



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024**

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE CONTROLE PID DE CÂMARA TÉRMICA USADA NA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDES DE VEDAÇÃO

**Fernanda Marinho Silva¹; Geraldo José Belmonte dos Santos²; Márcia Lissandra
Machado Prado³**

1. Bolsista – PIBITI/CNPq, Graduanda em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: fmsilva@ecomp.uefs.br
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: gjbsantos@uefs.br
3. Co-Orientadora, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: mlmprado@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Controle PID; Controlador; MATLAB.

INTRODUÇÃO

Um sistema de controle é uma abordagem completa para gerenciar um sistema real, seja ele elétrico, mecânico, térmico, ou de outra natureza. As principais teorias de controle são o controle clássico, moderno e robusto (Prado, 2006). As duas últimas envolvem técnicas mais avançadas, especialmente para sistemas com múltiplas entradas e processamento mais complexo. A teoria de controle clássico, também conhecida como controle convencional, é a mais amplamente utilizada. Ela se baseia em funções de transferência, diagramas de blocos e análise no domínio da frequência. O controle PID é uma parte central do controle clássico. No caso desta pesquisa, o sistema foi desenvolvido com base na teoria de controle clássico, utilizando técnicas como o controle PID.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

O controle PID (*Proportional-Integral-Derivative*) é o algoritmo de controle atualmente mais utilizado na indústria (National Instruments, 2024) que consiste em três coeficientes básicos: proporcional, integral e derivativo. A fórmula do seu respectivo controlador é: $u(t) = K_p * e(t) + K_i * \int e(t) dt + K_d * de(t)/dt$. As constantes K_p e K_i e K_d estão relacionadas aos fatores proporcionais, integrativos e derivativos (relacionado ao erro) respectivamente.

Além do controle PID, existe o controle PI, que garante um erro nulo ao degrau (Ogata, 2010). Ou seja, o K_d é 0. Este controle foi escolhido para a modelagem do sistema de controle nesta pesquisa. Como um sistema térmico é inerentemente lento, a probabilidade de ruídos é baixa. Portanto, a ausência do coeficiente derivativo não compromete a eficácia do controle, sendo o PI uma escolha adequada para esse tipo de sistema.

Na prática, o sistema consiste em uma geladeira vedada, equipada com uma fonte de aquecimento (uma churrasqueira), juntamente com a parede de vedação estudada. Devido às limitações do laboratório, essa foi a montagem adotada para o experimento. A Figura 1 mostra o sistema real utilizado.



Figura 1: Sistema real. (Fonte: autoral)

Os experimentos foram realizados utilizando o microcontrolador Arduino Nano, o *Single Board Computer* (SBC) Orange Pi e sensores de temperatura termopar. O diagrama da Figura 2 representa como os experimentos foram feitos.

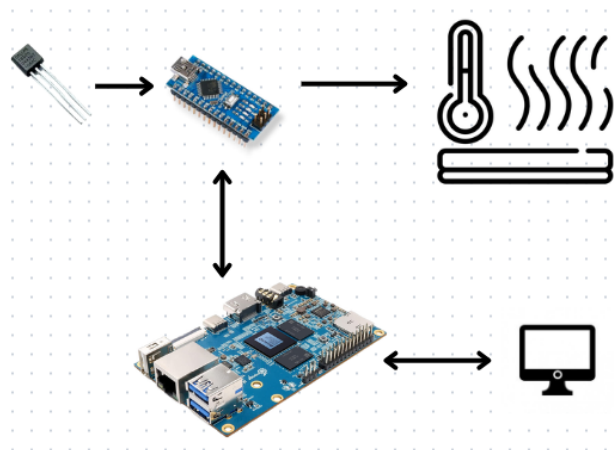


Figura 2: Diagrama do sistema de coleta de dados de medição. (Fonte: autoral)

