

# DESENVOLVIMENTO DE UMA SONDA PARA CONTROLE E MONITORAMENTO DE TEMPERATURA UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO

Douglas da Silva (UTFPR) E-mail: [douglass@alunos.utfpr.edu.br](mailto:douglass@alunos.utfpr.edu.br)  
Brenda Juliet Martins Freitas (UTFPR) E-mail: [brenda@alunos.utfpr.edu.br](mailto:brenda@alunos.utfpr.edu.br)

**Resumo:** O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo microcontrolador de temperatura composto por um termopar do tipo k, um CI MAX6675 para amplificação e conversão do sinal gerado pelo termopar, uma placa arduino uno, responsável pelo controle e tomada de decisão do sistema, um módulo relé utilizado no controle on/off do elemento de aquecimento e um display LCD para facilitar a visualização dos dados aferidos durante o controle. Os testes realizados com o protótipo desenvolvido mostram sua eficácia no controle da temperatura, com uma variação máxima de +/- 1,75°C da temperatura estipulada, cumprindo assim a função para a qual foi projetado de forma satisfatória.

**Palavras-chave:** Temperatura; Controle; Termopar; Arduino.

## DEVELOPMENT OF A TEMPERATURE CONTROL AND MONITORING SONDE BY USING AN ARDUINE PLATFORM

**Abstract:** This paper presents the development of a prototype microcontroller temperature consists of a thermocouple type K, an IC MAX6675 for amplification and conversion of the signal generated by the thermocouple a one Arduino board, responsible for the control and decision system decision a relay module used for controlling on / off of the heating element, and a LCD display to facilitate viewing data measured during the control. Tests conducted with the developed prototype show their effectiveness in controlling temperature, with a maximum variation of +/- 1,75 ° C the stipulated temperature, thus fulfilling the function for which it was designed satisfactorily.

**Keywords:** Temperature; Control; Thermocouple; Arduino.

### 1. INTRODUÇÃO

O controle e monitoramento de temperatura são essenciais em diversas áreas de pesquisa acadêmica assim como em aplicações industriais. Em essência esse controle é realizado através da detecção da temperatura por meio de um sensor de temperatura, mais comumente um termopar, posteriormente é realizada a comparação do valor medido com o de referência e a partir desta comparação um controlador é responsável por gerar um sinal de controle para um dispositivo do tipo transistor ou relé [1].

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de um sistema microcontrolado para a medição e controle da temperatura utilizando um sensor termopar, um circuito eletrônico responsável pela ampliação e conversão do sinal gerado pelo termopar, um display LCD para visualização da temperatura, uma placa arduino uno para realizar o controle e aquisição de dados e um módulo relé responsável pelo controle da passagem de corrente por uma resistência de dissipação de calor.

#### 1.1 PLATAFORMA ARDUINO

O arduino consiste em uma plataforma de prototipagem aberta baseada em software e hardware versáteis e de fácil utilização, não sendo necessária grande experiência do usuário

na área de desenvolvimento de software ou eletrônica. Por definição, o arduino é constituído de uma placa única microcontroladora e um conjunto de software para programá-la [2].

Existe uma diversidade de placas arduino disponíveis no mercado, sendo que elas se diferem em características como velocidade, memória, quantidade de pinos de entrada e de saída entre outras características. A placa escolhida para o desenvolvimento do presente projeto foi a arduino modelo UNO, a qual apresenta como principais características o uso de um microcontrolador ATmega328, pinos de alimentação de 5V e 3,3V, 14 pinos de entrada e saída digital, 6 pinos de entrada e saída analógica e 32 KB de memória flash [2] [3]. A estrutura descrita pode ser observada na Figura 1, que mostra uma placa arduino UNO com identificação para seus principais constituintes.

