



## UTILIZAÇÃO DOS SOFTWARES SOLIDWORKS E INVENTOR NA CONSTRUÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBO

José Leocadio Neto, leoneto518@gmail.com<sup>1</sup>  
Lucas Elias da Silva Lucena, leelias13@gmail.com<sup>1</sup>  
Alexsandro Oliveira, eng.alexsandroliveira@gmail.com<sup>1</sup>  
Everton Santos, everton.ufcg@gmail.com<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário Maurício de Nassau – AL, R. José de Alencar, 511 - Farol, Maceió - AL, 57051-565

**Resumo.** Com a ampla utilização de trocadores de calor na indústria e o avanço tecnológico, tornam-se necessárias estratégias para o aperfeiçoamento da construção e projeto de tais dispositivos. A utilização de representações via Computer Aided Design (CAD) vem desempenhando papel fundamental no aperfeiçoamento de projetos mecânicos. Softwares como o Inventor e o Solidworks oferecem ferramentas que proporcionam ao projetista o subsídio necessário para construção virtual do equipamento. Este trabalho visa descrever a construção de um trocador de calor casco e tubo utilizando os softwares citados anteriormente, expondo as vantagens e desvantagens do uso de cada um.

**Palavras chave:** Solidworks. Inventor. Trocador de Calor. CAD.

### 1. INTRODUÇÃO

Os trocadores de calor são dispositivos que facilitam a troca de calor entre dois fluidos que se encontram em diferentes temperaturas, evitando a mistura de um com o outro. Os trocadores de calor são utilizados, na prática, em uma ampla gama de aplicações, desde sistemas de aquecimento e ar condicionado domésticos a processos químicos e produção de potência em grandes usinas. A transferência de calor em um trocador de calor geralmente envolve convecção em cada fluido e condução através da parede que separa os dois fluidos (Çengel e Ghajar, 2012a).

Tipicamente os trocadores de calor são classificados em função do tipo de construção e configuração do escoamento, podendo ser paralelo, contracorrente ou cruzado (Incropera, *et al.*, 2008). Assim, diferentes aplicações de transferência de calor requerem diversos tipos de dispositivos e configurações de equipamentos de transferência de calor, resultando em inúmeros tipos de projetos inovadores de trocadores de calor (Çengel e Ghajar, 2012b).

Dentre os diversos tipos de dispositivos que permitem a troca de calor, os trocadores de calor do tipo casco e tubo são os tipos mais versáteis de trocadores, pois possuem grande área de transferência de calor e podem ser facilmente limpos. São constituídos por um grande número de tubos acondicionados em um casco com os respectivos eixos paralelos ao do casco (Kakaç, 2002). Por se tratar de um dispositivo de troca de calor amplamente utilizado, vem se tornando cada vez mais essencial o estudo acerca do fator economia na análise e construção dos trocadores de calor do tipo casco e tubo. Desse modo, a economia e outros fatores, como a disponibilidade e a quantidade de energia e matérias-primas necessárias para a conclusão de determinada tarefa, devem ser considerados (Kreith e Bohn, 2014).

A partir das considerações citadas anteriormente e visando reduzir o tempo gasto com desenhos manuais e aumentar a efetividade analítica de projetos de máquinas, algumas ferramentas passaram a ganhar destaque no cenário industrial, substituindo pilhas de papéis por arquivos digitais. Tais ferramentas, conhecidas como CAD (Computer Aided Design) facilitam a criação e o desenvolvimento de novos projetos, assim como o upgrade de projetos já existentes. De acordo com Stranieri (2008), trata-se de CAD o ambiente onde ocorre a criação, modificação, análise e otimização de um projeto.

Atualmente, os softwares usados como ferramentas CAD que possuem grande representatividade no mercado são Solidworks e o Inventor, ambos são alguns dos softwares mais utilizados por projetistas, engenheiros e alunos pela sua praticidade, interface intuitiva e grande pacote de recursos que permitem ao usuário um desenvolvimento completo do projeto em estudo.

Este trabalho tem por objetivo principal expor a construção de um trocador de calor casco e tubo através dos softwares Solidworks e Inventor, realizando um estudo qualitativo das vantagens e desvantagens da utilização destes programas.

