

## **DESENVOLVIMENTO DE UM AGITADOR MAGNÉTICO DE BAIXO CUSTO COM FUNÇÃO DE AQUECIMENTO**

Maria Gorete Pinto Santos (Laboratório de Sinais e Sistemas, Universidade Federal do Oeste do Pará)

E-mail: maria.gps@discente.ufopa.edu.br

Gilson Fernandes Braga Junior (Laboratório de Sinais e Sistemas, Universidade Federal do Oeste do

Pará) E-mail: gilson.braga@ufopa.edu.br

**Resumo:** Agitadores magnéticos com aquecimento são aparelhos laboratoriais destinados a realizar a agitação e homogeneização de substâncias. Apesar da importância destes dispositivos para a rotina de laboratórios, muitas instituições não possuem estes equipamentos disponíveis em suas instalações, por conta de seu valor. O projeto teve como objetivo desenvolvimento de um agitador magnético com aquecimento para uso laboratorial, no qual a proposta era desenvolver um dispositivo de baixo custo, que poderia ser construído a partir de materiais alternativos e baseado no microcontrolador Arduino. Para que o aparelho funcionasse foi feito um estudo sobre o funcionamento dos componentes envolvidos em um agitador. E então os testes dos principais componentes: Resistência para Estação de Aquecimento, Barra Magnética cilíndrica, Super Ímã de Neodímio, Cooler, Módulo MAX6675 Termopar Tipo K, Módulo Dimmer e potenciômetros para ajuste de variáveis de comando. A estrutura de suporte do agitador como base, laterais, foram feitas através de rejeitos de acrílico e metais. Como resultado teve-se a estrutura pronta, o agitador foi testado, controlando as variáveis temperatura e PWM, nos quais pela da interface do Arduino foram coletados os dados e depois gerados dois gráficos que mostram de forma visual esse controle e variação. Por fim foi possível montar toda a estrutura com componentes que os preços se adequavam a proposta do trabalho.

**Palavras-chave:** Agitador magnético; aquecimento; baixo custo; controle.

## **DEVELOPMENT OF A LOW-COST MAGNETIC STIRRER WITH HEATING FUNCTION**

**Abstract:** Heated magnetic stirrers are laboratory devices designed to stir and homogenize substances. Despite the importance of these devices for routine laboratories, many institutions do not have these devices available in their facilities, due to their value. The project aimed to develop a heated magnetic stirrer for laboratory use, in which the proposal was to develop a low-cost device that could be built from alternative materials and based on the Arduino microcontroller. For the device to work, a study was made on the functioning of the components involved in a stirrer. And then the tests of the main components: Resistance for the Heating Station, Cylindric Magnetic Bar, Neodymium Super Magnet, Cooler, MAX6675 Thermocouple Type K Module, Dimmer Module and potentiometers for adjusting command variables. The support structure of the stirrer as a base, sides, were made using acrylic and metal waste. As a result, the structure was ready, the stirrer was tested, controlling the temperature and PWM variables, in which data were collected through the Arduino interface and then generated two graphs that visually show this control and variation. Finally, it was possible to assemble the entire structure with components that prices suited the work proposal.

**Keywords:** Magnetic stirrer; heating; low cost; control.

### **1. Introdução**

O desenvolvimento da tecnologia eletrônica tem um papel importante na tecnologia industrial e médica. Um dos impactos positivos na tecnologia médica é o aprimoramento do agitador magnético prato quente (IBADILLAH,2018). Agitadores magnéticos com aquecimento são aparelhos laboratoriais destinados a realizar a agitação e homogeneização de substâncias através de uma pequena barra acoplada magneticamente ao eixo de um motor, que pode ter sua velocidade controlada. Estes dispositivos atendem as necessidades de diferentes indústrias, como por exemplo a

indústria química, a farmacêutica e a alimentícia, além de poderem ser aplicados na espectroscopia dielétrica para auxiliar na avaliação do efeito da temperatura nas propriedades dielétricas de materiais. Nestes sistemas, o aquecimento é fornecido para as amostras por meio de um elemento resistivo que é aquecido através do efeito Joule, desta forma, estes agitadores possuem possibilidade de exercer dupla função - Agitação e aquecimento de amostras, permitindo a manipulação de soluções que precisem de diluição ou serem misturadas, além de terem suas temperaturas estabilizadas em valores desejados, considerando fluidos de baixa viscosidade (RIBEIRO, 2013).