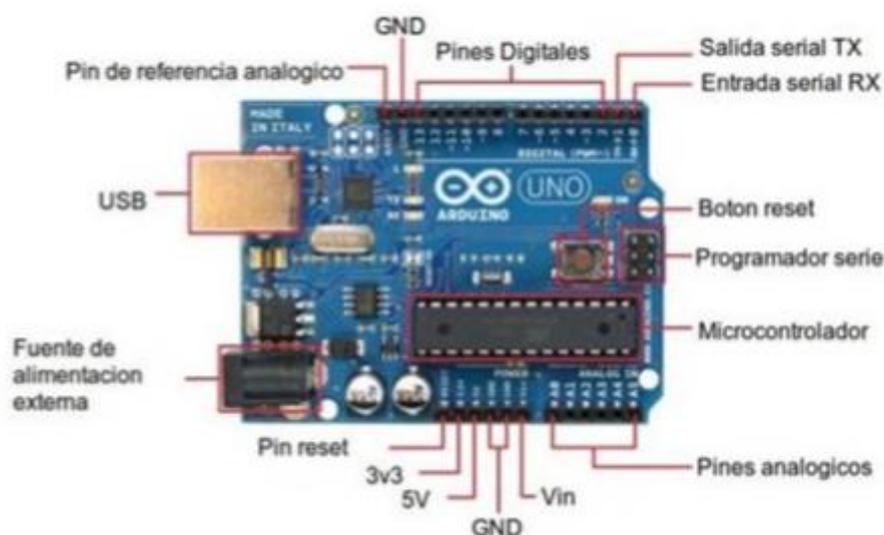


Figura 1 - Placa arduino UNO com identificação dos seus principais componentes.

Fonte: <<http://comohacer.eu/wp-content/uploads/2014/07/arduino-partes1.jpg>>.

O ambiente de programação open-source do arduino é escrito em java e é baseado em Processing, avr-gcc e outros softwares de código aberto [4]. A linguagem utilizada para a programação da placa é uma versão simplificada de C, apresentando as mesmas regras e funções básicas de programação [5]. Na figura é possível observar o ambiente de desenvolvimento do arduino.

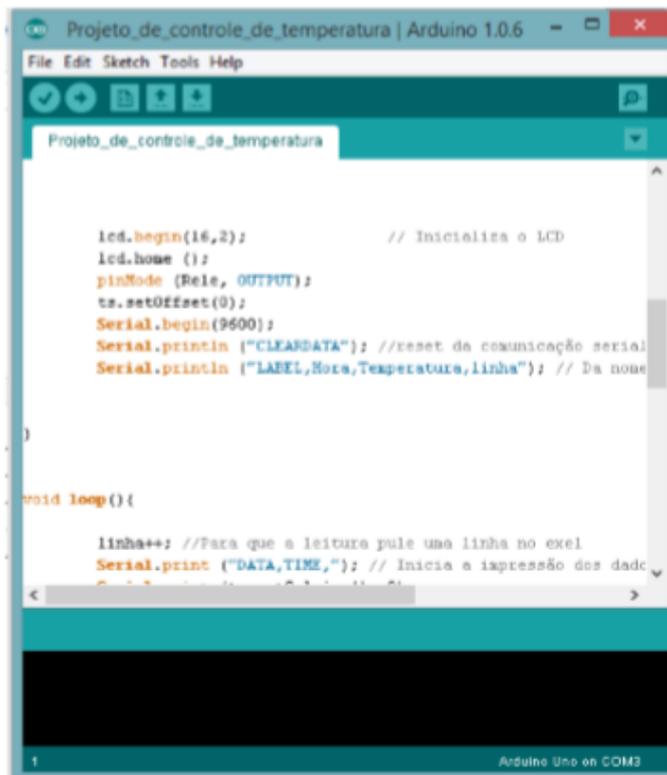


Figura 2 - Tela de desenvolvimento do arduino.  
 Fonte:< <https://www.circuitar.com.br/projetos/monitor-serial/>>.

## 1.2 TERMOPAR

Os termopares são os sensores de temperatura mais utilizados devido a sua simplicidade e confiabilidade de suas medidas. Ele é constituído pela junção de dois fios dissimilares em uma de suas extremidades. Seu funcionamento é baseado na tensão elétrica gerada pela junção dos dois metais, conhecida como tensão de seebeck, a qual está relacionada com a temperatura. A Figura 3 ilustra um circuito de termopar e suas juntas.

