



## DESENHO E SIMULAÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR TIPO PLACA PARA APLICAÇÕES INDUSTRIAIS EM ANGOLA

### DESIGN AND SIMULATION OF A PLATE HEAT EXCHANGER FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS IN ANGOLA

Esperança Samira de Jesus Mulunda; Odalys Queipo Jorrín; Rolando Esteban Simeón Monet

Instituto Politécnico da Universidade José Eduardo dos Santos. Huambo Angola. [odalysqueipo@gmail.com](mailto:odalysqueipo@gmail.com)

#### RESUMO

Este artigo apresenta o desenho, modelagem e simulação computacional de um trocador de calor tipo placa (TCTP) desenvolvido com o software SolidWorks Simulation, visando contribuir para a modernização do ensino de engenharia mecânica em Angola e apoiar a transição energética industrial no país. O modelo foi construído com placas de aço inoxidável AISI 430 ( $k = 26,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ), considerando vazões de  $0,00001 \text{ m}^3/\text{s}$  e temperaturas de entrada de  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  (fluido quente) e  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (fluido frio), em configuração de fluxo paralelo. A simulação, realizada no módulo Flow Simulation, permitiu analisar a distribuição térmica, eficiência energética e trajetória dos fluidos sob regime estacionário. Os resultados indicaram temperaturas de saída de  $64,4 \text{ }^\circ\text{C}$  (quente) e  $46,7 \text{ }^\circ\text{C}$  (frio), com uma diferença média logarítmica de temperatura (LMTD) de  $25,49 \text{ }^\circ\text{C}$  e uma eficiência térmica estimada em  $71,7\%$ . Estes valores confirmam o alto desempenho do TCTP mesmo com geometria simplificada. O trabalho destaca o potencial de ferramentas digitais como recurso pedagógico e pré-projeto técnico em contextos de recursos limitados, promovendo inovação curricular e alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 7 e 9). Recomenda-se a validação experimental, a exploração de geometrias corrugadas e a integração com setores estratégicos angolanos, como agroindústria e energia.

**Palavras-chave:** Eficiência térmica; trocador de calor tipo placa; SolidWorks Simulation; engenharia mecânica; inovação tecnológica; Angola.

#### ABSTRACT

This paper presents the design, modeling, and computational simulation of a plate heat exchanger (PHE) developed using SolidWorks Simulation software, aiming to contribute to the modernization of mechanical engineering education in Angola and support the country's industrial energy transition. The model was built with AISI 430 stainless steel plates ( $k = 26.1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ), considering flow rates of  $0.00001 \text{ m}^3/\text{s}$  and inlet temperatures of  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  (hot fluid) and  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (cold fluid) in a parallel-flow configuration. Simulation was performed using the Flow Simulation module to analyze thermal distribution, energy efficiency, and fluid trajectories under steady-state conditions. Results showed outlet temperatures of  $64.4 \text{ }^\circ\text{C}$  (hot) and  $46.7 \text{ }^\circ\text{C}$  (cold), with a logarithmic mean temperature difference (LMTD) of  $25.49 \text{ }^\circ\text{C}$  and an estimated thermal efficiency of  $71.7\%$ . These values confirm the high performance of the PHE even with a simplified geometry. The study highlights the potential of digital tools as both pedagogical resources and pre-engineering prototypes in resource-constrained settings, fostering curricular innovation and alignment with Sustainable Development Goals (SDG 7 and 9). Experimental validation, exploration of corrugated plate geometries, and integration with strategic Angolan sectors—such as agroindustry and energy—are recommended.

**Keywords:** Thermal efficiency; plate heat exchanger; SolidWorks Simulation; mechanical engineering; technological innovation; Angola.