### 2. METODOLOGIA

#### 2.1. Trocador de calor casco e tubo

Para construção do modelo em CAD foi utilizado um trocador de calor do tipo casco e tubo, Fig. 1, constituído por um feixe tubular em cobre, tampas em ferro fundido, chicanas, espelhos em aço carbono e corpo em tubo DIN 2440.

Figura 1. Trocador de calor modelo para construção através de CAD



Como principais características funcionais destacam-se uma área de troca térmica de  $0,1 \text{ m}^2$ , três chicanas e quatorze tubos mandrilados nos espelhos, de acordo com a Fig. 2.

Figura 2. Tubos mandrilados no espelho



Para retirada das medidas utilizadas como guia foram utilizados um paquímetro com  $0,05 \text{ mm}$  de resolução e uma régua graduada de  $300 \text{ mm}$ .

## 2.2. Solidworks e Inventor

A origem dos sistemas CAD remonta dos primórdios dos sistemas de computação gráfica ao desenvolvimento dos sistemas de computação gráfica interativa. No início os sistemas CAD eram apenas editores gráficos com alguns símbolos. As entidades geométricas eram limitadas a linhas, arcos circulares e combinações destes dois. O desenvolvimento de curvas livres e superfícies permitiram a utilização dos sistemas CAD em projetos com curvas e superfícies complexas. Os sistemas CAD 3D permitiram ao projetista trabalhar com a terceira dimensão (Viana, 2006).

Para construção do trocador de calor foram utilizados dois dos softwares CAD mais populares entre os projetistas: o Solidworks 2016, da Dassault Systèmes S.A e o Inventor 2016, da Autodesk. Segundo Viana (2006) tratam-se de CAD tridimensional para construção de peças, montagens e geração de desenhos bidimensionais de maneira integrada. Isto

significa que os três tipos de arquivos que são gerados podem ser relacionados e, ao mudar qualquer característica da peça, automaticamente os arquivos associados a esta mudarão.

Tanto o Solidworks quanto o Inventor possuem uma interface de trabalho muito simples e lógica, disponibilizando somente as ferramentas necessárias ao trabalho que está sendo desenvolvido. Assim, o projetista seleciona um plano de trabalho em vista isométrica, inicia o esboço e posteriormente aplica os recursos que ficarão disponíveis de acordo com o tipo de esboço criado.

O computador utilizado para criação do trocador de calor possui um processador Intel Core i5-7200U 2.5 GHz, memória de vídeo integrada Intel HD graphics 620, memória RAM 4 gigabytes e HD com 1 terabyte.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

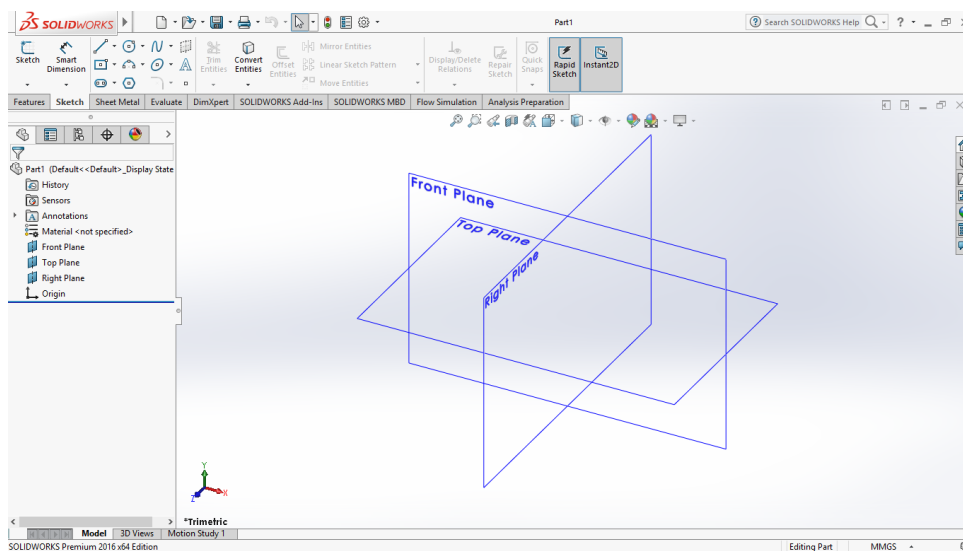
#### 3.1. Solidworks

Todo desenho 3D em CAD necessita de um esboço inicial, corretamente parametrizado e totalmente definido. Para a construção do trocador de calor em questão, o processo de modelagem geométrica foi dividido em cinco partes: construção do casco, do interior do tubo (chicanas, espelhos e tubos), tampa dianteira, tampa traseira e montagem.