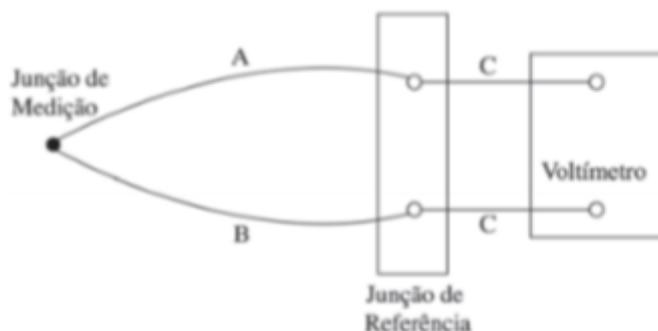


Figura 3 - Circuito para medir o potencial de Seebeck.  
 Fonte: < [http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n05/v7n5\\_6.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n05/v7n5_6.pdf)>.

A tensão de seebeck é medida através da junção de referência, a qual pode ser observada na Figura 3, e seu valor aumenta com o aumento da diferença de temperatura entre as junções [6].

Existem três classes de termopares comercializados, os padronizados de metais nobres, os padronizados de metal base e os termopares não definidos através de letras. O termopar utilizado neste projeto pertence à classe dos metais base do tipo K, e apresenta como características um baixo custo, uma capacidade de leitura entre  $-200^{\circ}$  a  $1200^{\circ}\text{C}$  e uma sensibilidade de aproximadamente  $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  [6]. A Figura 4 apresenta uma sonda constituída por um termopar do tipo k.



Figura 4 - Termopar do tipo k.

Fonte: <[http://mlb-s2-p.mlstatic.com/kit-termopar-tipo-k-0-800c-modulo-max-6675-leitura-784001MLB20249776880\\_022015-O.jpg](http://mlb-s2-p.mlstatic.com/kit-termopar-tipo-k-0-800c-modulo-max-6675-leitura-784001MLB20249776880_022015-O.jpg)>.

### **1.3 MÓDULO MAX 6675**

O módulo MAX6675 é um sofisticado conversor digital com compensação de junta fria para termopares do tipo k. Ele tem a capacidade de trabalhar em conjunto com microcontrolador em processos de controle e aplicações de monitoramento de temperatura.

O módulo MAX6675 conta com um hardware de condicionamento de sinal que é responsável por converter o sinal proveniente do termopar em uma voltagem compatível com seu sistema. Antes de realizar a conversão da tensão proveniente do termopar em temperatura, o dispositivo realiza o cálculo para compensação de junta fria, fornecendo assim o valor da temperatura corrigida.

Dentre as suas principais características pode-se destacar a capacidade de leitura de temperaturas entre  $0^{\circ}$  e  $1024^{\circ}\text{C}$  com  $0,25^{\circ}\text{C}$  de resolução, além da capacidade de se comunicar via serial com um dispositivo microcontrolador [7]. O módulo MAX6675 pode ser observado na Figura 5.



Figura 5 - Módulo MAX6675.

Fonte: <[http://mlb-s1-p.mlstatic.com/kit-termopar-tipo-k-0-800c-modulo-max-6675-leitura-497001MLB20249800808\\_022015-F.jpg](http://mlb-s1-p.mlstatic.com/kit-termopar-tipo-k-0-800c-modulo-max-6675-leitura-497001MLB20249800808_022015-F.jpg)>.

## 1.4 MÓDULO RELÉ

Os relés são dispositivos muito utilizados em chaveamento de circuitos eletrônicos. Os do tipo eletromecânicos são os mais comumente encontrados no mercado e tem o sua estrutura simplificada exemplificada na Figura 6.

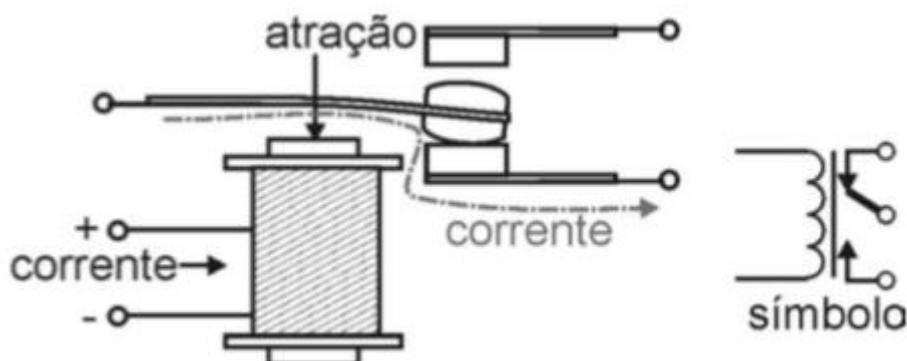


Figura 6 - Estrutura de um relé de contato reversível.