Seguindo a linha de pesquisa de RIBEIRO (2013), algumas placas de agitação têm possibilidade de aquecimento, desempenhando uma função dupla – aquecimento com agitação. Apesar dos dois sistemas estarem integrados no mesmo instrumento, os controles sobre a agitação e sobre o aquecimento são independentes, sendo possível apenas aquecer uma solução, apenas agitá-la ou aquecê-la e agitá-la.

Apesar da importância destes dispositivos para a rotina de laboratórios, muitas instituições públicas dos países em desenvolvimento não possuem estes equipamentos disponíveis em suas instalações, por conta de seu valor, que pode variar entre 200 e 500 dólares (GUIDOTE, 2015). Sabe-se a importância de bons equipamentos para o desenvolvimento de ensino e pesquisa e considerando os fatores financeiros citados pelo autor na dificuldade de laboratórios que abrangem essas áreas na aquisição de agitadores magnéticos comerciais, para contornar esse problema, propõem-se o desenvolvimento de dispositivos de baixo custo, que possam ser construídos a partir de materiais alternativos, mas com qualidade comparável aos dispositivos comerciais.

Desta forma o projeto teve como proposta de trabalho o desenvolvimento de agitadores magnéticos de baixo custo, utilizando por exemplo peças sobressalentes de sucata eletrônica, como ímãs de discos rígidos, ventoinhas (utilizadas como elemento motor), e resistências de aquecimento, para suprir a necessidade destas instituições. Assim, este plano de trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de agitação magnética com aquecimento.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Escolha da resistência, Ventoinha, sensor de temperatura.

#### 2.1.1- Resistência

A resistência escolhida, normalmente utilizada para bases de aquecimento (Figura 1), é um produto destinado a reposição quando as originais são danificadas com o uso prolongado ou mesmo ao longo do tempo, sendo uma opção de prolongar a vida útil desses equipamentos.

Figura 1: Resistência para Estação de Aquecimento

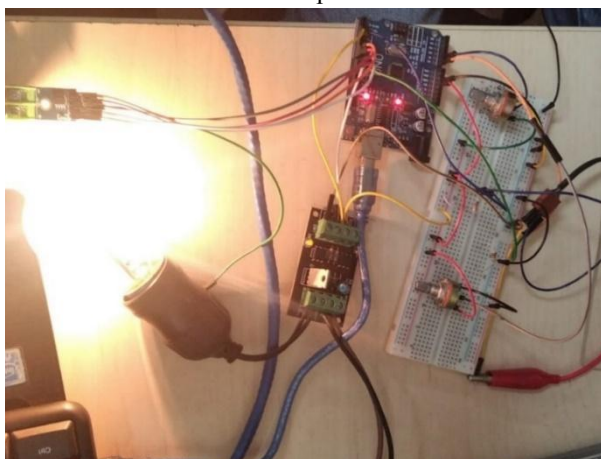


Fonte: Autora (2022).

A Resistência possui medidas de 179x68 milímetros com 800W de potência para o equipamento em que estão instaladas, permitindo o desenvolvimento de trabalhos profissionais. A mesma foi escolhida pela praticidade de sua estrutura, rápido aquecimento e é compatível com estações de aquecimento para troca de tela de celulares, que é capaz de variar até 400° C.

