

Desenvolvimento de Sistema de Controle de Temperatura para Circuitos Microfluídicos

Leonardo Vieira Costa e Marcus Paulo Raele. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN

INTRODUÇÃO

A microfluídica pode ser definida como a ciência e engenharia de sistemas com dimensões micrométricas, na qual o comportamento dos fluídos difere da teoria tradicional para domínios macroscópicos. Com aplicações científicas e tecnológicas promissoras, necessitam-se estudos específicos para desenvolver os diversos componentes que atuam no controle e no processamento do fluido. Esses sistemas apresentam características interessantes como a necessidade de volumes pequenos de reagentes químicos ou amostras para realizar um dado estudo, além disso, por serem modular, eles são facilmente escalonados e assim podem atender demandas produtivas.

Há a necessidade, no entanto, de desenvolver alguns dispositivos adequados a essa nova tecnologia. Algumas aplicações, como a fabricação de nanopartículas¹, demandam controle acurado de temperatura em dada região do circuito microfluídico, ou mesmo do circuito como um todo.

OBJETIVO

Desenvolver um sistema de controle de temperatura para produção de nanopartículas em circuitos microfluídicos.

METODOLOGIA

O experimento consistia em um arranjo dado pela Figura 1. Foi usado um cartucho de aquecimento que operava em um regime do tipo On/Off (80W), ou seja, ligando ou desligando em intervalos de tempo a fim de controlar a potência média transferida para o sistema. Este tipo de controlador é exem-

plificado pela Figura 2.

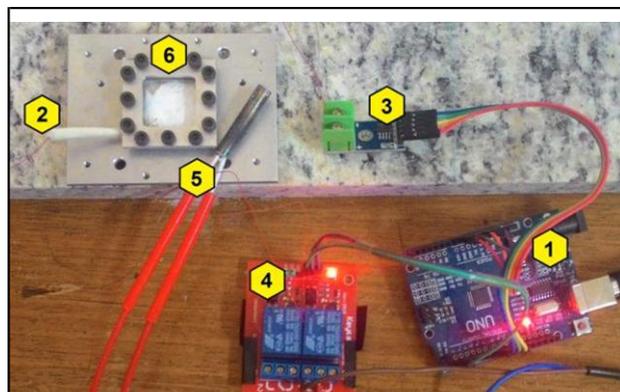


Figura 1 - Arranjo completo. Placa Arduino Uno(1); Termopar Tipo K(2); Sensor MAX6675(3); Módulo Relé 2RB1(4); Cartucho de Aquecimento(5); Sistema de Microfluídica Teste(6).

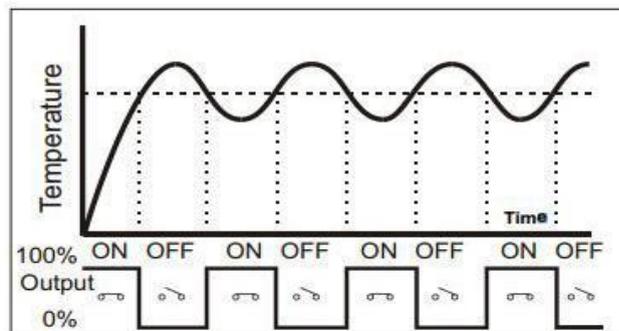


Figura 2 – Controlador do tipo On/Off.

Também foi implementado no código um controle do tipo PID (Proporcional Integrativo Derivativo) para minimizar as variações de temperatura e mantê-la mais próxima da faixa desejada².

RESULTADOS

O código foi capaz de chegar à temperatura desejada em aproximadamente 6 minutos com uma variação de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Esta variação

representa um erro de aproximadamente $\pm 2\%$ do valor

almejado.

A Figura 3 demonstra a diferença de duas rotinas, uma com o controlador PID (Preto) e outra apenas On/Off (Vermelho). O gráfico possui a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) ao longo do tempo (segundos) durante uma rotina padrão do programa na qual ele parte da temperatura ambiente até 110°C .