Fonte <[http://www.newtoncbraga.com.br/arquivos/relés\\_previa.pdf](http://www.newtoncbraga.com.br/arquivos/relés_previa.pdf)>.

O seu funcionamento relativamente simples pode ser explicado com o auxílio das Figuras 6 e 7, onde pode-se observar que na extremidade do eletroímã se encontra uma armadura móvel de metal ferroso, a qual é atraída por um campo magnético gerado pela passagem de corrente pela bobina, causando o contato da armadura com o contato inferior fechando assim o circuito com o mesmo. Ao se interromper a passagem de corrente pela bobina, o campo eletromagnético é cessado e a armadura move-se fechando o circuito com o contato superior [8].

O módulo relé pode ser facilmente controlado através de um microcontrolador, como o arduino, em projetos de controle on/off de passagem de corrente. A Figura 7 mostra um módulo relé com seus terminais discriminados.



Figura 7 - Módulo relé com seus terminais discriminados.

Fonte: <[http://static.mercadoshops.com/modulo-rele-5v-para-arduino-arm-avr-dsp-pic-prontaentrega\\_iZ6XvZxXpZ4XfZ152471996-535366080-4.jpgXsZ152471996xIM.jpg](http://static.mercadoshops.com/modulo-rele-5v-para-arduino-arm-avr-dsp-pic-prontaentrega_iZ6XvZxXpZ4XfZ152471996-535366080-4.jpgXsZ152471996xIM.jpg)>.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 8 apresenta o fluxo do circuito desenvolvido para o controle de temperatura. No sistema desenvolvido, o sinal de tensão gerada na junta do termopar é ampliado e convertido de analógico para digital pelo módulo MAX6675, o qual realiza a compensação de junta fria e transmite o sinal digital para o microcontrolador arduino através do protocolo serial.

O arduino, então, realiza a transmissão do valor da temperatura lida para o display LCD, e simultaneamente realiza a comparação entre o valor lido e a temperatura pré-definida, e com base nesta comparação realiza o acionamento ou não do módulo relé. Ao módulo relé foi ligado a uma fonte de corrente alternada de 12V e em seu borne de força uma resistência de dissipação de calor a qual está em contato direto com o termopar.

