

## CONTROLE LIGA-DESLIGA E SUPERVISÃO DE DADOS EM UMA ESTUFA

GERONIMO BARBOSA ALEXANDRE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Professor EBTT, IFPB, Cajazeiras-PB, geronimo.alexandre@ifpb.edu.br;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
04 a 06 de outubro de 2022

**RESUMO:** O objetivo do trabalho é apresentar a montagem de uma estufa didática, a validação experimental do sistema de supervisão e a avaliação do desempenho do controle liga-desliga na gestão da temperatura, fazendo que a estufa opere na faixa de 27°C a 32°C. O protótipo é dividido em duas partes, o hardware, composto pelo microcontrolador Arduino, pelo sensor de temperatura e pelos atuadores elétricos (lâmpada e cooler); e o software de supervisão, local por meio da aplicação SCADA e remota pelo aplicativo Bluetooth Terminal HC-05. A metodologia usada foi: (a) projeto e montagem do protótipo, (b) desenvolvimento e avaliação da supervisão e (c) testes experimentais do controle e da supervisão integrados. A arquitetura mostrou-se confiável e eficiente na aquisição e na apresentação dos dados mensurados com taxa de latência de 2 segundos. O controle liga-desliga de temperatura, apresentando boa precisão e operacionalidade. O diferencial do produto confeccionado está no baixo custo, na replicabilidade por outras instituições de ensino e na qualidade das medições das variáveis de processo, sendo uma ferramenta fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Protótipo didático, instrumentação, aplicação SCADA, aplicativo mobile.

### CONTROL ON-OFF AND DATA SUPERVISION IN A THERMAL PROCESS

**ABSTRACT:** The objective of the study is to present the assembly of a didactic prototype thermal, the experimental validation of the supervision system and the evaluation of the performance of the on-off control in the management of the temperature, making the stove operate in the range of 27°C to 32°C. The prototype is divided into two parts, the hardware, consisting of the Arduino microcontroller, the temperature sensor and the electrical actuators (lamp and cooler); and the supervision software, local through the SCADA application and remote through the Bluetooth Terminal HC05 application. The methodology used was: (a) prototype design and assembly, (b) supervision development and evaluation and (c) experimental testing of integrated control and supervision. The architecture proved to be reliable and efficient in the acquisition and presentation of the measured data with a latency rate of 2 seconds. The temperature control on-off, featuring good accuracy and operability. The differential of this work is in the low cost, in the remote supervision of the data and in the replicability of the prototype by other educational institutions and the measurements of the process variables, being a fundamental tool in the teaching-learning process.

**KEYWORDS:** Didactic prototype, instrumentation, SCADA application, mobile application.

### INTRODUÇÃO

A ação de controle e a supervisão de processos são duas partes importantes de qualquer planta industrial e que ambas interagem na operação estável e na otimização do produto. Dentre os mais variados tipos de controle existente, podemos destacar o controle liga-desliga e o controle PID, sendo os mais utilizados na indústria, devido a simplicidade funcional e ao seu desempenho robusto, respectivamente (OGATA, 2015).

O gerenciamento das variáveis de processo torna-se uma atividade indispensável para a operação e manutenção da planta industrial, trazendo ganhos econômicos consideráveis, melhoria da estabilidade dinâmica, redução do consumo de energia e da emissão de substâncias tóxicas.

Em relação aos supervisórios, existe inúmeros softwares tanto comerciais (Eclipse Scada, CX-Supervisor, Supervisório LAquis) e livres (ScadaBR e PROCESSING) que irão auxiliar na qualidade, na redução de custos e em um maior desempenho da produção.

Neste contexto o objetivo do Trabalho é apresentar a montagem de uma estufa didática, o sistema de controle e instrumentação instalado e as interfaces de comando/supervisão local e remota do processo em escala laboratorial.

O trabalho desenvolvido utiliza uma plataforma de prototipagem eletrônica *Open Source* baseada no microcontrolador ATMEL ATmega2560 de 8 bits de arquitetura RISC avançada, no aplicativo mobile Bluetooth Terminal HC05 e no software de supervisão Eclipse SCADA na versão demonstrativa. De modo que seja possível ligar, desligar, mudar parâmetros, monitorar as variáveis de controle e gerar relatórios de forma rápida e segura da planta didática.

## MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a revisão bibliográfica nas seguintes plataformas acadêmicas: IEEE Explorer Digital Library, ScienceDirect, Researchgate, Periódico Capes e Google Acadêmico, dessa pesquisa foram escolhidos alguns artigos que serviram de base do projeto (DAGA, *et al*, 2020), (COSTA, *et al*, 2014) e (ALBUQUERQUE NETO, *et al*, 2019). Desta forma o trabalho trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa com apresentação de um produto.

Em seguida foi elaborado os desenhos 2D e 3D do protótipo, bem como a lista de material com o respectivo orçamento. Na sequência foi confeccionada a bancada de aquecimento, instalação da instrumentação e desenvolvimento dos sistemas supervisórios.

Os materiais utilizados para confecção do protótipo experimental estão dispostos na Tabela 1. O custo total do protótipo foi baixo (R\$ 383,00) quando comparado a uma bancada didática comercial similar (R\$ 10.000,00).

Tabela 1. Lista de materiais e orçamento para a estufa didática.

Material	Unidade	Preço unitário (R\$) *	Preço total (R\$)
Folha de madeira compensado - 1 x 1m	01	55,00	55,00
Verniz Spray	01	22,00	22,00
Papel alumínio	01	5,00	5,00
Arduino Uno R3 + Cabo USB	01	110,00	110,00
Módulo Bluetooth HC-05	01	33,00	33,00
Cabos 1,5mm <sup>2</sup>	1,0m	5,00	5,00
Módulo dimmer 8A, com Zero Cross	01	65,90	65,90
Ventilador Cooler 40mm 5V	01	24,90	24,90
Sensor de temperatura DS18B20	01	17,90	17,90
Placa circuito - 2,5 x 6 cm	01	10,00	10,00
Bocal Plafon	01	5,00	5,00
Lâmpada incandescente – 40W	01	5,00	5,00
Cantoneira	02	3,00	6,00
Dobradiças	02	6,00	12,00
Parafusos	04	1,00	4,00
Plug Macho 2 pinos	01	2,00	2,00
Total: R\$ 382,70			

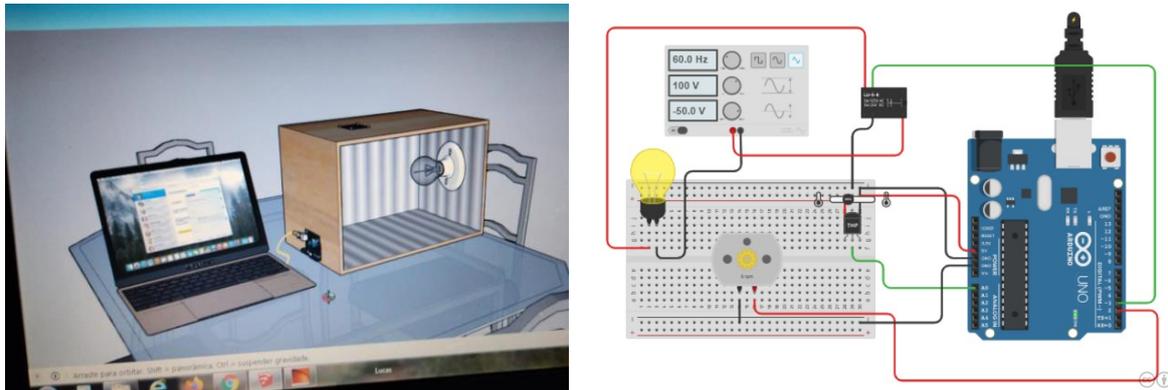
\*Cotação feita em agosto de 2022.

Na Figura 1(a) é ilustrado o desenho 3D do processo projetado, já na Figura 1(b) é ilustrado o diagrama elétrico da planta de controle de temperatura. O processo de aquecimento (estufa didática) pode ser dividido em três partes: o atuador, o sensor e o controlador PI digital. Os atuadores consistem na lâmpada incandescente e no cooler, o sensor de temperatura usado é o DS18B20 a prova d'água (blindado) e o controlador digital que foi implementado em linhas de código na IDE Arduino, usando a programação em linguagem C.