Primeiramente, para acionamento deste dispositivo, foi utilizado um módulo de relés de dois canais de interface com Arduino, porém a resistência aquecia mais rápido em um valor além do desejado, o que poderia causar problemas na junção entre a resistência e a base do agitador magnético, que seria fixada com cola para altas temperaturas. então como solução o Módulo de relé de dois canais foi trocado por um Módulo Dimmer que é um equipamento criado com o intuito de proporcionar ao projetista a possibilidade de realizar o controle da quantidade de energia fornecida pela fonte à carga. Para avaliar o funcionamento do módulo, foi realizado o controle da quantidade de energia que é enviada a uma lâmpada incandescente, consecutivamente proporcionando maior ou menor luminosidade, como mostra a figura 2.

Figura 2: Teste luminosidade da lâmpada: arduino e dimmer com triac.



Fonte: Autora (2022).

Neste experimento controlou-se a tensão AC (fornecida a uma lâmpada incandescente comum) conectada à instalação elétrica, de 127 V. O Arduino não opera diretamente com cargas AC e nem com essa faixa de teste, o que leva a um circuito de teste externo no caso, um módulo Dimmer para Arduino. Então através da interface do Arduino, foram feitos vários testes para faixas de luminosidade, de mínima 0% até a máxima de 100%, o controle ocorreu de forma satisfatória, através de ajuste por potenciômetro. A partir desses testes foram realizados testes do controle de temperatura da resistência com auxílio do potenciômetro e módulo dimmer. Foi criada uma função para limitar a faixa de 14% do valor total de potencia, devido a resistência chegar até a 400°C (o que era indesejado, buscou-se obter valores de temperatura de até 120°C). Então, na faixa definida foi possível obter o valor de temperatura de 120 °C.

### 2.1.2- Ventoinha

Optou-se pelo padrão de ventoinhas (*coolers*) de conexão com 4 fios (Figura 3). Este padrão fornece a possibilidade de medição da revolução com baixas velocidades e controle de precisão da rotação em várias faixas de velocidade e PWM.

A Modulação de largura de pulso (PWM) é uma técnica poderosa para controlar circuitos abertos com um microprocessador. O PWM é empregado em uma ampla variedade de aplicações, desde comunicações até controle e conversão de energia (BARR, 2011). Em poucas palavras, o PWM é uma maneira de codificar digitalmente os níveis de sinal analógico. Através do uso de contadores, o ciclo de trabalho de uma onda quadrada é modulado para codificar um nível de sinal específico. O sinal PWM ainda é digital porque, a qualquer instante de tempo, a alimentação CC completa é totalmente ligado ou totalmente desligado.

Figura 3 : Ventoinha 4 fios



Fonte: Autora (2022).

A ventoinha utilizada neste projeto possui as seguintes funções para seus fios condutores: Condutor de referência (GND); Condutor 12V (Fornecimento de tensão para o dispositivo); Condutor para Sinal do sensor (tacômetro), o qual fornece dois pulsos por rotação da ventoinha; Condutor para Controle (PWM), o qual é inserido para pulsos deste tipo de modulação, sendo a frequência base de 25kHz, sendo aceitável entre 21kHz a 28kHz, de acordo com sua especificação.