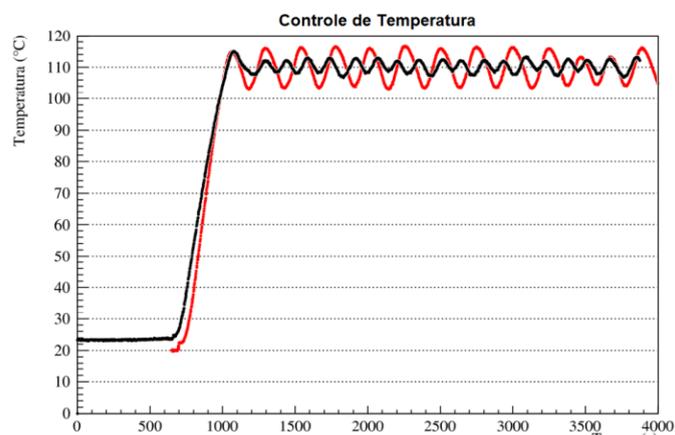


Figura 3 - Controle de temperatura para 110°C . Controlador PID (Preto), sem o controlador PID (Vermelho).

Outros testes foram realizados para outras faixas de temperatura como 120°C , 140°C e 160°C , o sistema mantém um comportamento semelhante para estas faixas.

CONCLUSÕES

O sistema é capaz de realizar um controle de temperatura para um sistema de microfluídica. Por contar com uma base em Arduino o sistema se torna barato, de fácil manuseio e fácil entendimento no quesito programação do código. O que é satisfatório para o campo de estudo.

É possível notar uma diferença entre o uso de um controlador do tipo PID e sua eficiência para sistemas de controle de temperatura.

Tentativas foram realizadas para tentar minimizar ainda mais o erro apresentado, mas o sistema como um todo possui uma inércia térmica alta o que dificulta o controle. Essa inércia se dá por diversos motivos como:

perda para o ambiente, lentidão no cartucho de aquecimento, condução térmica não linear pelo sistema de microfluídica.

Embora exista este problema da inércia térmica o controlador atende os requisitos para produção de nanopartículas.

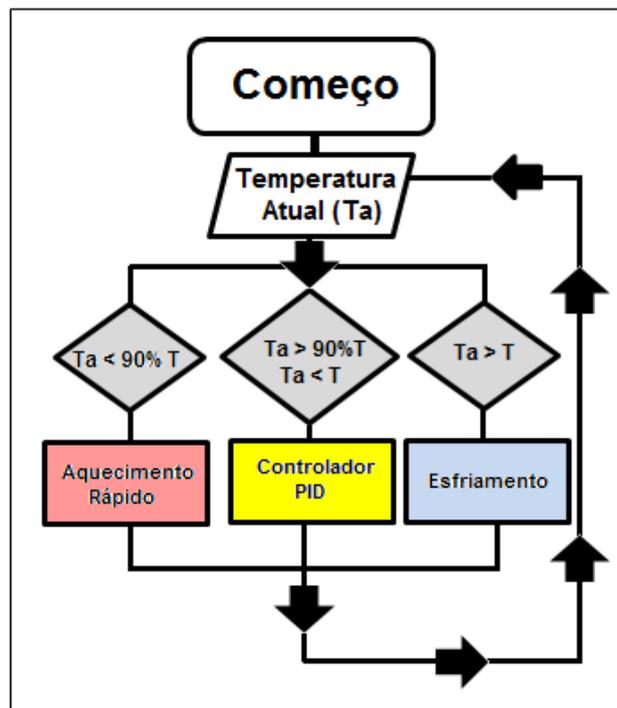


Figura 4 - Fluxograma do programa. T representa a temperatura desejada, T_a a temperatura medida pelo sensor. Os processos de Aquecimento Rápido, Controlador PID e Esfriamento estão resumidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]MAKGWANE, P. R.; RAY, S. S. Synthesis of Nanomaterials by Continuous-Flow Microfluidics: A Review. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 14, n. 2, p. 1338-1363, Feb 2014.
- [2]VISIOLI, A. **Practical PID Control**. Springer London, 2006. ISBN 9781846285868.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agrademos a CNPq pela bolsa PIBIC fornecida durante o período em que o projeto foi realizado.