O Arduino faz a aquisição das medições de campo e envia para a aplicação SCADA (do inglês, *Supervisory Control and Data Acquisition*), usando o protocolo de comunicação Modbus (biblioteca modbus.dll), onde é associado os registradores na IDE Arduino às *Tags* no Elipse SCADA versão demonstrativo.

O interior da estufa foi revestido com papel alumínio para ajudar no processo de condução térmica, o sensor de temperatura foi posicionado no interior da câmara, externamente foi instalado o quadro de comando da estufa, onde está o módulo dimmer, o módulo Bluetooth, o Arduino e toda a fiação.

Figura 1. (a) Desenho 3D do protótipo. (b) Diagrama elétrico da estufa didática.



A Figura 2 ilustra o protótipo didático confeccionado pelos professores do IFPB Campus Cajazeiras. O protótipo foi montado em uma estrutura de madeira revestida de papel alumínio para simular um ambiente fechado, minimizando as interferências externas e perturbações ao sistema, para um melhor desempenho da malha de controle.

Figura 2. (a) Quadro de comando. (b) Vista do interior da estufa didática.

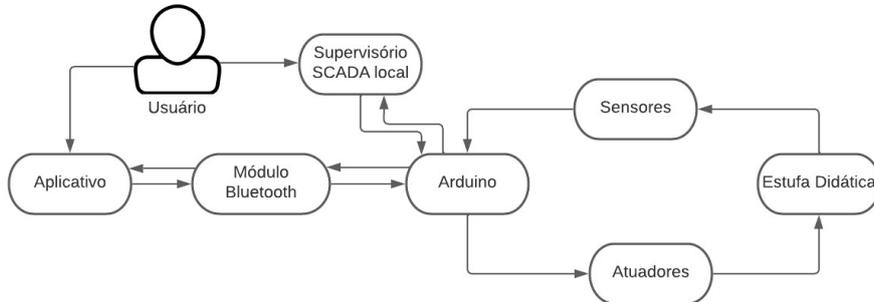


A supervisão remota do processo foi implementada por meio do aplicativo Bluetooth Terminal HC-05 disponível na Play Store Google, onde o usuário pode baixar e instalar no seu dispositivo móvel, em seguida fazer o pareamento do celular com o módulo HC-05 que está conectada a bancada didática.

Neste trabalho foi utilizado o módulo Bluetooth HC-05 para comunicar-se com o Arduino (portas RX e TX), por ser um hardware fácil de usar e prototipar, é barato e facilmente encontrado no mercado. Este módulo pode trabalhar tanto em modo mestre (faz e aceita pareamento com outros dispositivos) como no modo escravo (apenas aceita pareamento).

A interação do usuário com os sistemas de supervisão local e remota é ilustrada no diagrama de blocos da Figura 3. O acesso a supervisão local é feito por meio de computador local que está executando a aplicação SCADA, já o monitoramento remoto pode ser por qualquer dispositivo móvel com arquitetura Android que tenha conexão Bluetooth e o aplicativo instalado.

Figura 3. Fluxo de dados na supervisão da temperatura.



A aplicação SCADA foi configurada para cadastro de usuários, controle de acesso por senhas, monitoramento em tempo real e exportação dos dados operacionais após um dia de operação. Os dados são exportados em formato de tabelas e gráficos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem física da planta foi validada a ação de controle liga-desliga para a temperatura no interior da estufa, sendo executada a seguinte lógica controle: Se a temperatura for menor que 28 °C *então* liga a lâmpada *e* desliga o cooler; se a temperatura for maior que 32°C *então* liga o cooler *e* desliga a lâmpada. Nesta lógica a lâmpada CA funciona como a fonte de calor e o cooler como o atuador de resfriamento do interior da estufa.

Vale salientar que toda as ações de comando estão sendo executado pelo microcontrolador. Este funciona como o cérebro do processo recebendo as medições do sensor, que informa o estado do processo e atua fornecendo energia para o comando da lâmpada (gerenciada pelo módulo dimmer), ou o comando do cooler.