O Solidworks utilizado para construção do trocador de calor foi ativado sob a versão 24.2.0.0050, através da ID 4H29DJC8F7BCC959, no computador LAPTOP-QPB19C93.

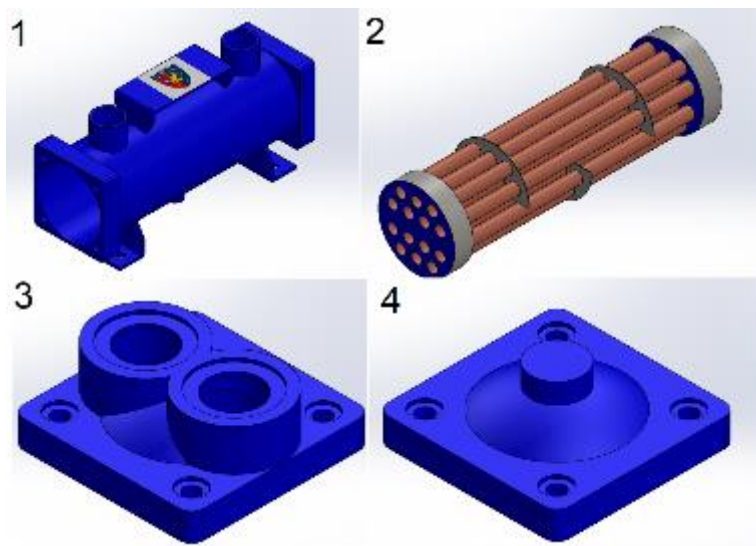
A interface inicial do Solidworks indica primeiramente, em vista isométrica, quais planos de desenho o usuário tem disponível para iniciar seu esboço. A Fig. 3 ilustra os planos isométricos disponíveis para realização do esboço.

Figura 3. Planos isométricos para esboço



Para o casco e interior do tubo foi selecionado o plano frontal e para as tampas traseira e dianteira foi selecionado o plano superior. A Fig. 4 representa os quatro primeiros passos executados para a construção do trocador de calor.

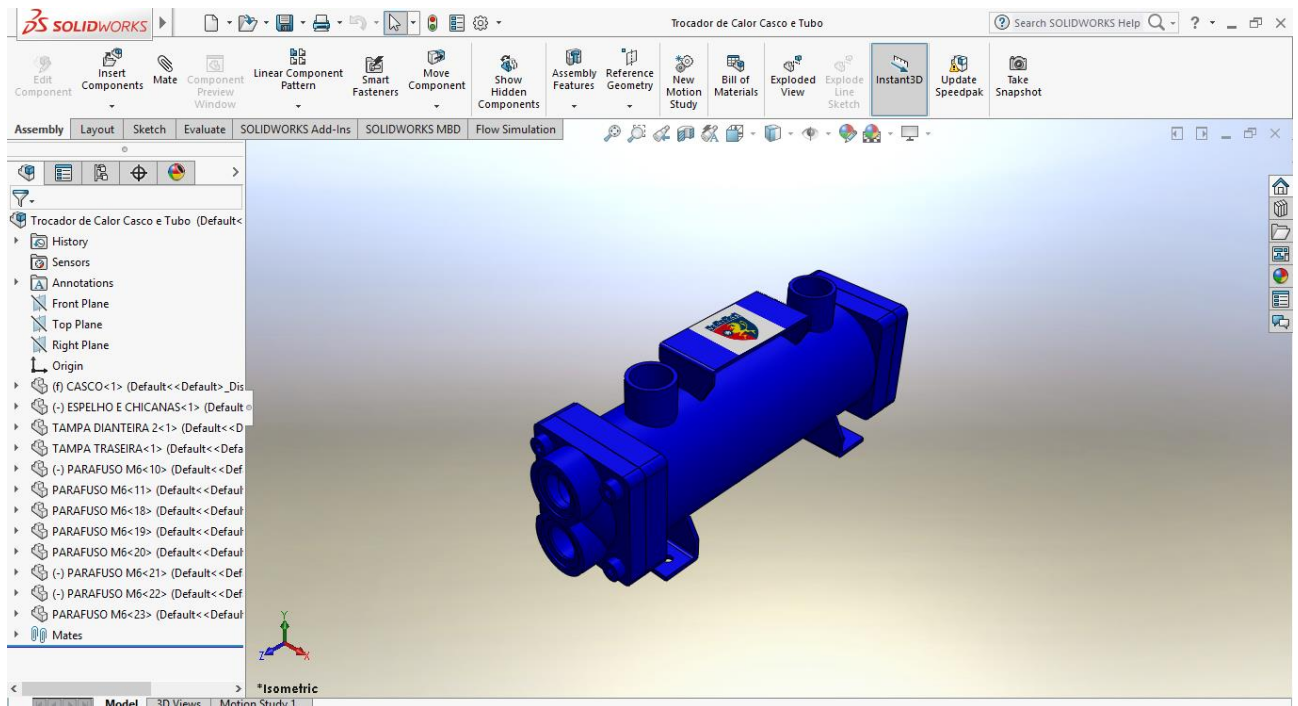
Figura 4. Passo a passo de construção de calor do trocador de calor casco e tubo