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

Os dados coletados são salvos em um arquivo .csv, permitindo seu acesso e manipulação posterior. Utilizando bibliotecas Python como Pandas e NumPy, foi possível traçar gráficos da temperatura em função do tempo. Logo nos primeiros experimentos, foi constatado que o sistema apresentava uma resposta muito lenta e dificuldade grande em atingir a estabilidade. Após a coleta de dados, a primeira tentativa em obter as equações do sistema foi utilizar o método de Ziegler-Nichols, porém sem sucesso. Por meio de análises matemáticas, o sistema real foi igualado a uma exponencial, obtendo a seguinte função: $y(t) = K * (1 - e^{(-t/\tau)})$. Os

valores de K e τ foram encontrados mediante uma pequena aplicação feita em Python, onde foi possível simular vários valores possíveis para essas constantes. A Figura 3 ilustra a curva do sistema real (azul) e a curva da função obtida (laranja).

Sistema térmico

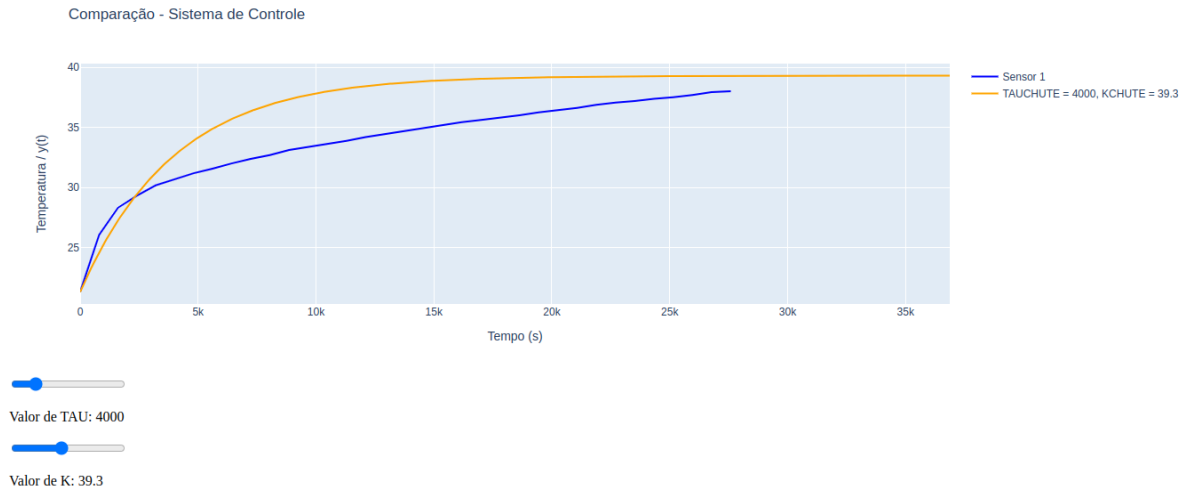


Figura 3: Aplicação em Python para descobrir valor de K e τ . (Fonte: autoral)

Com os valores de K e τ escolhidos, o próximo passo foi a simulação do sistema no MATLAB/Simulink e obtenção dos ganhos das constantes K_p e K_i . Para isso, foi usado um sistema anterior (Santos; Lima; Arruda Filho, 2023) a este trabalho, no qual havia um controle *on/off* com muito ruído. A imagem abaixo representa esse sistema.