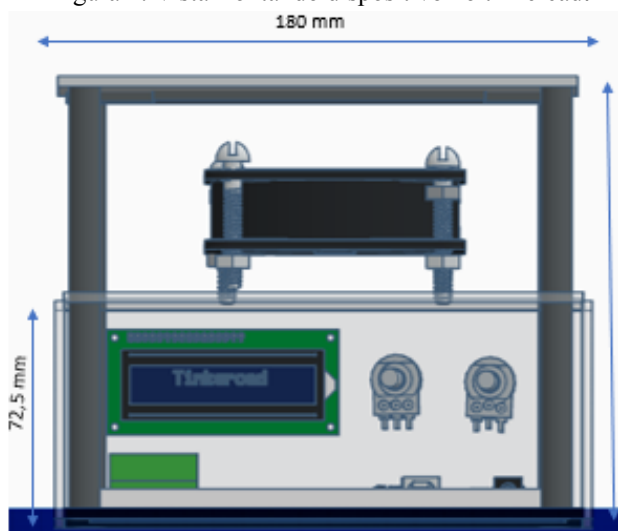
### 2.1.3- Sensor de temperatura

O sensor escolhido foi o Termopar, junto com módulo de interface com Arduino (MAX6675 Termopar Tipo K – 0° a 800°C), sendo versátil, simples, de baixo custo e robusto. Sua composição é feita a partir de dois metais distintos que são unidos e ligados a um dispositivo que tenha capacidade de obter e tratar os sinais fornecidos por termopares. A sonda que faz parte do Módulo MAX6675 é revestida em aço inoxidável e possui blindagem. A forma de construção do termopar permite que o mesmo possa ser utilizado em temperaturas mais altas, no qual os padrões industriais para o aquecimento do agitador magnético devem alcançar a temperatura máxima de 350°C, então era necessário que o sensor escolhido tivesse características que conformassem este valor de temperatura.

## 2.2-Estrutura do projeto

Para a estrutura do projeto, foi desenhada a sua interface na plataforma online *tinkercad* (Autodesk), no qual foram inseridos os componentes para se avaliar uma melhor precisão do tamanho necessário para o envólucro onde os componentes seriam distribuídos, conforme pode ser visto na Figura 4.

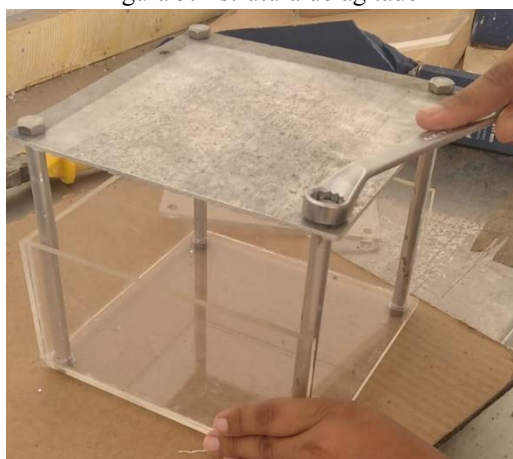
Figura 4: Vista frontal do dispositivo no tinkercad.



Fonte: Autora (2022).

Para o suporte da estrutura foi utilizado um perfil de alumínio tubo redondo de 1 milímetro por 10 milímetros, o qual seria descartado, e foi reaproveitado neste projeto. Com o material foram feitas quatro peças de 145 milímetros. Para que a caixa fosse fechada usou-se uma chapa de acrílico, de 180 por 180 milímetros e as laterais com 85 por 180 milímetros. A chapa no qual seriam acopladas a resistência e o sensor também foi reaproveitada de resíduos de metal, a qual foi cortada e tratada para se adequar às dimensões do projeto inicial do tinkercad. A estrutura física de sustento do agitador foi montada conforme a figura 5.

Figura 5: Estrutura do agitador

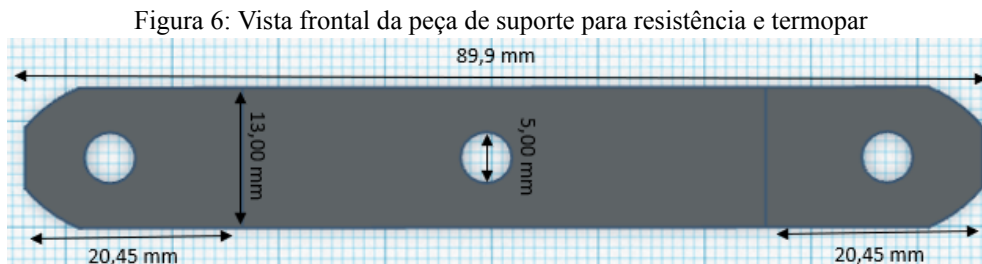


Fonte: Autora (2022).

