

BANCADA DIDÁTICA PARA CONTROLE DE NÍVEL E TEMPERATURA

FELIPE ROQUE DE ALBUQUERQUE NETO¹, GABRIEL DA SILVA BELÉM², DINILTON PESSOA DE ALBUQUERQUE NETO³, GERONIMO BARBOSA ALEXANDRE⁴ e RAPHAEL DE MEDEIROS S. M. BALTAR⁵

¹Discente de Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, roquefelipe1972@hotmail.com;

²Discente de Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, gabrielsbgr@gmail.com;

³Discente de Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, diniltonp@outlook.com;

⁴Mestre em Engenharia Elétrica, Prof. EBTT, IFPE, Garanhuns-PE, geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br;

⁵Mestre em Engenharia Elétrica, Prof. EBTT, IFPE, Garanhuns-PE, raphael.baltar@garanhuns.ifpe.edu.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

Palmas/TO – Brasil

17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O objetivo do trabalho é a montagem de uma planta de nível e temperatura. O protótipo didático é composto por: um tanque inferior, um tanque superior, dois sensores de nível, um sensor de temperatura, um mergulhão, uma eletroválvula, uma bomba 12Vcc e uma placa Arduino Uno R3. A montagem do protótipo foi concluída e funciona da seguinte forma: (1) Tanque superior vazio, LIGA a bomba e DESLIGA a eletroválvula; (2) Tanque superior cheio, DESLIGA a bomba e LIGA a eletroválvula; (3) Se temperatura da água for menor que 25 °C LIGA A termoresistência, Se temperatura da água for maior que 35 °C DESLIGA a termoresistência. Os dados medidos são enviados para o computador onde é plotado em tempo real os gráficos das variáveis de decisão. O controle ON-OFF foi projetado e validado para as malhas de nível e temperatura, apresentando boa precisão e operacionalidade. O diferencial do trabalho está no baixo custo, na supervisão remota dos dados e na replicabilidade do protótipo por outras instituições de ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Protótipo, ação de controle, ensino-aprendizagem, instrumentação.

DIDACTIC PROTOTYPE FOR LEVEL AND TEMPERATURE CONTROL

ABSTRACT: The objective of the work is the assembly of a plant of level and temperature. The didactic prototype consists: a lower tank, an upper tank, two level sensors, a temperature sensor, a plunger, a solenoid valve, a 12Vdc pump and an Arduino Uno R3 board. The assembly of the prototype has been completed and works as follows: (1) Empty upper tank, turn ON the pump and turn the solenoid valve OFF; (3) If the water temperature is less than 25 °C ON the thermostat, If the water temperature is greater than 35 °C Turn OFF the thermostat. The measured data sent to the computer where the graphs of the decision variables plotted in real time. The ON-OFF control was designed and validated for the level and temperature meshes, presenting good precision 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.

KEYWORDS: Prototype, control action, teaching learning, instrumentation.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento industrial, houve a necessidade da aplicação de sistemas de controle a plantas industriais e o desenvolvimento de sofisticados processos para o controle eficiente das variáveis como temperatura, pressão, nível, umidade, vazão, que por ventura, as mesmas havendo um bom desempenho no processo, acabam gerando um produto final de qualidade (Ogata, 2015).

Processos de controle de nível e temperatura na indústria é comumente utilizado em caldeiras, plataformas de petróleo e gás ou situações onde se precisa o controle eficiente de uma determinada variável em relação ao tempo (Alexandre & Lima, 2013).

O objetivo do trabalho é apresentar a protótipo projetado, montado e validado de um processo industrial de controle de nível e temperatura em escala laboratorial, confeccionado a baixo custo e de

fácil replicabilidade por outras instituições de ensino. O protótipo desenvolvido é uma ferramenta de ensino-aprendizagem nas disciplinas de instrumentação eletrônica e sistemas de controle no curso de graduação em engenharia elétrica do IFPE - Campus Garanhuns.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi feita a revisão bibliográfica nas seguintes plataformas acadêmicas: IEEE Explorer Digital Library, Periódico Capes e Google Acadêmico, dessa pesquisa foram escolhidos alguns artigos que servirão de base do projeto (DOS SANTOS, 2014), (BELÉM, *et al*, 2018) e (DA SILVA, *et al*, 2014). Em seguida foi elaborado os desenhos 2D e 3D do protótipo bem como a lista de material com o respectivo orçamento.

