

# CONTROLE DE TEMPERATURA EM SISTEMA DE ARREFECIMENTO AUTOMOTIVO

Bruno Dias Ribeiro<sup>1</sup>, Cyro Albuquerque Neto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI  
brunodiasribeiro20@gmail.com, cyroan@fei.edu.br

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de técnicas de controle para um radiador veicular. Pretende-se que em uma bancada sejam incluídos instrumentos de medição e eletrônica para o acionamento da bomba, possibilitando simular situações como carga e descarga de baterias ou demandas de motores, visando a obtenção de taxas de rejeição térmica adequadas para o funcionamento do sistema em uma determinada faixa de temperatura.

## 1. Introdução

Em veículos automotivos, seja ele com motor de combustão interna ou elétrico quando em funcionamento libera calor, gerado por corrente elétrica, pelo atrito entre os componentes ou queima do combustível, entre outros. Para que o rendimento do motor trabalhe da melhor forma possível, é necessário que esse calor seja rejeitado para o meio ambiente, seja por troca de calor entre o motor e o meio ambiente, pelos gases de escapamento, ou pelo trocador de calor conhecido como radiador.

Este trabalho é uma continuação de três projetos desenvolvidos anteriormente por alunos na FEI. Um deles é o trabalho de mestrado do Kaue Rodrigues [1,2]. O foco de seu trabalho foi o estudo do comportamento transitório de um trocador de calor quando sujeito a picos de potência. Uma bancada experimental foi construída (Figura 1), onde foram feitos testes com diferentes potências de aquecimento. Outro trabalho foi um projeto de iniciação científica desenvolvido por João Paulo Schiavon Ieno [3,4], em que foram analisadas situações em regime permanente para a obtenção de correlações de transferência de calor e perda de carga no radiador. No trabalho de mestrado do Lucas Miranda Lira [5], o desenvolvimento, calibração e aplicação de modelos transitórios do sistema de arrefecimento foram explorados mais profundamente. Foram comparados modelos concentrados mais simples, até modelos mais complexos que permitem a determinação da distribuição de temperatura no radiador.

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma bancada experimental com radiador em túnel de vento para simular a aplicação de técnicas de controle em sistema de arrefecimento com circulação de fluido.

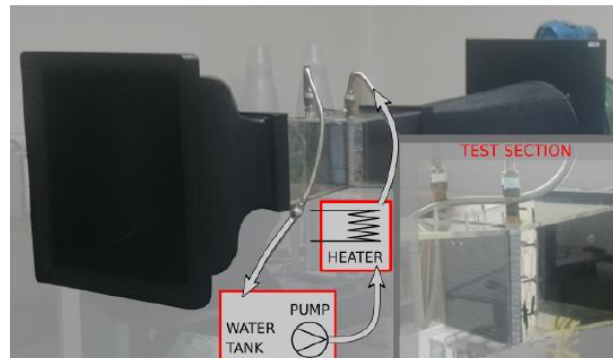


Figura 1 – Bancada experimental para teste de trocador de calor em túnel de vento.

## 2. Metodologia

Uma forma de simular o sistema do radiador é utilizando o programa Matlab/Simulink para criar uma simulação dinâmica do sistema. Dessa forma é possível utilizar o Simulink para criar um sistema de blocos e com valores pré-estabelecidos simular todo o sistema, para que ele atinja valores desejados de temperatura, tanto na entrada do radiador como na saída.

Um sistema de blocos foi criado utilizando o Simulink, para que fosse possível controlar a vazão na bomba (Figura 2). O sistema começa com um vetor, que funciona como um valor de referência para o sistema. O sistema é realimentado pelo valor da temperatura de saída do reservatório que, no caso, seria o valor de entrada no radiador. Esse valor passa por um bloco de ganho, que então entra no bloco da função, onde estão as equações do balanço de energia do sistema [5]. Uma vez que o valor entra no bloco da função pela variável vazão, o bloco calcula os valores de temperatura de entrada do radiador, saída do radiador e o valor da temperatura de saída do ar após passar pelo radiador. No bloco da função, escolhemos algumas variáveis que possam ser modificados sem que seja necessário entrar na função. Essas variáveis recebem seus valores através de um bloco vetor, onde é necessário apenas colocar o valor desejado para que o sistema funcione.