Para que se pudesse fazer uma coleta precisa de valores do sensor de temperatura e assim controlar a sua variação fez-se necessário que o mesmo estivesse em contato direto com a resistência, primeiramente tentou-se acoplá-lo com cola de alta temperatura, mas além de ceder e ficar com consistência maleável, a mesma produzia fumaça atingia altas temperaturas. Então, foi necessário a produção de uma peça que

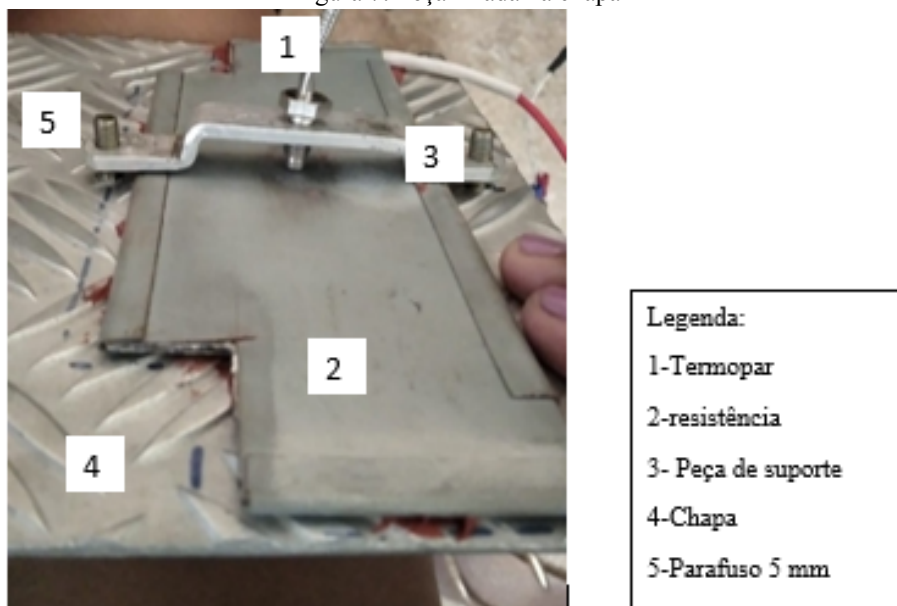


pudesse fixar tanto a resistência quanto o sensor, a qual pode ser vista na Figura 6 e a peça construída e instalada na Figura 7.



Fonte: Autora (2022).

Figura 7: Peça fixada na chapa



Fonte: Autora (2022).

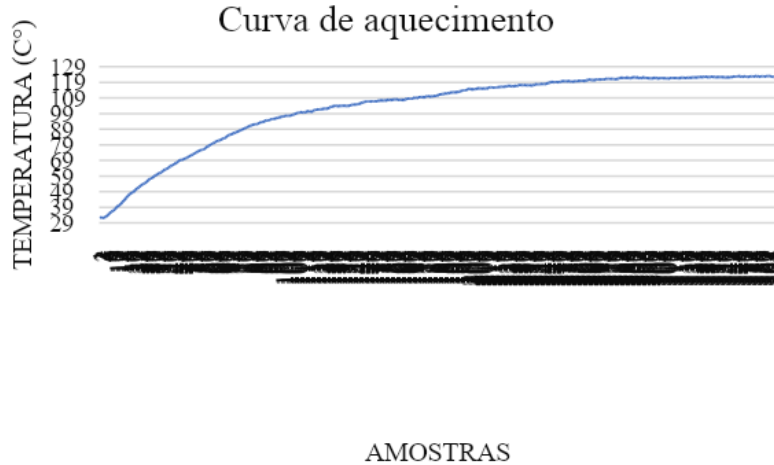
O diagrama esquemático completo do sistema desenvolvido pode ser visualizado no Anexo A.