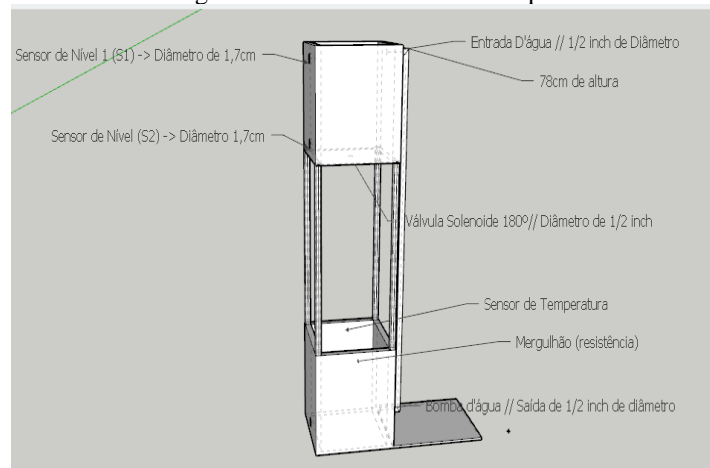
Os materiais utilizados para confecção do protótipo experimental estão dispostos na (Tabela 1). O custo total do protótipo foi baixo (R\$ 434,00) quando comparado a uma bancada didática comercial similar (R\$ 15.000,00).

Tabela 1. Lista de material utilizada na confecção da Planta de nível e temperatura.

MATERIAIS	QUANTIDADE	SITUAÇÃO	PREÇO(R\$) MERCADO	ADQUIRIDO (R\$)
Sensor de Nível	3	OK	R\$17,00 ~ R\$22,00	R\$ 47,70
Caixa Térmica de Isopor	2	OK	R\$12,00 ~ R\$30,00	R\$12,00
Arduino uno	1	OK	R\$26,00 ~ R\$35,00	R\$ 30,00
Mangueira 1/2	50 m	OK	R\$19,00 ~ R\$25,00	R\$19,00
Minibomba d'água	1	OK	R\$30,00 ~ R\$80,00	R\$ 44,90
Sensor de Temperatura	1	OK	R\$17,00 ~ R\$50,00	R\$ 37,88
Mergulhão	1	OK	R\$20,00 ~ R\$80,00	R\$30,00
Modulo Relé 8 canais	1	OK	R\$10,00 ~ R\$ 20,00	R\$ 42,66
Sensor Fluxo D'Água	1	OK	R\$23,00 ~ R\$40,00	R\$ 41,00
Válvula Solenoide 220V 180° 1/2	1	OK	R\$ 38,00 ~ R\$40,00	R\$ 128,60
TOTAL				R\$433,74

O início da montagem do sistema baseou-se em uma planta de controle de nível e temperatura da Vivacity localizada no laboratório do IFPE - Campus Garanhuns, e em imagens obtidas em artigos da revisão bibliográfica. Na (Figura 1) é ilustrado o desenho 3D do processo projetado.

Figura 1. Desenho 3D do Protótipo.



A Figura 2 ilustra a planta de nível e temperatura projetada e construída pelo aluno-bolsista instalada no Laboratório de Instrumentação e Controle Industrial do IFPE - Campus Garanhuns. O sistema elétrico da planta de nível e temperatura é constituído de Arduino Uno, Mergulhão, Válvula solenoide, Sensor de temperatura, Sensor de fluxo dentre outros componentes eletrônicos como resistores e led's. A (Figura 3) ilustra o diagrama elétrico da montagem dos componentes.

