

**CENTRO EDUCACIONAL DA FUNDAÇÃO SALVADOR ARENA  
FACULDADE ENGENHEIRO SALVADOR ARENA**

**Lucas de Melo Santos (081220017)  
Lucas Kogima (081220043)  
Luiz Eduardo Bartolassi (081220004)  
Murilo Trevejo (081220025)**

**PBL – FENÔMENOS DE TRANSPORTE**

São Bernardo do Campo

2024

# 1. Apresentação do Dispositivo e Funcionamento

## 1.1. Descrição dos Equipamentos

Para a análise dos dados e realização dos cálculos, um kit foi utilizado no projeto composto por um cooler e uma estrutura de alumínio que são revestidos por uma caixa de acrílico. Além disso, uma fonte de alimentação foi usada para proporcionar energia e fazer com que o kit funcione adequadamente. A função principal do conjunto é regular a temperatura do sistema. É possível ver a seguir na Figura 1 e Figura 2 as imagens referentes ao kit utilizado.

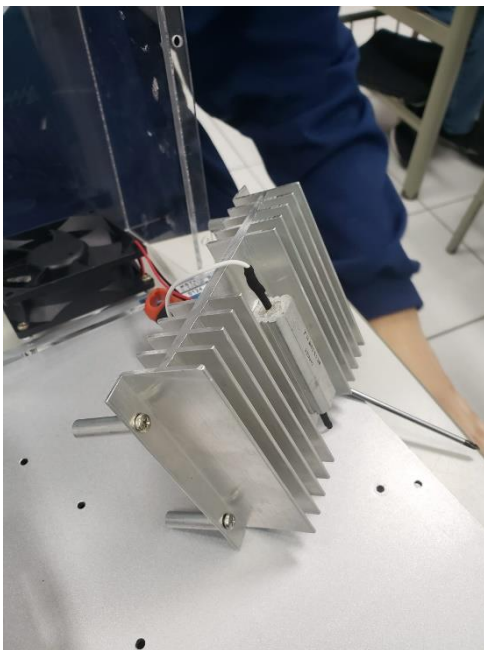


Figura 1



Figura 2

## 1.2. Sensores e Armazenamento de Dados

O sistema do kit possui sensores que monitoram continuamente a temperatura do dispositivo. Os dados coletados pelos sensores são armazenados e monitorados através de um "Painel de Controle" instalado no notebook.

## 1.3. Características do Sistema

- Cooler: Responsável por proporcionar resistência térmica para o sistema e limitar o aumento de temperatura;
- Fonte de Alimentação: Fornece a energia necessária para o funcionamento do sistema;
- Painel de Controle: Utilizado para configurar e monitorar o sistema, além de possibilitar a transição de malha aberta para malha fechada.

#### **1.4. Possíveis Regulagens**

- Velocidade do Cooler: Pode ser ajustada, no nosso caso foi configurada para 25%;
- Set Point: Temperatura desejada para a estabilização do sistema depois de fechar a malha, que foi configurada para 30°C.

## **2. Mecanismos Envolvidos**

### **2.1. Mecanismos Predominantes**

- Transferência de Calor por Convecção: O cooler aumenta a convecção, reduzindo a temperatura do sistema;
- Transferência de Calor por Condução: O alumínio do sistema de aquecimento conduz o calor de maneira eficiente.

### **2.2. Mecanismos Desprezíveis**

- Radiação Térmica: Devido à baixa temperatura envolvida, a radiação térmica é desprezível;
- Resistência Térmica do Alumínio: O alumínio possui alta condutividade térmica, o que significa que sua resistência térmica é muito baixa e, portanto, pode ser desprezada nos cálculos.

## **3. Dados Obtidos**

### **3.1. Malha Aberta**

- Configuração do Cooler: 25%
- Tempo de Estabilização: Aproximadamente 27 minutos
- Temperatura Estabilizada: Aproximadamente 33°C

### **3.2. Malha Fechada**

- Set Point: 30°C
- Tempo de Estabilização: Aproximadamente 20 minutos
- Temperatura Estabilizada: Aproximadamente 19°C

## 4. Explicação da Curva Obtida

A curva de temperatura em função do tempo mostra duas fases distintas. Na primeira fase, com o cooler configurado em 25%, a temperatura sobe e se estabiliza em 33°C após 27 minutos (Figura 3). Na segunda fase, ao fechar a malha e definir um set point de 30°C, o sistema inicialmente tenta ajustar para o novo set point, mas devido a alguma perda de eficiência, a temperatura cai e se estabiliza em 19°C após 20 minutos (Figura 4). A Figura 5 mostra uma visão do gráfico com o zoom aumentado.