### 3. RESULTADOS

O agitador magnético desenvolvido, para faixa de valores estabelecida para o controle de temperatura, foi capaz de atingir e estabilizar seu valor em torno de 123 °Celsius, conforme pode-se visualizar na Figura 8. Com os intervalos definidos foi feita a coleta de dados obtidos do sensor de temperatura (termopar) e assim pode-se ter um controle e ajustar o valor de referência por meio de um potenciômetro, sendo a resistência definida pelo ângulo do cursor do potenciômetro relacionada à valores de temperatura (convertidos via software), sendo os dados coletados via interface Arduino a cada 1 segundo. Para o controle da velocidade da ventoinha através do sinal PWM foi utilizado outro potenciômetro, o qual é responsável por converter a resistência do dispositivo sendo relacionada à porcentagem do ciclo de trabalho (*duty cycle*), de 0 a 100%. e assim

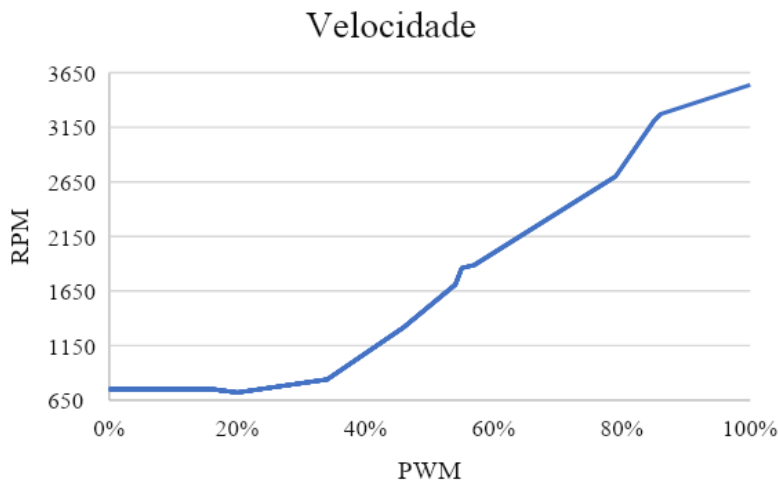
também foi adquirido o valor de rotações por minuto fornecido pelo cooler, como pode ser visto na Figura 9.

Figura 8: Curva de temperatura em função do número de amostras



Fonte: Autora (2022).

Figura 9: Gráfico de rotações por minuto (RPM) por porcentagem do PWM.



Fonte: Autora (2022).

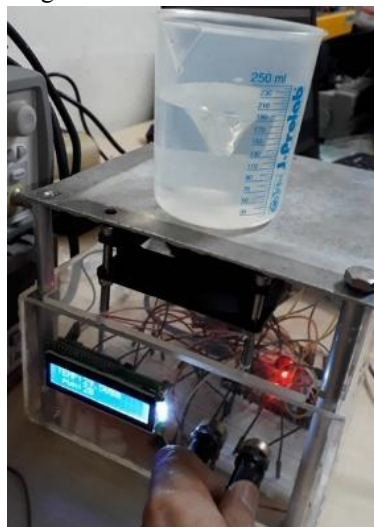
A estrutura do agitador montado pode ser vista na Figura 10, e em funcionamento, na Figura 11.

Figura 13: Agitador magnético com função de aquecimento após construção



Fonte: Autora (2022).

Figura 11: Agitador desenvolvido em funcionamento.



Fonte: Autora (2022)

Os custos finais do projeto estão tabela abaixo os custo para a estrutura final do projeto ficaram no valor de 382,06 reais.

Tabela 2: Preços dos componentes

| Materiais                                      | Quantidade |     | Valor total(R\$) |
|--|------------|-----|------------------|
| Barra Magnética cilíndrica com Anel Central    | 1          | R\$ | 20,00            |
| Super Imã de Neodímio                          | 2          | R\$ | 15,00            |
| Cooler PC 120mm-12V                            | 1          | R\$ | -                |
| Módulo Dimmer Arduino                          | 1          | R\$ | 43,99            |
| Resistência Elétrica para bases de aquecimento | 1          | R\$ | 72,45            |
| Módulo MAX6675 Termopar Tipo K                 | 1          | R\$ | 53,00            |
| Display LCD 16 x 2 com I2C                     | 1          | R\$ | 43,00            |
| Arduino Uno                                    | 1          | R\$ | 100,00           |
| Chave Gangorra KCD1-101 Verde                  | 1          | R\$ | 1,14             |
| Porcas sextavada 3/16                          | 4          | R\$ | 1,20             |
| Parafuso sextavado rosca parcial 3/16          | 4          | R\$ | 2,28             |
| Porcas Borboletas 3/16                         | 2          | R\$ | 1,00             |



