

Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente XI SBAI 2013

CONTROLE DE TEMPERATURA DE UMA TOCHA DE PLASMA TÉRMICO COM ACOPLAMENTO INDUTIVO UTILIZANDO A PLACA ARDUINO

GUSTAVO FERNANDES DE LIMA (Mestrando)
GLAUCO GEORGE CIPRIANO MANIÇOBA (Doutorando)
PROF. DR. ANDRÉS ORTIZ SALAZAR (Orientador)

*Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

Introdução

- Arduino - Plataforma de prototipagem eletrônica *open source*;
- Interação com o ambiente recebendo sinais de sensores e podendo acionar luzes, motores, etc;
- Neste trabalho o ambiente de interação foi um sistema de refrigeração a água de uma tocha de plasma térmico.



Motivação

- Manter a temperatura de uma tocha de plasma em faixa aceitável para realização de operação segura e eficiente.



Objetivos

- Desenvolver um sistema para resfriamento de uma tocha de plasma;
- Implementar um controlador *Fuzzy* para manter a temperatura da tocha de plasma dentro de limites pré-determinados.



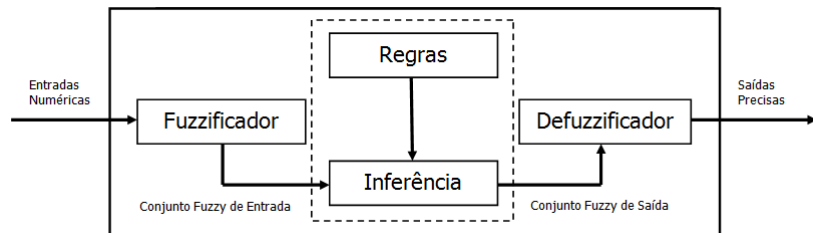
Lógica Fuzzy

- Proposta pelo professor Lotfi A. Zadeh em 1965;
- A passagem da pertinência para a não pertinência seria de uma forma lenta e gradual;
- Possibilita que máquinas simulem o raciocínio humano na solução de problemas diversos;
- Permite modelar as ações a partir de informações fornecidas pelo operador, em vez de modelar o processo em si.



Lógica Fuzzy

- Sistema baseado em Lógica Fuzzy



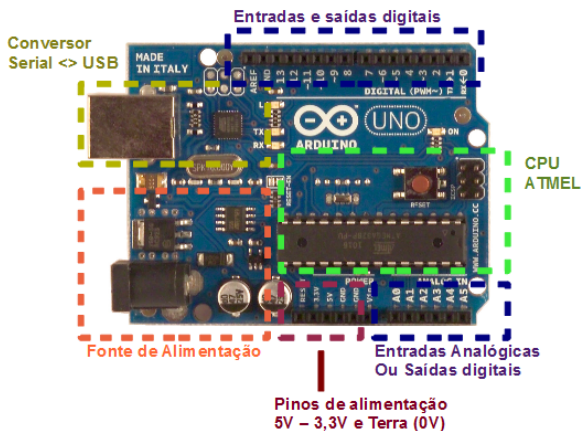
A Placa Arduino

- Pequena placa de circuito impresso (6,8 x 5,5 x 1,0 cm);
- Baseada em *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar;
- Destinada a qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.



A Placa Arduino

- Blocos identificados da placa Arduino Uno



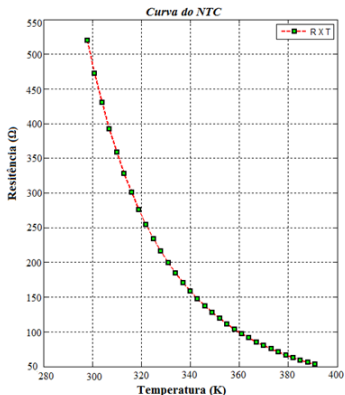
Sensor de Temperatura

- Termistor NTC (Negative Temperature Coeficient);
- Semicondutor de baixo custo;
- Diminui sua resistência com o aumento da temperatura;
- Possui uma curva característica não linear.