O funcionamento do sistema consiste em dois tanques de 5L (Figura 4), onde o tanque R2 é o reservatório de água; após os sensores de nível S1 e S2 verificarem que o reservatório R1 está vazio, automaticamente o sistema envia um sinal ao Arduino para acionamento da bomba d'água; com isso,

quando o sensor S1 fechar, o Arduino desliga a bomba d'água e aciona a válvula solenoide E para que o reservatório R1 seja esvaziado, até o ponto em que o sensor S2 envie outro sinal ao Arduino indicando em que o reservatório está vazio e acione novamente a bomba d'água; perpetuando este ciclo operacional. A malha de temperatura é definida da seguinte forma: Se o tanque inferior estiver cheio e a temperatura medida for menor que 30 ° C, liga o aquecedor até que a temperatura medida atinja 38 ° C, liga a bomba para levar água aquecida para o tanque superior.

Figura 2. Protótipo de controle de nível e temperatura confeccionada no IFPE Campus Garanhuns.

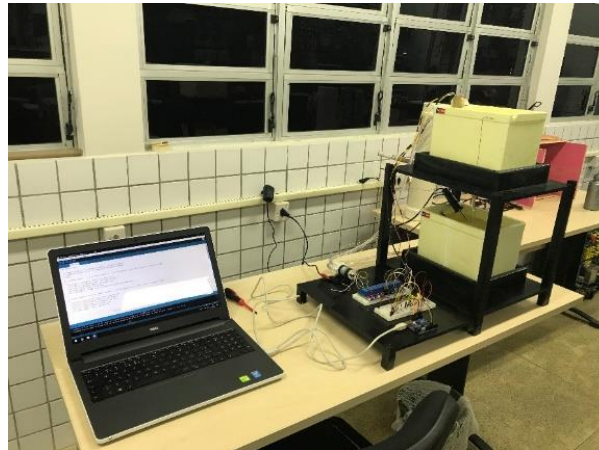


Figura 3. Diagrama Elétrico do processo de nível e temperatura.

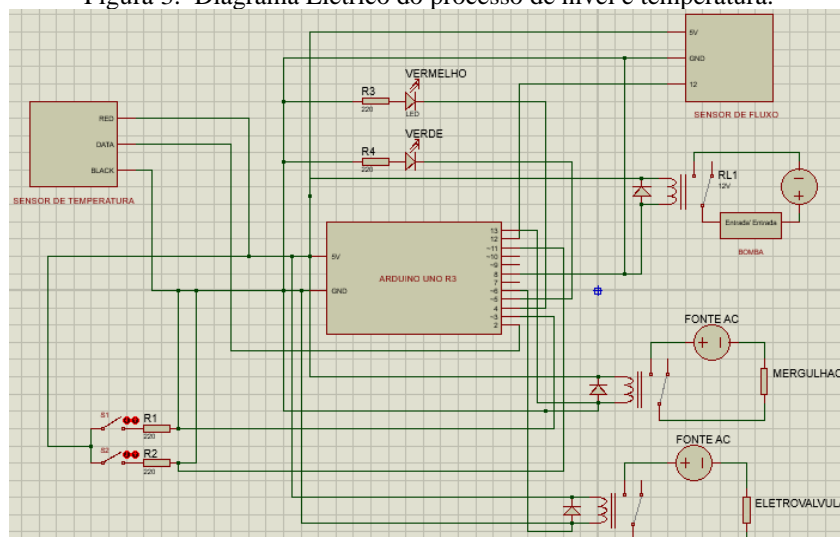
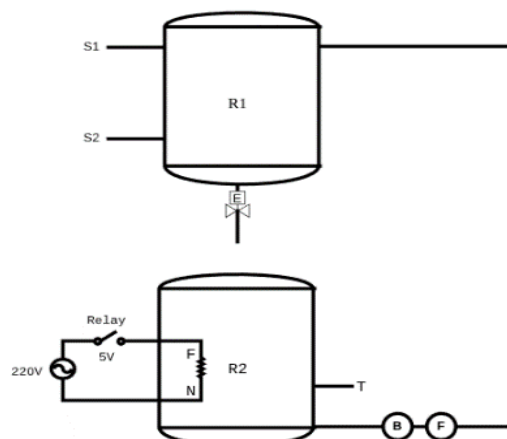


Figura 4. Diagrama funcional do processo. B- bomba, F-sensor de fluxo, R2 – Reservatório inferior, R1 – Reservatório superior, S1 - sensor de nível baixo, S2 - sensor de nível alto, T-sensor de temperatura, FN – cabos de fase e neutro.



