Fluidizados de Partículas Polidispersas**. 1997. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- TAMBOURGI, E. B. **Transporte de partículas em Leitos Fluidizados**. 1982. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual de Campinas, 1982.
- TONIN, P. C.; NEGRÃO, C. O. R. Monitoramento da performance térmica de trocadores e redes de trocadores de calor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS, LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS TÉRMICAS – LACIT, 2., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2003.
- VIANA, D. R.; LOTTERMANN, L. J.; SPOHR, C. B. Transferências de calor no processo de têmpera. In: SIEF – SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 1., 2011, Horizontina. **Anais...** Horizontina, 2011.