No passo a passo acima, no item 2, nota-se a diferença de cores em relação as demais partes, pois trata-se da representação dos diferentes materiais que compõem o trocador de calor (cobre para os tubos e aço carbono para os espelhos e chicanas).

Para finalizar a construção, a Fig. 5 representa o último passo na modelagem do trocador de calor, a sua montagem. O Solidworks permite ao projetista a montagem de peças a partir de diferentes arquivos a partir do comando “mate”. Vale ressaltar que o software armazena todos os passos do projeto no que é chamado “árvore”, localizada no canto esquerdo da figura.

Figura 5. Árvore de passos e trocador de calor finalizado

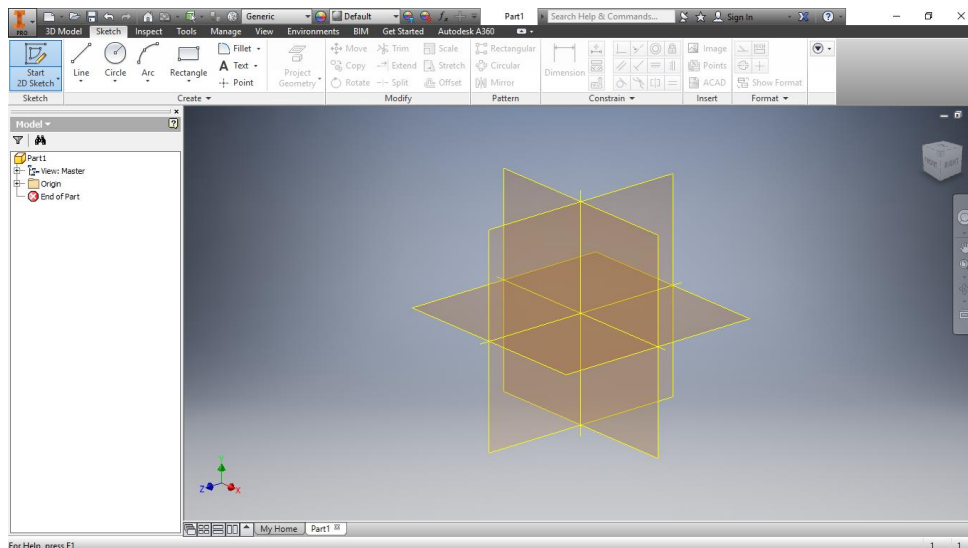


### 3.2. Inventor

O software utilizado para construção do trocador possui licença estudiantil, fornecida pela Autodesk, sob o número de série 900-46326616/797H1.