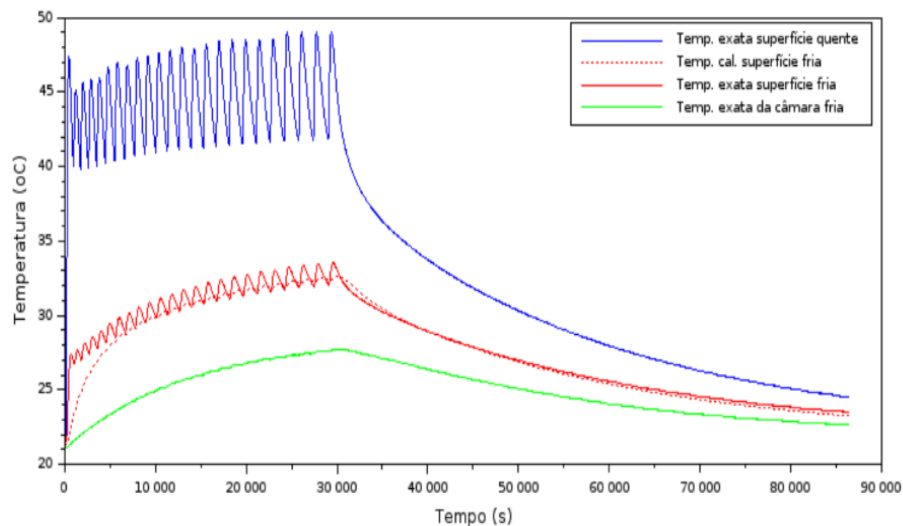


Figura 4: Sistema de base. (Fonte: Santos, Lima e Arruda Filho).

A simulação do controle PI foi feita com os valores de $K_p = 2,0356$ e $K_i = 5,0891, \times 10^{-4}$. O tempo (T) utilizado foi de 1000s. A Figura 5 ilustra a simulação para uma entrada unitária, pode-se observar que a curva se assemelha muito ao sistema de base, porém com a ausência do ruído e sem erro de regime, e para o período de aquecimento.

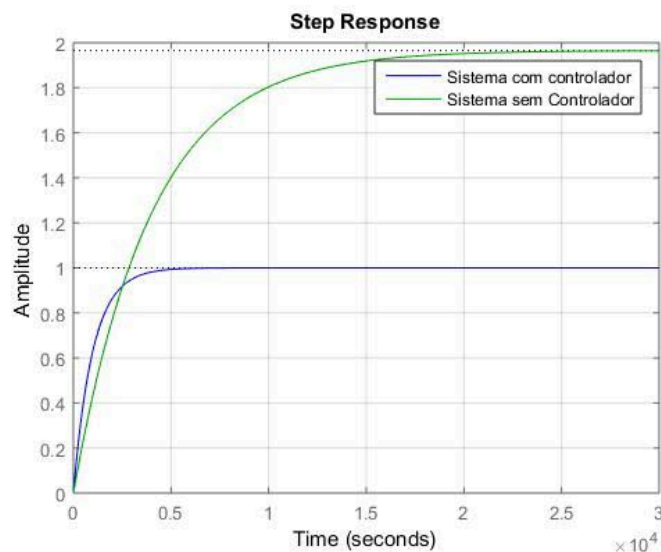


Figura 5: Simulação MATLAB/Simulink. (Fonte: autoral)

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Os experimentos, análises matemáticas e simulações foram todas executadas com êxito. Porém, o fato do sistema ser muito lento tomou muito tempo útil da pesquisa, onde alguns ensaios chegaram a durar quase 12 horas. Por este motivo, não sobrou tempo para a compra da controladora e implementação do controle de fato.

Por fim, todas as atividades executadas durante o trabalho, serviram de base para a construção do conhecimento técnico e acadêmico a cerca de sistemas de controle. A utilização de softwares e microcontroladores auxiliam no desenvolvimento de ferramentas tecnológicas. Todas essas contribuições servem para a implementação do controle PI em um sistema térmico de paredes de vedação.

REFERÊNCIAS

- OGATA, K. *Engenharia de Controle Moderno*. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- PRADO, M. L. M. (2006). *Controle Robusto por Alocação de Pólos via Análise Intervalar Modal*, Tese- Unicamp, Campinas.
- SANTOS, Geraldo José Belmonte dos; LIMA, Paulo Roberto Lopes; ARRUDA FILHO, Adilson Brito de. *Análise do conforto térmico de paredes de vedação de painéis sanduíches*. Feira de Santana: UEFS, 2023.
- NATIONAL INSTRUMENTS. PID theory explained. Disponível em: <https://www.ni.com/en/shop/labview/pid-theory-explained.html>. Acesso em: 12 set. 2024