Dessa forma, quando é feito o experimento na prática, será possível coletar todos os dados necessário e assim incluir os valores nos blocos do Simulink para calibrar o programa.

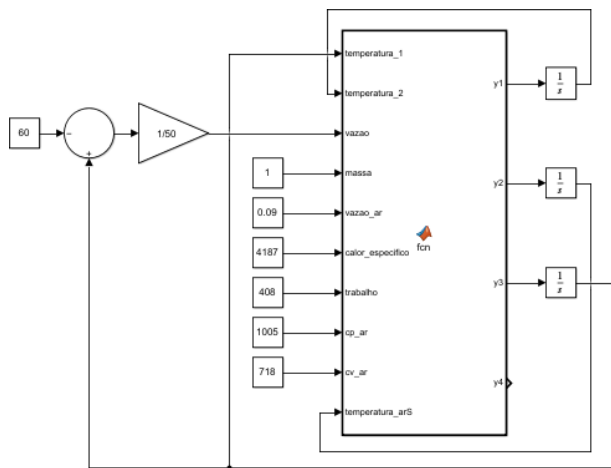


Figura 2 – Diagrama de blocos no Simulink.

O equipamento de aquisição e controle da bomba foi desenvolvido usando a plataforma Arduino (Figura 3). O sistema conta com sensores de temperatura (DS18B21), driver para o controle do acionamento da bomba, e medidor de vazão. Foram feitos testes de desempenho do sistema, onde será implementada a metodologia de controle implementada no Simulink.



Figura 3 – Sistema de aquisição e controle.

### 3. Resultados

Até o momento foram feitos testes da implementação no Simulink, que mostraram ser possível controlar a temperatura do reservatório a partir do acionamento da bomba de forma eficiente. A Figura 4 mostra um exemplo da estabilização da temperatura da água saindo do reservatório, antes de entrar no radiador. Nas etapas finais do projeto, a metodologia será testada na bancada, que já está pronta para a realização dos testes.

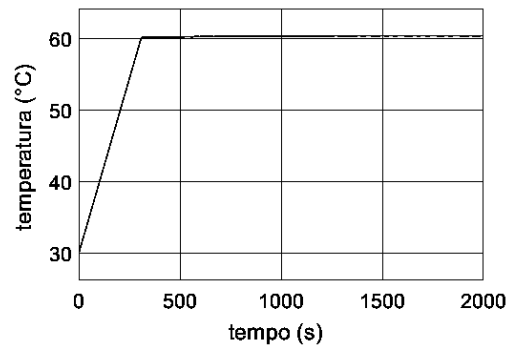


Figura 4 – Temperatura controlada da água na saída do reservatório.

### 4. Conclusões

Neste projeto está sendo desenvolvida uma bancada instrumentada para controle da temperatura da água de um reservatório usando um radiador instalado no túnel de vento. Até o momento, conclui-se a partir da implementação no Simulink que a metodologia proposta é viável. Também que foi possível o desenvolvimento do sistema de aquisição e controle da bomba da bancada.

### 5. Referências

- [1] Rodrigues, K. **Análise do comportamento transiente de um trocador de calor compacto: aplicado ao sistema de arrefecimento de um fórmula SAE elétrico**. Dissertação (Mestrado). Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2016.
- [2] Rodrigues, K. et al. Experimental analysis of the transient behavior of an engine cooling radiator. **Revista de Engenharia Térmica**, v. 17, n. 2, p. 1619, 2018.
- [3] Ieno, J. P. S. **Análise experimental de um trocador de calor compacto automotivo em túnel de vento**. Iniciação Científica. Centro Universitário da FEI, 2017.
- [4] Ieno, J. P. S. et al. Heat transfer correlation for an engine cooling radiator. In: **Proceedings of the 25th ABCM International Congress of Mechanical Engineering**. Uberlândia: [s.n.], 2019.
- [5] Rodrigues, K. et al. Analysis of the transient behavior of an engine cooling radiator. In: **Proceedings of the 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems**. Wroclaw: [s.n.], 2019.

<sup>1</sup> Aluno de IC do CNPq (PBITI009/21). Projeto com vigência de 09/2021 a 08/2022.