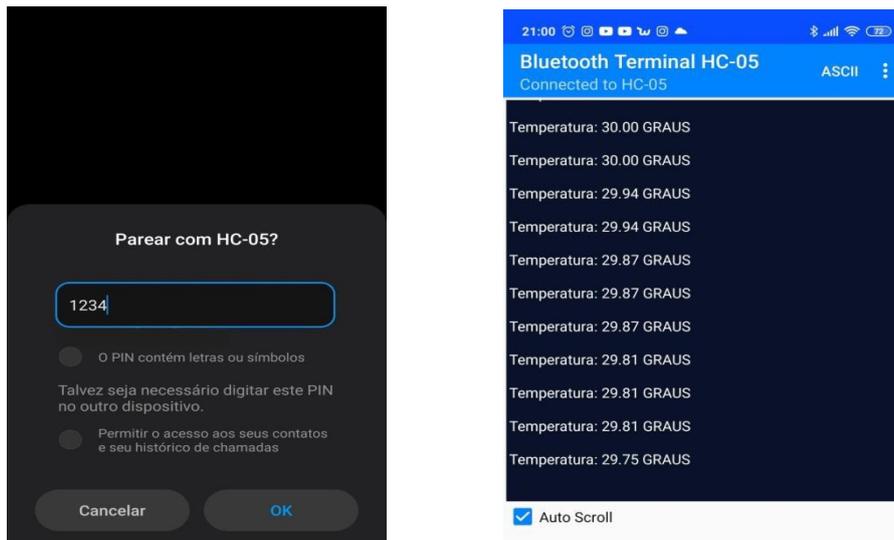
A Figura 3 ilustra a aplicação SCADA desenvolvida para monitorar o comportamento da temperatura no interior da estufa ao longo da operação do processo frente a lei de controle liga/desliga.

Na Figura 4(a) é ilustrada a janela para parear o aplicativo Bluetooth Terminal HC-05 com o módulo Bluetooth, já na Figura 4(b) é observado o monitoramento da temperatura na tela do dispositivo móvel.

Figura 3. Supervisão da temperatura na aplicação SCADA.



Figura 4. (a) Janela para parear o aplicativo com o módulo HC-05. (b) Medições de temperatura no aplicativo.



O protótipo desenvolvido é usado como ferramenta de ensino-aprendizagem nas disciplinas de Eletrônica e sistemas de controle no curso de graduação em engenharia de controle e automação do IFPB - Campus Cajazeiras, destacamos alguns experimentos que são realizados na bancada: Modelagem matemática do processo, caracterização de sensores e atuadores, linearização da planta em um ponto de operação, projeto e sintonia de controladores PID e supervisão local / remota de dados.

O diferencial do sistema confeccionado está no baixo custo, na replicabilidade por outras instituições de ensino e na qualidade das medições fornecidas pelos supervisórios.

Além do protótipo desenvolvido, foi confeccionado um guia descrevendo o passo-passo da programação e ligação dos sensores ao microcontrolador para uso por outros alunos e /ou Instituições de Ensino, o guia está disponível na página eletrônica do Orientador do Trabalho.

## CONCLUSÃO

A confecção da bancada didática é uma ferramenta que: (1) permite medições em tempo real das variáveis de decisão; (2) apresenta custo inferior (R\$ 383,00) as bancadas comerciais (R\$ 10.000,00); (3) permite aplicações no processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de Eletrônica e Programação (guia de laboratório). O diferencial do produto está na operação remota do processo e na disponibilidade das medições para qualquer usuário conectado ao aplicativo Bluetooth, quando conectado por dispositivos móveis com arquitetura Android.

Como trabalhos futuros sugere-se: (a) comunicação com outros processos; (b) sintonia e validação do controle PID; (c) sintonia e validação do controlador PI Fuzzy; (d) criação de um banco de dados robusto para monitorar o histórico operacional; (e) projetar e validar um sistema inteligente para diagnóstico de falhas (nos sensores, nos atuadores e no processo) na planta didática.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal da Paraíba Campus Cajazeiras.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE NETO, *et al.* Bancada didática para controle de nível e temperatura. *Anais. Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia.* Palmas - TO, 2019.

COSTA, *et al.* Controle de temperatura PID desenvolvido em Labview®. *Anais. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.* Rio de Janeiro - RJ, 2014.

DAGA, *et al.* Módulo didático para estudo de controlador PID analógico. *Anais. IV Simpósio Paranaense de Modelagem, Simulação e Controle de Processos.* Curitiba-PR, 2020.

OGATA, Katsuhiko. *Engenharia de Controle Moderno.* 5ª Edição. Pearson. 2015.