Sensor de Temperatura

- Sensor NTC utilizado e sua Curva Característica



Sensor de Temperatura

$$V_0 = V_{cc} \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_{NTC}} \right) \quad (1)$$

$$R_{NTC} = \left(R_1 \cdot \frac{V_{cc}}{V_0} \right) - R_1 \quad (2)$$

$$T(K) = \frac{1}{a + b \cdot \ln(R_{NTC}) + c \cdot (\ln(R_{NTC}))^3} \quad (3)$$

$$T(C) = T(K) - 273,15 \quad (4)$$



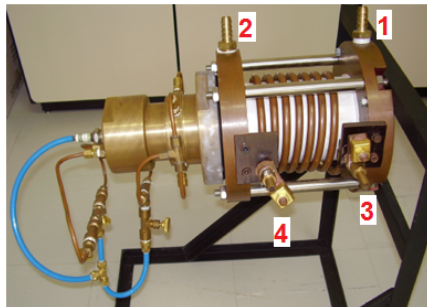
Tocha de Plasma

- Dispositivo que transforma energia elétrica em calor transportado por um gás;
- Tocha do projeto: ICP (Inductive Coupled Plasma);
- Não possui eletrodos metálicos internos, a serem erodidos pelo jato de plasma, evitando possíveis contaminações.



Tocha de Plasma

- Tocha de plasma ICP do projeto



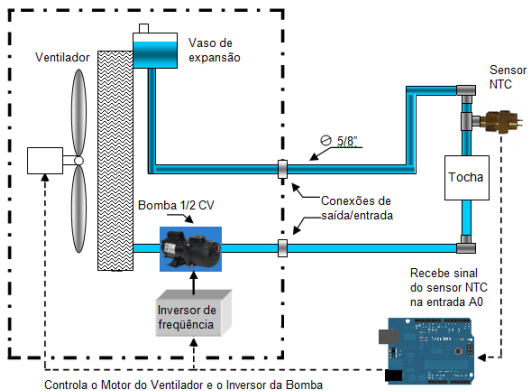
Sistema de Refrigeração a Água

- Radiador (ou trocador de calor);
- Ventilador acionado por um motor trifásico;
- Bomba d'água acionada por um inversor de frequência;
- Sensor de temperatura NTC.



Sistema de Refrigeração a Água

□ Diagrama do sistema de refrigeração



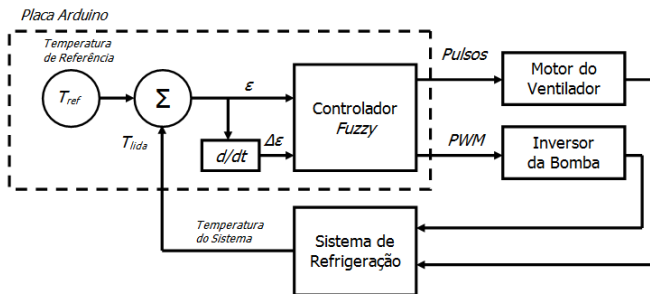
Sistema de Refrigeração a Água

- Foto do sistema de refrigeração



Funcionamento do Controle

- Diagrama de blocos do funcionamento do sistema



$$\epsilon (^{\circ}\text{C}) = T_{lida} - T_{ref} \quad (5)$$

$$\Delta\epsilon (^{\circ}\text{C}/\text{min}) = \frac{\epsilon_{atual} - \epsilon_{anterior}}{dt}$$



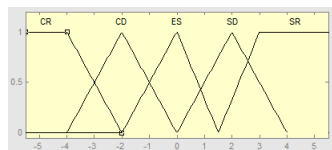
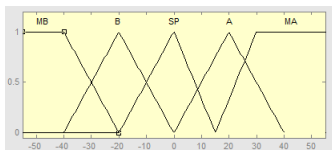
Controlador *Fuzzy*

- Ferramenta: *Fuzzy Logical Toolbox* do MATLAB®;
- Tipo: Mandani;
- Variáveis de entrada: o 'Erro' e a 'Taxa de Erro';
- Variáveis de saída: o acionamento do motor do ventilador do radiador (Pulsos) e a velocidade da bomba d'água (PWM).