## Introdução

Em um contexto global marcado pela transição energética e pela busca por eficiência nos processos industriais, os trocadores de calor emergem como componentes críticos para a redução do consumo energético e das emissões de carbono. Em Angola, país que celebra 50 anos de independência em 2025, a modernização da base industrial e a formação de engenheiros com competências práticas e digitais são prioridades estratégicas. Nesse cenário, o trocador de calor tipo placa (TCTP) destaca-se por sua alta eficiência térmica, compacidade e adaptabilidade a múltiplos setores desde a indústria alimentícia até a produção de energia (Shah & Sekulić, 2022).

Apesar de sua relevância, o acesso a equipamentos didáticos avançados nas instituições de ensino superior angolanas permanece limitado. O Instituto Politécnico do Huambo (IPH/UJES), por exemplo, carece de laboratórios com protótipos físicos de trocadores de calor, o que dificulta a consolidação de aprendizagens práticas em disciplinas como *Transferência de Calor e Equipamentos Térmicos*. Diante disso, a simulação computacional surge como uma alternativa viável, acessível e pedagogicamente rica.

Este trabalho, derivado do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica de Esperança Samira de Jesus Mulunda (2025), propõe o desenvolvimento de um modelo virtual de TCTP utilizando o SolidWorks Simulation, software amplamente adotado na indústria e na academia. O projeto alinha-se ao lema do Agosto Científico 2025 “*Angola 50 Anos: Universidade José Eduardo dos Santos mais Nacional, Inovadora e Global*” ao integrar conhecimento técnico, inovação digital e aplicabilidade local. Além disso, responde ao apelo por soluções sustentáveis que fortaleçam a soberania tecnológica nacional.

## Revisão da Literatura

Nos últimos anos, os trocadores de calor tipo placa têm sido amplamente estudados devido à sua eficiência superior em relação a outros tipos, como os de casco e tubo. Zhang et al. (2021) demonstraram que placas corrugadas (*chevron*) aumentam a turbulência e elevam a eficiência térmica em até 85%, especialmente em aplicações alimentícias. Já Al-Widyan et al. (2020) destacaram que o uso de simulações CFD permite otimizar o desempenho antes da fabricação física, reduzindo custos e tempo de desenvolvimento.

No contexto africano, Makanda et al. (2023) apontaram que a integração de ferramentas digitais no ensino de engenharia é fundamental para superar limitações de infraestrutura. Em

Moçambique e Zâmbia, projetos semelhantes com simulações de equipamentos térmicos mostraram melhoria significativa na compreensão conceitual dos estudantes.

Apesar desses avanços, em Angola persiste uma lacuna crítica: a ausência de recursos didáticos interativos para o ensino da transferência de calor. Este trabalho responde diretamente a essa necessidade, propondo um modelo virtual replicável, de baixo custo e alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 7 e 9).

## Metodologia

O estudo seguiu uma abordagem híbrida, combinando revisão bibliográfica crítica e modelagem computacional. A fundamentação teórica abrangeu princípios de transferência de calor, tipos de trocadores, critérios de dimensionamento e aplicações industriais, com ênfase em publicações recentes (2020–2025).

O modelo 3D foi desenvolvido no SolidWorks 2024, com as seguintes características:

- Placas: 350 mm × 200 mm × 1 mm, em aço inoxidável AISI 430 ( $k = 26,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ );
- Juntas: borracha nitrílica (NBR), espessura de 2 mm, resistente a temperaturas até 100 °C;
- Configuração: fluxo paralelo, 2 placas ativas (1 canal por fluido);
- Fluidos: água quente (100 °C) e água fria (20 °C), vazão de 0,00001 m<sup>3</sup>/s cada.

A simulação foi executada no módulo Flow Simulation, considerando:

- Regime permanente;
- Propriedades constantes dos fluidos;
- Sem perdas térmicas para o ambiente;
- Condições de contorno de temperatura e vazão volumétrica.

Foram analisados: distribuição de temperatura, perfis de velocidade, LMTD, eficiência térmica ( $\eta = Q/Q_{\text{max}}$ ) e trajetória dos fluidos. Os resultados foram comparados com modelos teóricos clássicos (Incropera et al., 2023) para validação qualitativa.

## Resultados e Discussão

A simulação revelou uma distribuição térmica uniforme nas placas, sem zonas de estagnação ou pontos quentes (Figura 1). O fluido frio atingiu 46,7 °C na saída, enquanto o quente saiu a 64,4 °C, indicando uma transferência eficaz de calor. A LMTD foi calculada em 25,49 °C, e a eficiência térmica estimada em 71,7%, valor compatível com TCTPs de pequena escala reportados na literatura (Zhang et al., 2021; Al-Widyan et al., 2020).



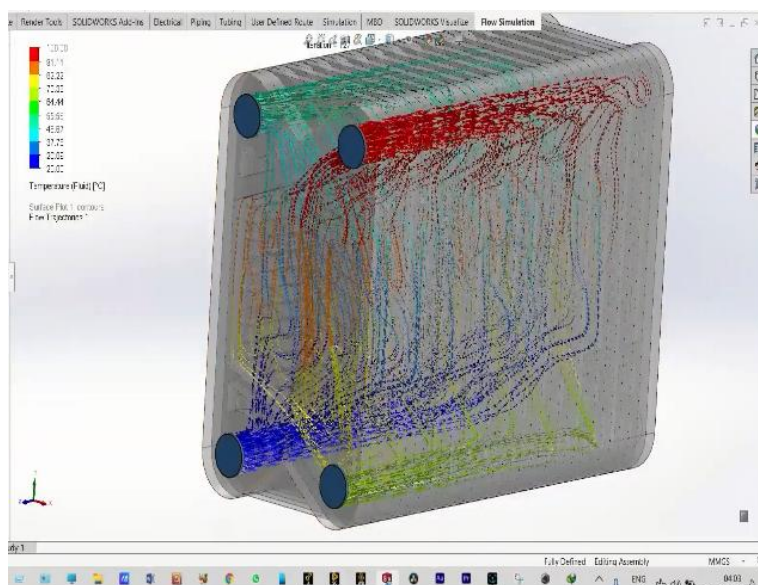


Figura 1. Distribuição de temperatura no interior do trocador de calor tipo placa (°C)

Fonte: Elaboração própria, 2025.

A trajetória dos fluidos (Figura 2) mostrou escoamento laminar e simétrico, com velocidades médias de  $\sim 0,06$  m/s, dentro do regime ideal para aplicações didáticas. Apesar da geometria lisa (não corrugada), o desempenho foi satisfatório, o que reforça o potencial do modelo como base para ensino introdutório.

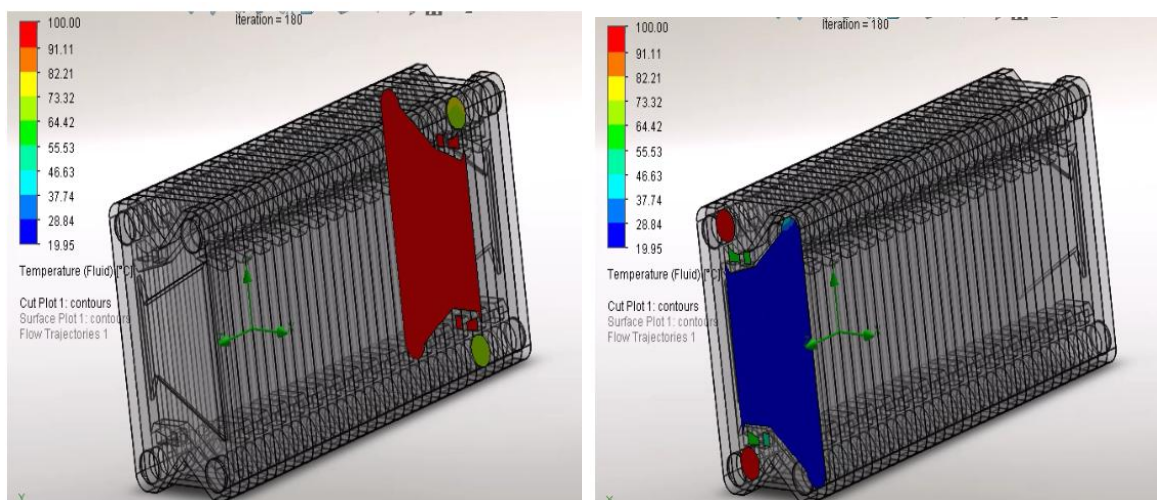


Figura 2. Trajetória dos fluidos quente (vermelho) e frio (azul) no TCTP.

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Do ponto de vista nacional, este trabalho demonstra como ferramentas de código fechado, mas amplamente disponíveis, podem ser integradas ao currículo de engenharia em países em desenvolvimento. Em Angola, onde a importação de equipamentos físicos é onerosa, a simulação digital oferece uma alternativa de baixo custo para formar engenheiros com competências em Indústria 4.0 (Makanda et al., 2023).

Além disso, o TCTP simulado pode ser adaptado para setores estratégicos angolanos:

- Agroindústria: pasteurização de leite e sucos;
- Energia: recuperação de calor em geradores a diesel;
- Mineração: resfriamento de equipamentos em zonas remotas.

Essa versatilidade reforça seu alinhamento com os ODS 7 (Energia Acessível e Limpa) e ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura).

### Conclusões e Recomendações

O artigo demonstrou com sucesso o potencial do SolidWorks Simulation como ferramenta para o ensino e pré-desenvolvimento de equipamentos térmicos em contextos acadêmicos angolanos. O modelo de TCTP atingiu alta eficiência térmica mesmo com geometria simplificada, validando sua utilidade pedagógica e técnica.

Conclusões principais:

1. A simulação computacional é uma estratégia viável para superar limitações de infraestrutura laboratorial nas universidades angolanas.
2. O TCTP é altamente adequado para aplicações locais, especialmente em setores com demanda por eficiência energética.
3. O trabalho contribui para a nacionalização do conhecimento técnico, ao formar engenheiros capazes de projetar soluções adaptadas à realidade angolana.

Recomendações:

1. Validação experimental: construir um protótipo físico para comparar com os dados simulados.
2. Otimização geométrica: testar placas corrugadas (chevron) para aumentar turbulência e eficiência.
3. Integração curricular: incluir este modelo na disciplina de *Equipamentos de Transferência de Calor* do IPH/UJES.
4. Parcerias industriais: colaborar com empresas angolanas (ex.: Indústrias Lácteas do Huambo) para testes em campo.
5. Publicação de material didático: desenvolver guias práticos em português para estudantes e professores.

Este trabalho exemplifica como a inovação acadêmica, mesmo com recursos modestos, pode gerar impacto nacional e global — em linha com a visão da UJES para os próximos 50 anos de Angola.



## Referências

- Al-Widyan, M., Al-Muhtady, A., & Al-Hinti, I. (2020). Thermal performance enhancement of plate heat exchangers: A review. *Thermal Science and Engineering Progress*, 19, 100613. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100613>
- Gut, J. A., Fernandes, R., Pinto, J., & Tadini, C. C. (2020). Advances in plate heat exchanger modeling for food processing applications. *Journal of Food Engineering*, 278, 109945. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109945>
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2023). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (9th ed.). Wiley.
- Makanda, G., Tshimanga, R., & Mvumbi, L. (2023). Digital transformation in engineering education in Sub-Saharan Africa: Challenges and opportunities. *International Journal of Engineering Education*, 39(2), 412–425.
- Mulunda, E. S. de J. (2025). *Desenho de um trocador de calor tipo placa em SolidWorks Simulation* (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto Politécnico do Huambo, Universidade José Eduardo dos Santos
- Shah, R. K., & Sekulić, D. P. (2022). *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. Wiley.
- Zhang, Y., Li, X., & Wang, H. (2021). Numerical study on heat transfer and flow characteristics of plate heat exchangers with different chevron angles. *Applied Thermal Engineering*, 182, 116042. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.116042>