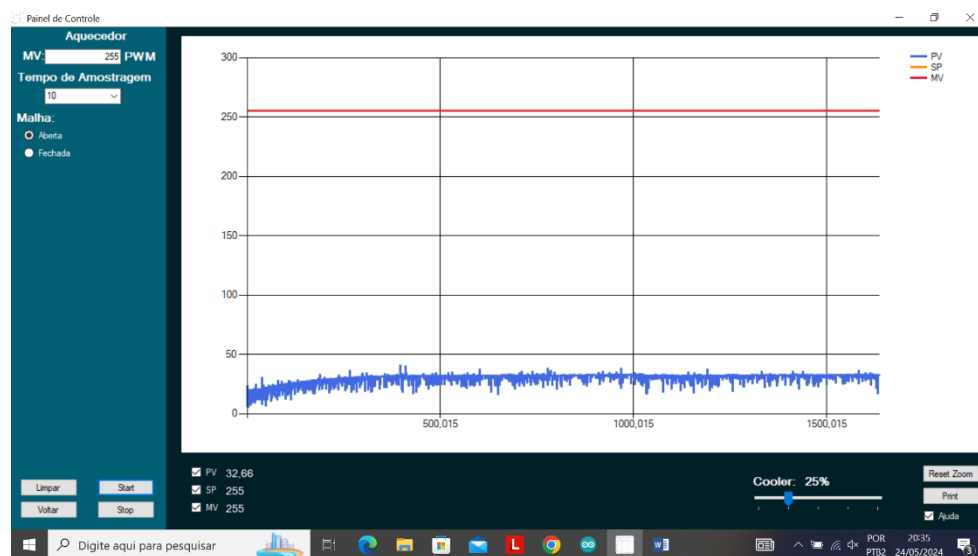


Figura 3

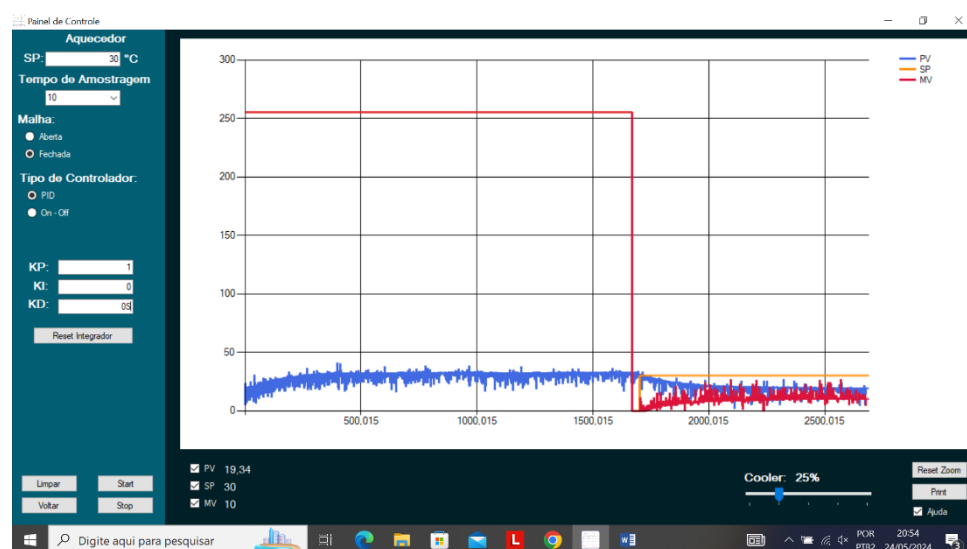


Figura 4

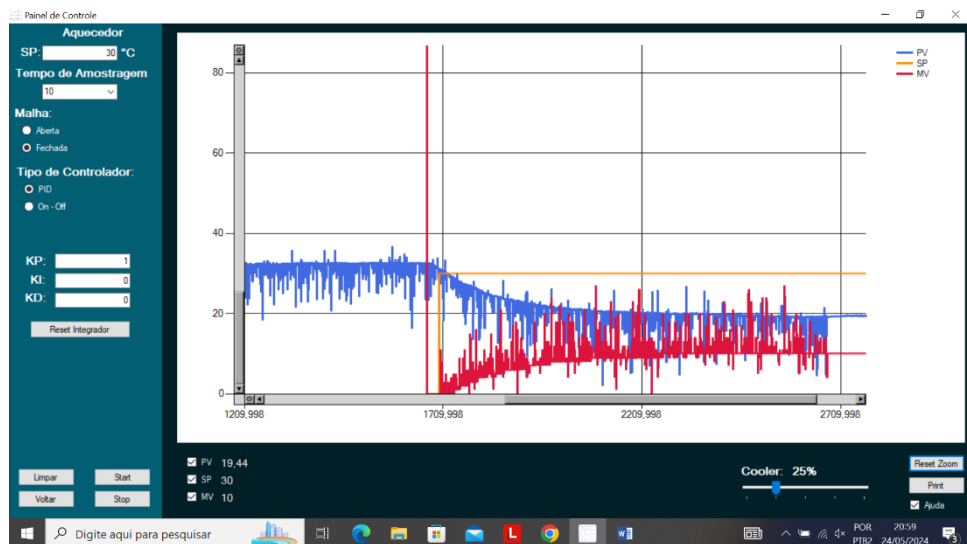


Figura 5

Quando utilizamos o sistema sem o cooler, a temperatura tende a aumentar sem a resistência térmica que era produzida pela ventoinha. Dessa forma, podemos ver nas Figuras 6 e 7 as curvas do gráfico que