Foi projetado o controle ON-OFF para as malhas de nível e temperatura, sendo considerados com duas malhas de controle SISO (single input, single output). O acoplamento entre malhas não foi considerado, devido à complexidade dos controladores a serem projetados para gerenciar o nível dos reservatórios e a temperatura da água circulante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem física da planta foram validadas as ações de controle ON-OFF para as malhas de controle, vale salientar que toda as ações de comando estão sendo executado pelo microcontrolador. Este funciona como o cérebro do processo recebendo as medições dos sensores, que informam o estado do processo e atua fornecendo energia para o comando da bomba d'água, do mergulhão e da eletroválvula (atuadores elétricos).

A (Figura 5) ilustra a ação ON-OFF na malha de temperatura da água circulante entre os tanques, já a (Figura 6) ilustra o comportamento do nível no tanque superior ao longo da operação do processo frente a lei de controle LIGA/DESLIGA.

Figura 5. Comportamento da temperatura ($^{\circ}$ C) da água ao longo do tempo.

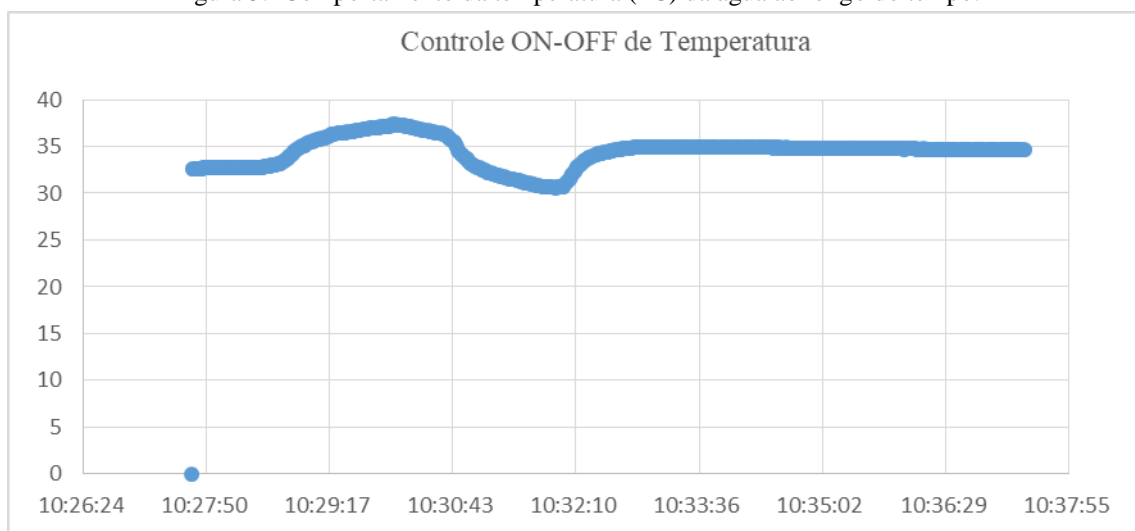
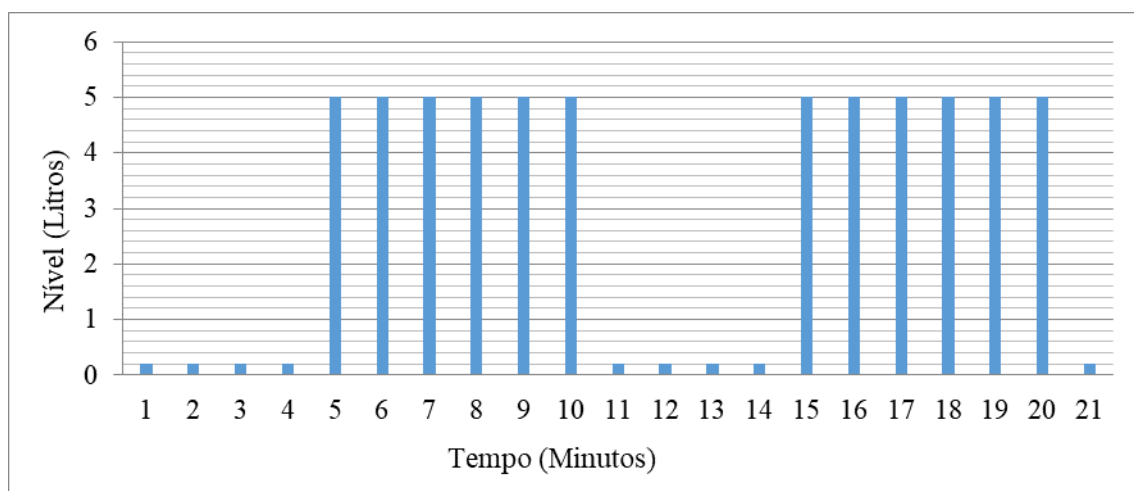