|                          |    |     |        |
|--------------------------|----|-----|--------|
| Parafuso 8 mm            | 4  | R\$ | 7,00   |
| Parafuso 5 mm            | 2  | R\$ | 2,00   |
| Potenciômetro            | 2  | R\$ | 9,00   |
| Barra roscada 3/16       | 1  | R\$ | 5,80   |
| resistor de 10 k         | 1  | R\$ | 0,20   |
| Botão para potenciômetro | 2  | R\$ | 5,00   |
| Total                    | 32 | R\$ | 382,06 |

Fonte: Autora (2022).

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um agitador magnético de baixo custo em que seu valor de construção está abaixo do agitador industrial, que em uma pesquisa em valores atuais possui preços variando entre 200 e 500 dólares, que convertidos em Reais na cotação atual (R\$5,1694) o valor custa entre R\$1033,88 e R\$2584,70. Com o dispositivo desenvolvido, foi possível controlar a temperatura da chapa de aquecimento e a velocidade da ventoinha que movimenta a barra magnética cilíndrica no interior da amostra, podendo ser utilizado em experimentos laboratoriais. Para melhorias futuras neste projeto, pode-se desenvolver uma fonte de tensão única para acionar a resistência, ventoinha e circuito de controle (através de transformador e circuitos com reguladores de tensão), pois atualmente o projeto é acionado por uma fonte separada para a resistência e outra para a ventoinha e circuito de controle. Além disto, o sistema está programado para controlar a temperatura em malha aberta e não foram feitos testes na presença de distúrbios, assim, futuramente pode-se aplicar técnicas de controle em malha fechada neste dispositivo.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) pela oportunidade de ingresso no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC, que permitiu a realização deste trabalho.

#### Referências

**BARR**, Michael. Modulação de largura de pulso. Programação de Sistemas Embarcados, v. 14, n. 10, pág. 103-104, 2001.

Dimmer com TRIAC (ART294). Newton C. Braga. Disponível em: <<https://www.newtonbraga.com.br/index.php/artigos/54-dicas/2025art294.html>> Acesso em: 12 de nov. de 21.

**GUIDOTE**, A. M. Pacot, G. M. M. E cabacungan P. M. Low-cost magnetic stirrer from recycled computer parts with optional hot plate. Journal of chemical education 2015, 92 (1), 102-105.

Stirrer- Magnetic Stirring. Bola.de. Disponível em: <<https://www.bola.de/en/technical-information/stirring-and-mixing/stirrer-magnetic-stirring/>>. Acesso em: 08 de nov. de 2021

**IBADILLAH**, Achmad Fiqhi et al. Designing Magnetic Stirrer Hot Plate Using Contactless Infrared MLX90614 Temperature Sensor Based On PID Controller. In: International Conference on Science and Technology (ICST 2018). Atlantis Press, 2018. p. 940-944.