representam tal situação e percebemos que a estabilização da temperatura na malha aberta ocorre em um valor muito acima em relação ao caso no qual utilizamos o cooler.

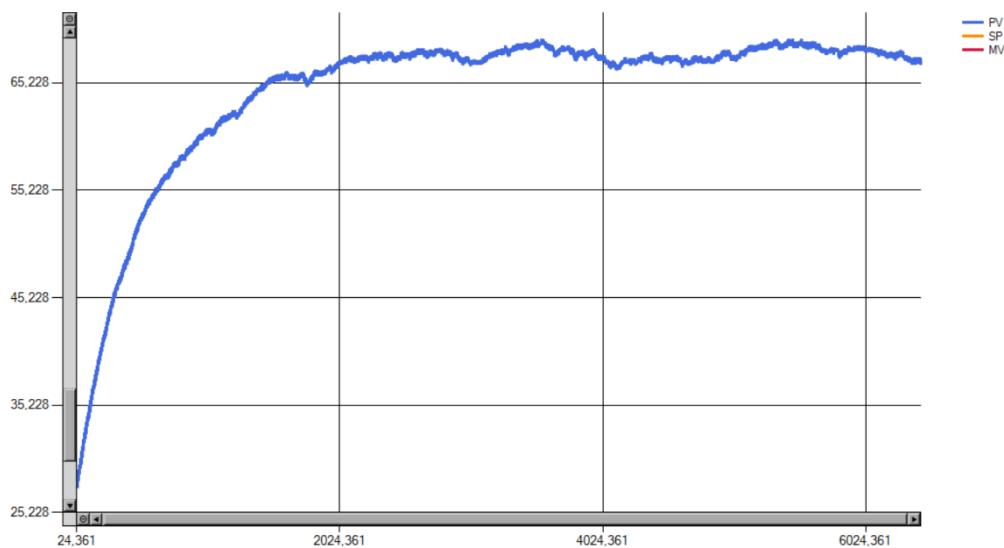


Figura 6

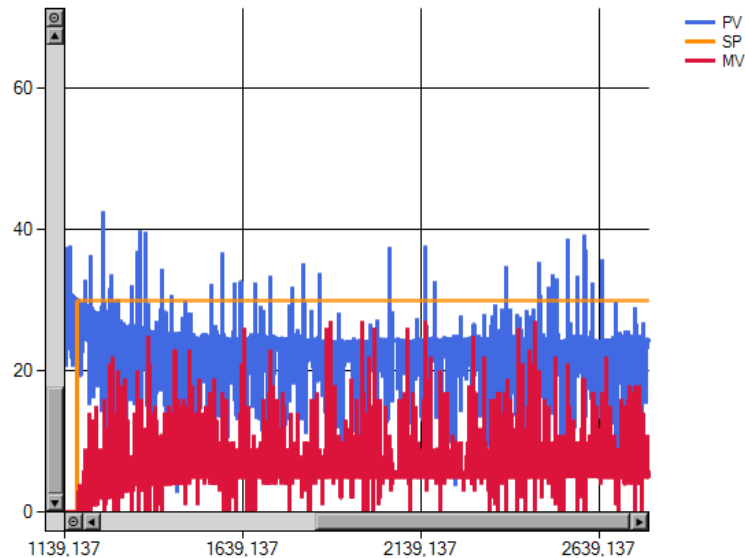


Figura 7

## 5. Cálculo da Superfície Dissipada e do Coeficiente Global de Transferência de Calor

Dados:

Altura aleta = 13,5 mm                      Espessura aleta = 1,7 mm  
 Distância entre aletas = 5,7 mm              Quantidade de aletas = 20  
 Comprimento da parede da aleta = 90,4 mm  
 Distância da aleta central = 33,8 mm  
 Coeficiente de transferência térmica do ar normal = 17,5 W/m<sup>2</sup>. K  
 Coeficiente de transferência térmica do ar turbulento = 165 W/m<sup>2</sup>. K

Cálculo da Área do alumínio em metros:

Área de uma parede da aleta =  $90,4 \times 10^{-3} \times 13,5 \times 10^{-3} = 1220,4 \times 10^{-6} = 1$  parede  
 2 paredes =  $1220,4 \times 10^{-6} \times 2 = 2440,8 \times 10^{-6}$   
 Área de cima da aleta =  $1,7 \times 10^{-3} \times 90,4 \times 10^{-3} = 153,68 \times 10^{-6}$   
 Área de baixo da aleta =  $5,7 \times 10^{-3} \times 90,4 \times 10^{-3} = 515,28 \times 10^{-6}$   
 Área de 1 aleta =  $153,68 \times 10^{-6} + 2440,8 \times 10^{-6} + 515,28 \times 10^{-6} = 3109,76 \times 10^{-6}$   
 Soma das áreas de todas as aletas =  $3109,76 \times 10^{-6} \times 20 = 62195,2 \times 10^{-6}$   
 Distância da aleta central (desconsiderando as distâncias das aletas já calculadas) =  $33,8 \times 10^{-3} - 2 \times 5,7 \times 10^{-3} = 22,4 \times 10^{-3}$   
 Área Central =  $90,4 \times 10^{-3} \times 22,4 \times 10^{-3} = 2024,96 \times 10^{-6}$   
 Soma das áreas dos dois centros =  $2024,96 \times 10^{-6} \times 2 = 4049,92 \times 10^{-6}$   
 Área Total =  $62195,2 \times 10^{-6} + 4049,92 \times 10^{-6} = 66245,12 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Cálculo da Resistência térmica do ar normal:

$$R_{\text{ar normal}} = \frac{1}{17,5 \times 66245,12 \times 10^{-6}} = 0,862597 \text{ K.W}^{-1}$$

Calor trocado em malha fechada com ventoinha desligada:

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{66-19}{0,862597} = 54,4866 \text{ W}$$

Cálculo da Resistência térmica do ar turbulento:

$$R_{\text{ar turbulento}} = \frac{1}{165 \times 66245,12 \times 10^{-6}} = 0,091488 \text{ K.W}^{-1}$$

Calor trocado em malha fechada com ventoinha ligada a uma potência de 25%:

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{33-19}{0,091488} = 153,0255 \text{ W}$$

Cálculo da superfície dissipada pelo resistor e do coeficiente global de transferência de calor:

$$q = U \cdot A_{\text{Superfície}} \cdot \Delta T$$

Utilizando essa fórmula, podemos isolar e calcular o U (coeficiente global de transferência de calor).

Cálculo do U em malha fechada com ventoinha ligada a uma potência de 25%:

$$153,0255 = U \cdot 66245,12 \times 10^{-6} \cdot (33 - 19) \rightarrow U = 165 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Cálculo do U em malha fechada com ventoinha desligada:

$$54,4866 = U \cdot 66245,12 \times 10^{-6} \cdot (66 - 19) \rightarrow U = 17,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Dessa forma, podemos notar que a fórmula final na situação na qual a ventoinha está ligada é:

$$153,0255 = 165 \cdot 66245,12 \times 10^{-6} \cdot (33-19)$$

Enquanto a fórmula final na situação que a ventoinha está desligada é:

$$54,4866 = 17,5 \cdot 66245,12 \times 10^{-6} \cdot (66-19)$$

## **6. Aplicações**

Este tipo de sistema pode ser aplicado em:

- Controle de temperatura em processos industriais;
- Laboratórios que necessitam de temperaturas constantes;
- Sistemas de climatização.

## **7. Sugestões de Melhorias no Sistema**

- Melhorar o Controle do Set Point: Implementar um controle mais preciso para evitar a subestimação da temperatura;
- Aumentar a Eficiência do Cooler: Utilizar coolers com maior eficiência térmica;
- Isolamento Térmico: Melhorar o isolamento térmico do sistema para minimizar perdas de calor;
- Ajustes na Configuração do Sistema: Rever a configuração do set point para evitar grandes desvios na temperatura final.