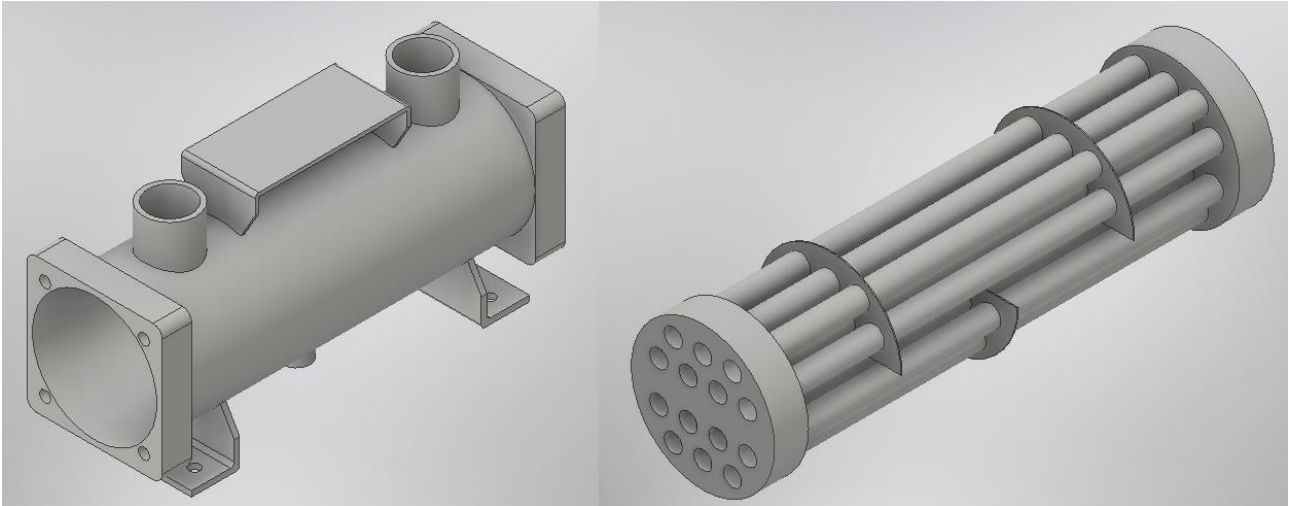
Assim como no Solidworks, o Inventor possui uma interface inicial na qual possibilita-se ao projetista escolher primeiramente o seu plano de trabalho na perspectiva isométrica, como ilustrado na Fig 6.

Figura 6. Representação dos planos na vista isométrica



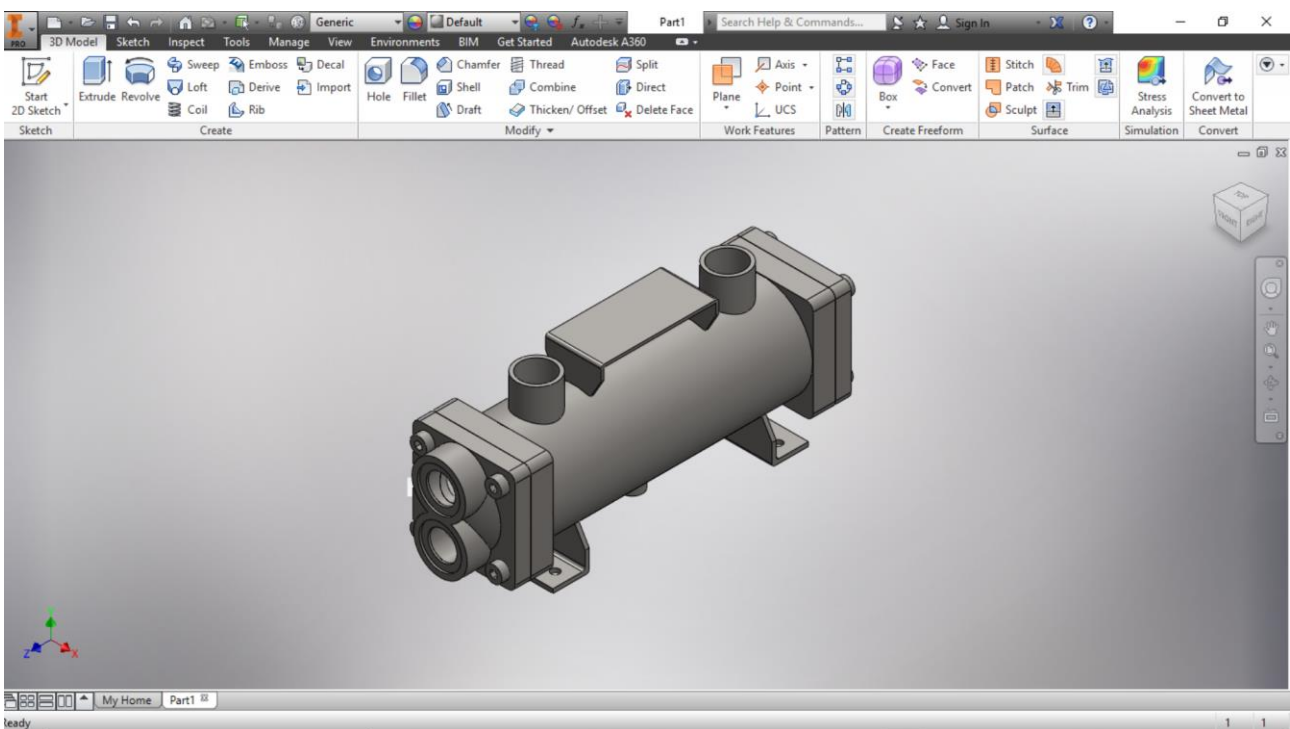
Para construção do trocador de calor, foram seguidos os mesmos passos executados no Solidworks: seleção de plano de trabalho e construção da estrutura externa e interna. A Fig. 7 representa a construção do exterior e interior do trocador de calor.