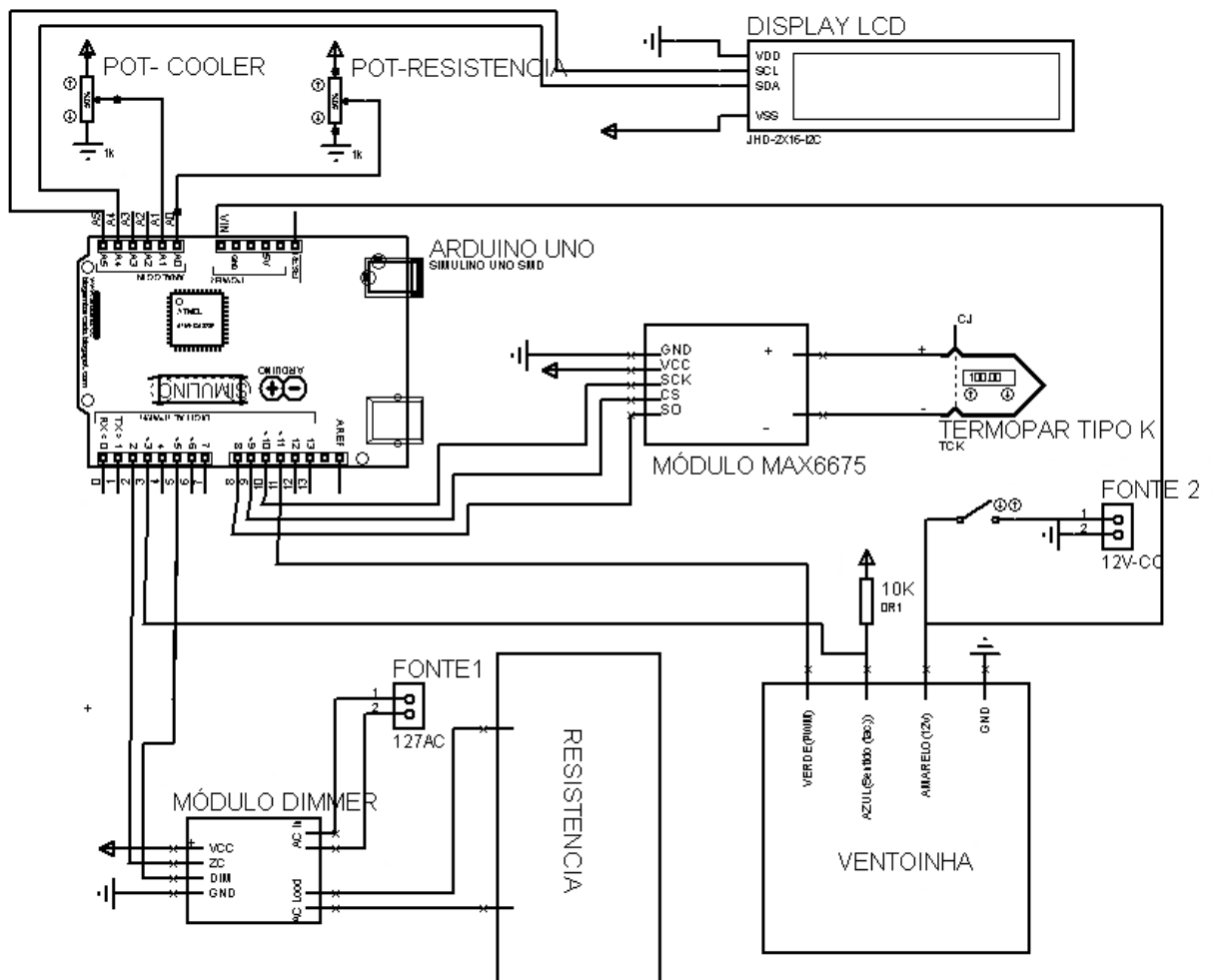
**OLIVEIRA**, E. Como usar com Arduino – Módulo MAX6675 Termopar Tipo K – 0° a 800°C. BLOG MASTER WALKER SHOP, 2018. Disponível:<<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-max6675-termopar-tipo-k-0o-a-800oc>>. Acesso em: 17 de jun. de 2022.

**PAULA**, L. F.; Ruggiero, R. Teaching Students How To Troubleshoot, Repair, and Maintain Magnetic Stirring Hot Plates Using Low-Cost Parts or Repurposed Materials. J. Chem. Educ. 2018, 95, 2050

-2054.

RIBEIRO, D. AGITADOR MAGNÉTICO. REV. CIÊNCIA ELEM., 2013, V1(01):065. Stirrer- Magnetic Stiring. Bola.de. Disponível em: < https://www.bola.de/en/technical-information/stirring-and-mixing/stirrer-magnetic-stirring/> . Acesso em: 08 de nov. de 2021

**ANEXO A - Circuito eletrônico do agitador magnético desenvolvido.**



Fonte: Autora (2022).