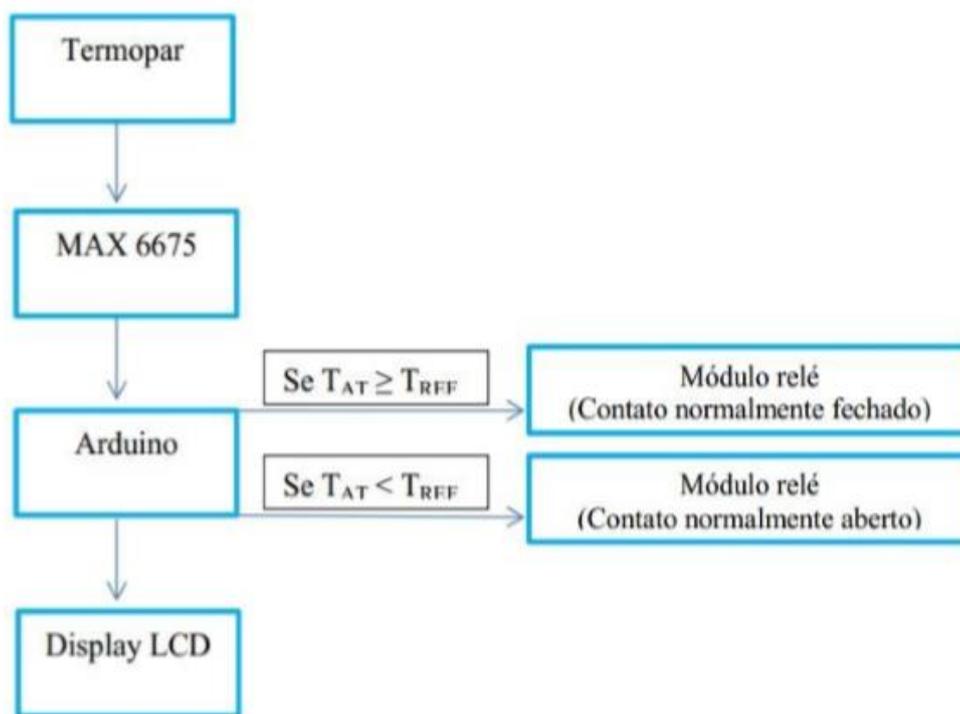


Figura 8 - Fluxograma do circuito, onde T<sub>AT</sub> é temperatura lida e T<sub>REF</sub> temperatura de referência.

Fonte: Do Autor.

A montagem do circuito se iniciou com a ligação do termopar ao módulo CI MAX6675, que por sua vez foi ligado ao microcontrolador arduino. Posteriormente o canal comum do módulo relé foi ligado a uma fonte de corrente alternada de 12V e a porta normalmente fechada foi conectada a uma resistência de dissipação de calor com o auxílio de uma placa protoboard, então os canais de alimentação e comando do módulo foram conectados ao arduino conforme pode ser visualizado na Figura 9.

Foi realizada também a ligação de um display LCD ao microcontrolador arduino, para facilitar o acompanhamento da temperatura aferida pelo termopar. A programação do microcontrolador arduino foi realizada através do seu ambiente de programação open-source e pode ser observada na Figura 11.

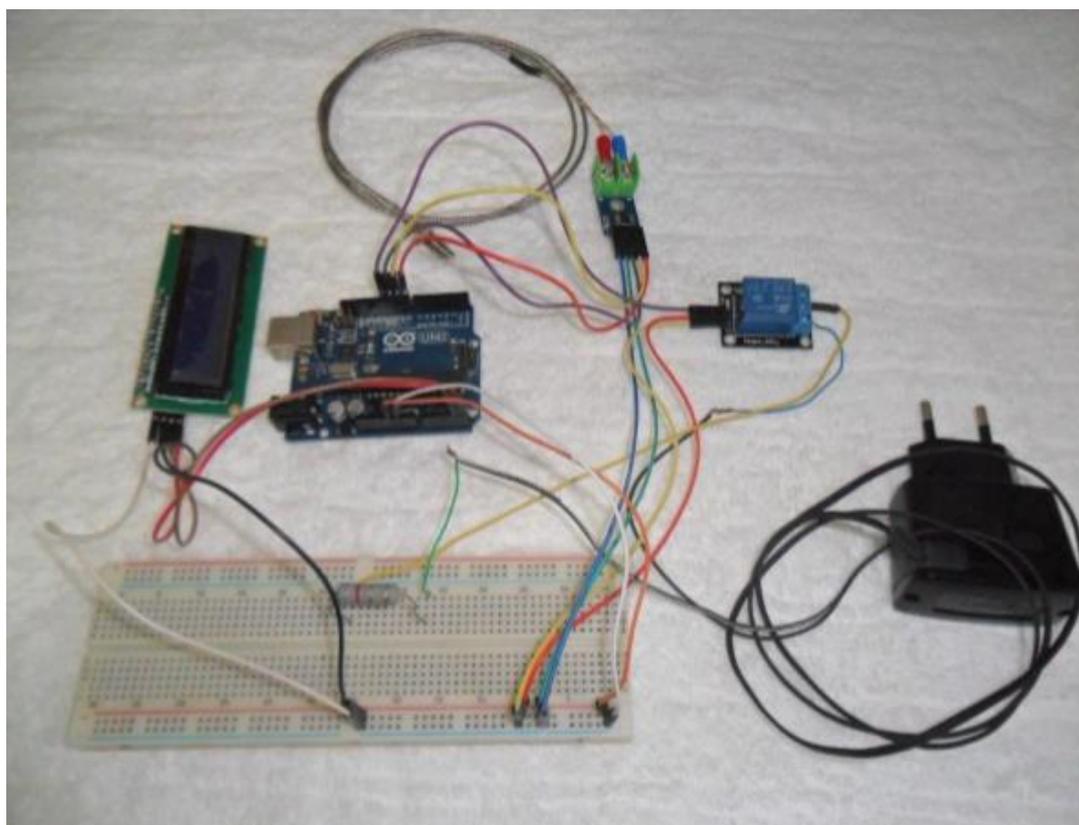


Figura 9 - Ligações do circuito.  
Fonte: Do autor.