Figura 7. Representação do casco e do interior do trocador, respectivamente



Após a construção do exterior e interior do trocador de calor foi realizada a montagem dos componentes, através do comando “matte”, o mesmo do Solidworks. A Fig. 8 ilustra o trocador de calor concluído na interface do Inventor.

Figura 8. Trocador de calor de construído



#### 4. CONCLUSÕES

Com o avanço da tecnologia e a necessidade de customização por parte dos clientes atendidos pelas indústrias, torna-se cada vez mais necessária a procura por profissionais capacitados para lidar com os avanços na área de projetos e, quando se fala em CAD, o Solidworks e o Inventor são softwares muito utilizados no mercado, sendo os mais populares entre os projetistas. Ambos possuem funções equivalentes e diferenciais que os mantém entre os softwares mais escolhidos como ferramenta de trabalho.

Para o projetista que está iniciando no universo CAD, o Solidworks possui uma interface mais interativa e limpa, possibilitando um melhor aprendizado pois possui recursos agrupados de forma simplificada que permite ao usuário localizar o recurso necessário em um curto período de tempo. Em contrapartida exige um maior rendimento do computador utilizado, pois o software exige uma boa capacidade gráfica para geração das ferramentas interativas, principalmente na aplicação dos recursos em 3D e montagem.

A grande vantagem do Inventor em relação ao Solidworks é na questão do desempenho gráfico do computador, visto que o Inventor possui uma interface mais leve e seus recursos não exigem capacidade gráfica da mesma maneira que o Solidworks. Em contrapartida há uma dificuldade maior para o projetista iniciante, pois parte de seus comandos são dispersos e retardam o processo de aprendizado.

Apesar do Solidworks oferecer maiores condições de trabalho e aprendizado, o Inventor possui interface e comandos bastante semelhantes ao AutoCAD que o torna bastante utilizado por projetistas mais experientes, visto que a maior parte deles começaram sua carreira no AutoCAD, deixando o ambiente mais confortável para os mesmos.

Ao construir um trocador de calor casco e tubo utilizando os dois softwares foi possível analisar com mais exatidão as semelhanças e diferenças entre eles, norteando a respeito da funcionalidade de cada um.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIC (Programa de Iniciação Científica) do Centro Universitário Maurício de Nassau pelo apoio à pesquisa e disponibilização do laboratório de Fenômenos de Transporte para realização das medições do trocador de calor detalhado no artigo.

## 6. REFERÊNCIAS

- Çengel, Y.A e Ghajar, A.J., 2012. *Transferência de calor e massa: uma abordagem prática*. AMGH editora, Porto Alegre, 4ª edição.
- Viana, E., 2006. *Programa de capacitação/atualização tecnológica de docentes do SENAI: Desenho técnico mecânico*. SENAI, Salvador.
- Incropera, F.P. et al., 2008. *Fundamentos de transferência de calor e massa*. LTC, Rio de Janeiro, 6ª edição.
- Kakaç, S. e Liu, H., 2002. *Heat Exchangers: Selection, rating and thermal design*. CRC PRESS, Miami, 2ª edição.
- Kreith, F. e Bohn, M.S., 2014. *Princípios de transferência de calor*. Editora Thomson, São Paulo, 7ª edição.
- Stranieri, J.V., 2008. *Seleção de uma plataforma CAD para desenvolvimento de novos produtos*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade São Francisco, Campinas.

## 7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.