Figura 6. Comportamento do nível (litros) do tanque superior ao longo do tempo.



Todos os dados medidos na bancada didática (leituras dos sensores) são condicionados na plataforma Arduino e enviada para um banco de dados no MS Excel para fins de registro operacional do processo. Além do armazenamento dos dados foi utilizado a ferramenta PLX - DAQ para plotagem em tempo real dos dados enviados pelo microcontrolador para o MS Excel (Sistema de supervisão local dos dados medidos).

Observando o gráfico da (Figura 5), percebe-se que a temperatura começa nos 34 ° C acionando o aquecedor até atingir o range superior de controle (38 ° C), o tanque superior enche e secou, recirculando a água para o reservatório inferior, quando este encheu o aquecedor foi acionada. Como a água ainda não havia atingido o range inferior (34 ° C), voltou a aquecer nos 34 ° C. estes ciclos operacionais demonstram a eficácia do controle ON-OFF projetado.

A bancada didática confeccionada será útil para as práticas de laboratório das disciplinas da ênfase de controle do Bacharelado em Engenharia Elétrica, destacamos alguns experimentos que serão realizados na bancada: Modelagem matemática do processo, caracterização de sensores e atuadores, linearização da planta em um ponto de operação, identificação de sistemas multivariáveis, projeto e sintonia de controladores PID, projeto de controladores avançados, projeto e sintonia de controladores multivariáveis e supervisão local / remota de dados. Para complementar a bancada será desenvolvido uma rede de comunicação via MODBUS RTU para comunicar com um sistema supervisor e com outro processo.

CONCLUSÃO

A confecção da bancada didática é uma ferramenta que: (1) Permite medições em tempo real das variáveis de decisão; (2) apresenta custo inferior (500,00 R\$) as bancadas comerciais (15.000,00 R\$ - Vivacity); (3) Permite aplicações no processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas de Controle do Bacharelado (guia de laboratório). O diferencial do protótipo está no baixo custo de replicação, quando comparamos a uma planta de nível industrial, que por ventura realiza o mesmo trabalho buscado.

Como trabalhos futuros sugere-se: (a) Sintonia e validação do controle PI; (b) Sintonia e validação do controle PID; (c) Sintonia e validação do controlador PI Fuzzy; (d) Implementação do chamado *Hardware-in-the-loop*, onde a planta industrial é real e controlador é virtual (no caso o controle PI), (e) Construção da supervisão remota dos dados.

AGRADECIMENTOS

Ao IFPE/PROPEQ pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOS SANTOS, Carla; COSTA, Bruno; SILVA, Rodrigo. *Desenvolvimento de um Módulo de Controle de Nível Utilizando o Kit Arduino Uno*. Congresso Brasileiro de Automática, 2014.

BELÉM, Gabriel da Silva; BARBOSA, Gerônimo; DOMINGOS, Alysson. *Estratégias de Controle Avaliadas a uma Planta de Nível e Temperatura*. Congresso Brasileiro de Automática, 2018.

DA SILVA, Janicleide; DA SILVA, Josiane; DE LIMA, Gustavo. *Utilização do Arduino no Controle e Monitoramento de Nível de Líquido*. CONGIC, 2014.

OGATA, Katsuhiko. *Engenharia de Controle Moderno*. 5ª Edição. Pearson. 2015. ISBN: 9788576058106.