Para o desenvolvimento da programação do microcontrolador arduino, foram utilizados como referência alguns programas de fonte aberta relacionados à aquisição de temperatura e a utilização do display LCD2.



```

Projeto_de_controle_de_temperatura

#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "Limits.h"
#define I2C_ADDR 0x27
#define BACKLIGHT_PIN 3
#define En_pin 2
#define Rw_pin 1
#define Rs_pin 0
#define D4_pin 4
#define D5_pin 5
#define D6_pin 6
#define D7_pin 7
LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,En_pin,Rw_pin,Rs_pin,D4_pin,D5_pin,D6_pin,D7_pin,BACKLIGHT_PIN, POSITIVE);
LCD *myLCD = &lcd;

    lcd.begin(16,2);          // Inicializa o LCD
    lcd.home ();
    pinMode (Rele, OUTPUT);
    ts.setOffset(0);
    Serial.begin(9600);
    Serial.println ("CLEARDATA"); //reset da comunicação serial
    Serial.println ("LABEL,Hora,Temperatura,linha"); // Da nome as colunas

}

void loop(){

    linha++; //Para que a leitura pule uma linha no exel
    Serial.print ("DATA,TIME,"); // Inicia a impressão dos dados
    Serial.print (ts.getCelsius(), 2);
    Serial.print (",");
    Serial.println (linha);

    if (linha > 100) //numero de dados a serem coletados
    {
        linha = 0;
        Serial.println ("ROW,SET,1"); // Comando para reiniciar a planilha
    }

    if (linha > 100) //numero de dados a serem coletados
    {
        linha = 0;
        Serial.println ("ROW,SET,1"); // Comando para reiniciar a planilha
    }

    delay (2000);
    if (ts.getCelsius() > 60){
        digitalWrite (Rele, HIGH);
    }

    else{
        digitalWrite (Rele, LOW);
    }

    //Exibindo valor da leitura do sensor de temperatura no display LCD.
    lcd.clear(); //limpa o display do LCD.
    lcd.print("Temp: "); //imprime no display do LCD.
    lcd.print(ts.getCelsius(), 2);
    lcd.write(B11011111); //Simbolo de graus celsius
    lcd.print("C");
    |

```

Figura 10 - Programação desenvolvida para o projeto.  
Fonte: Do autor.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O funcionamento do sistema desenvolvido foi testado experimentalmente através do controle da temperatura de uma resistência de dissipação de calor, onde a temperatura de referência foi programada para 40°C. Para a coleta dos valores de temperatura aferidos durante o experimento, foi utilizada a ferramenta PLX-DAQ em conjunto com o Microsoft Excel.

O gráfico na Figura 11 mostra a temperatura em função do tempo, gerado a partir dos dados coletados em um período de 20 minutos com a temperatura de referência ajustada para 40°C.

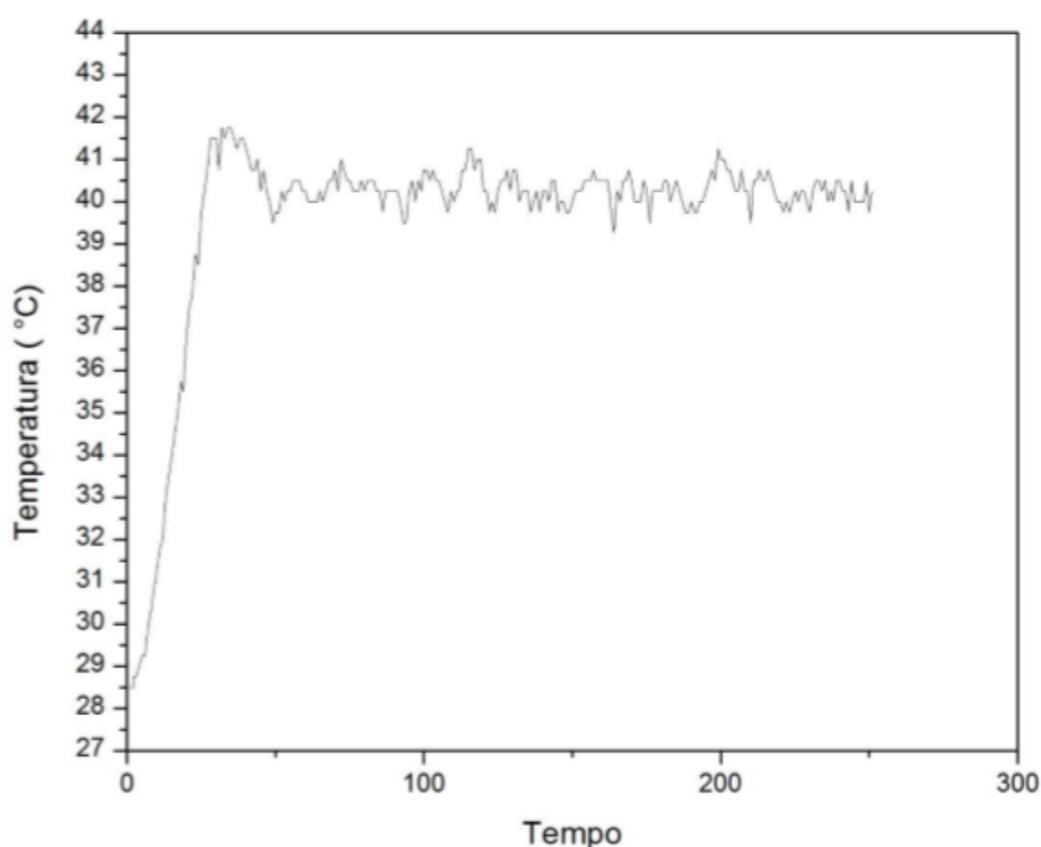


Figura 11 - Resposta da temperatura durante o ensaio.

Fonte: Do autor.

A partir do gráfico é possível verificar o funcionamento de forma satisfatória do sistema de controle de temperatura, tendo como variação máxima de  $\pm 1,75$  °C da temperatura estipulada durante todo o período do experimento.

### 4. CONCLUSÕES

O protótipo de um microcontrolador de temperatura foi desenvolvido utilizando apenas um termopar do tipo k, um módulo CI MAX6675, uma placa arduino uno, um módulo

relé e um display LCD. O protótipo desenvolvido tem a capacidade de controle de temperatura de sistemas entre 0° e 1024°C, sendo esta definida pela capacidade do módulo MAX6675.

Os testes realizados no protótipo utilizando uma resistência para o controle de sua temperatura mostram sua eficácia nesta tarefa, com uma variação máxima de 1,75°C da temperatura estipulada, cumprindo assim a função para a qual foi projetado de forma satisfatória.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

### **REFERÊNCIAS**

- [1] GUERRA, L. N. A, Uso de Compensador PID no Controle da Taxa de Variação de Temperatura em um Forno Elétrico de Resistência. Rio de Janeiro, 2006.
- [2] GOMES, E. L. B, TAVARES, L. A, Uma solução com Arduino para controlar e monitorar processos industriais. Minas Gerais, 201x.
- [3] LIMA, G. L, Controle de Temperatura de um Sistema de Baixo Custo Utilizando a Placa Arduino. IX Congresso de iniciação científica do IFRN. Currais Novos – RN, 2013.
- [4] NOGUEIRA, C. L. M, ALARCÃO, L. M, BRAZ, A. R. B, MOREIRA, J. R. Autocontrol: Uma Proposta Para Acessibilidade e Segurança Residencial Com o Apoio da Plataforma Arduino. Revista tecnologias em projeção. 2013.
- [5] SANTOS, N. P, Introdução ao Arduino. Revista Programar, a revista portuguesa de programação. Portugal, 2008.
- [6] MOREIRA, L. Medição de Temperatura Usando-se Termopar. Revista cerâmica industrial.2012.
- [7] MAXIM INTEGRATED PRODUCTS. Cold-Junction-Compensated K-ThermocoupletoDigital Converter (0°C to +1024°C). USA, 2002.
- [8] BRAGA, N. C. Relés - Conceitos e Aplicações. Instituto Newton C. Braga, São Paulo, 2012.