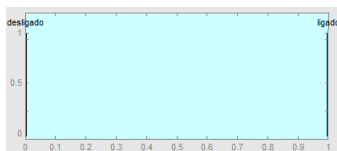
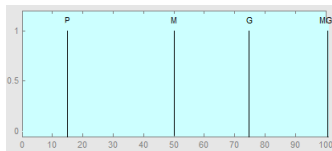


Controlador Fuzzy

- Pertinências das Variáveis 'Erro' e 'Taxa de Erro':

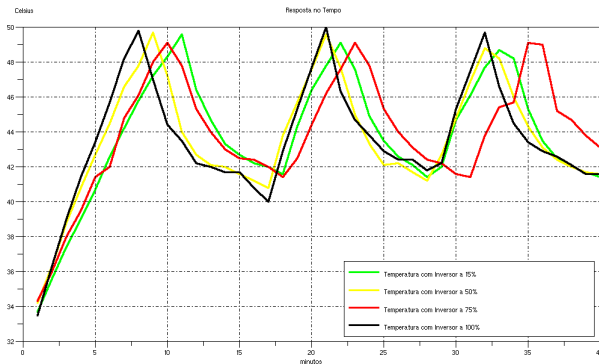


- Pertinências das Variáveis 'PWM' e 'Pulsos':



Resultados e Discussões

□ Temperaturas com Inversor a Velocidade Constante

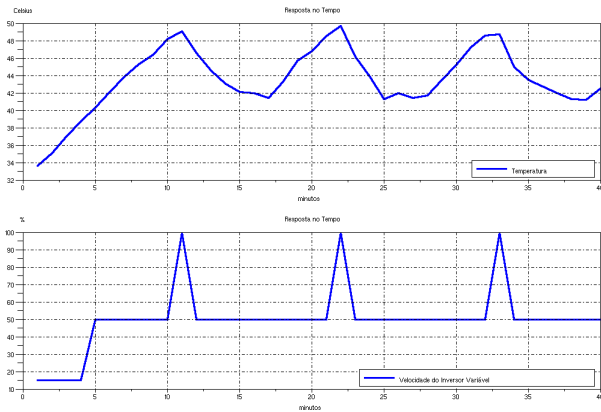


- Com 'PWM' em 75% (vermelho): variação entre 41,5 °C e 49,1 °C.



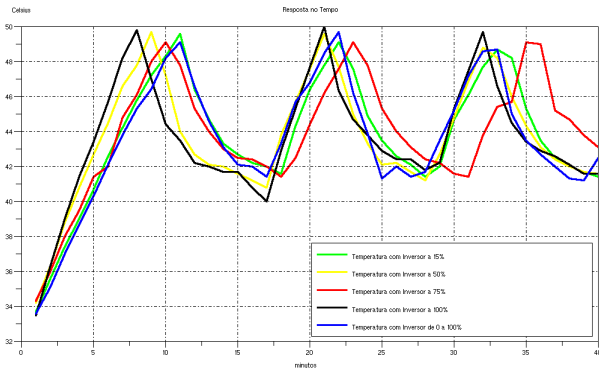
Resultados e Discussões

☐ Temperaturas com Inversor a Velocidade Variável



Resultados

☐ Superposição de Curvas



☐ Com 'PWM' variável (azul): variação entre 41,2 °C e 49,7 °C.



Conclusões

- A lógica *Fuzzy* permitiu controlar a temperatura de uma tocha de plasma sem conhecer sua função de transferência;
- Um controlador *Fuzzy* foi implementado na placa Arduino;
- O controlador *Fuzzy* limitou a variação de temperatura dentro da faixa predefinida de 40 a 50 °C;
- Proposta de trabalho futuro: instalação de um inversor de frequência no motor do ventilador para melhorar o desempenho do sistema.



Fim

O B R I G A D O

Agradecimentos:

