



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA

## **Experimento 03: Medição de Temperatura Módulo de Peltier**

Aluno: Filipe Soares Donato - 120111402

Campina Grande, novembro de 2022

# ÍNDICE

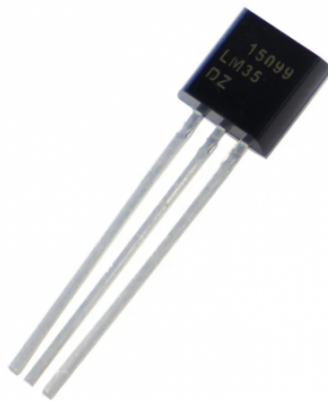
<b>1 Introdução</b>	<b>3</b>
1.1 Sensor LM35	3
1.2 O Efeito e Módulo de Peltier	3
1.3 Aplicações	5
<b>2 Objetivos</b>	<b>5</b>
<b>3 Material Utilizado</b>	<b>6</b>
<b>4 Descrição Experimental</b>	<b>6</b>
<b>5 Resultados Obtidos</b>	<b>7</b>
<b>6 Questões propostas</b>	<b>12</b>
<b>7 Conclusões</b>	<b>13</b>
<b>Referências</b>	<b>14</b>
<b>Anexos</b>	<b>15</b>

# 1 Introdução

## 1.1 Sensor LM35

O LM35 é um sensor de temperatura que pode ser encontrado em diversos tipos de encapsulamentos e são construídos por fabricantes diferentes, mas apesar de toda essa diversificação, o funcionamento destes sensores é o mesmo, pode ser alimentado por uma fonte de tensão CC de 4V a 20V ou simétrica. Como ele apresenta em sua saída um sinal de 10mV para cada grau Celsius de temperatura, foi necessário construir um conversor de tensão em corrente para poder ser interligado ao padrão 4-20 mA.

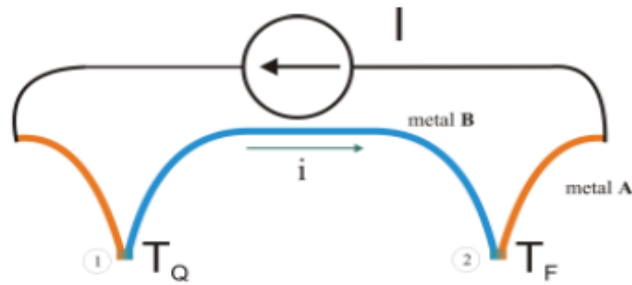
Outra vantagem é que o LM35 não necessita de qualquer calibração externa para fornecer os valores de temperatura com variações de  $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$  ou até mesmo  $\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$  dentro da faixa de temperatura de  $-55^{\circ}\text{C}$  à  $150^{\circ}\text{C}$ . Este sensor tem saída com baixa impedância, tensão linear e calibração inerente precisa



**Figura 1. Sensor de temperatura LM35.**

## 1.2 O Efeito e Módulo de Peltier

O efeito Peltier, descoberto em 1834, ao contrário do que ocorre no efeito Seebeck, faz-se passar uma corrente pela junção esta ficará aquecida ou refrigerada. A Figura 2 mostra o efeito Peltier, onde faz-se passar uma corrente pela junção que ficará aquecida ( $T_Q$ ) ou refrigerada ( $T_F$ ), dependendo do sentido da corrente.



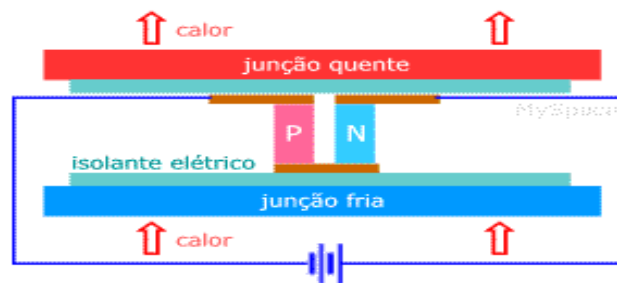
**Figura 2. Representação do Efeito de Peltier.**

Temos que:

$$q = \pi_{ab} I$$

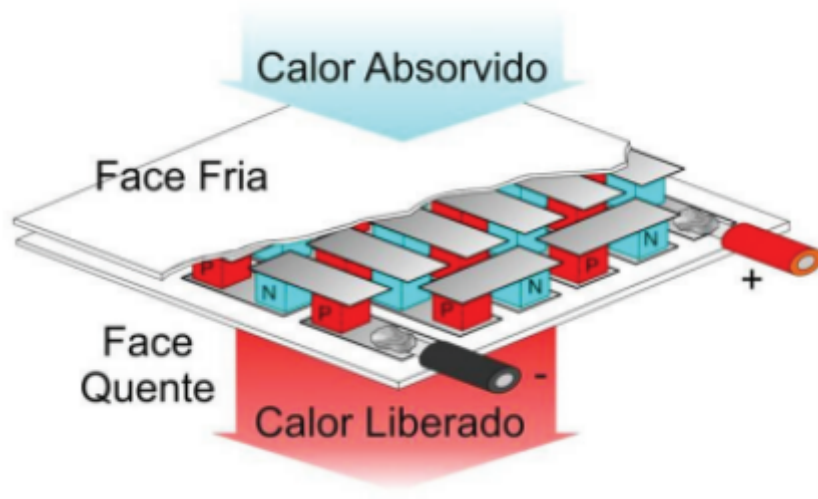
em que  $q$  é a quantidade de calor bombeada através da junção  $[J]$ ,  $\pi_{ab}$  é o coeficiente de Peltier  $[J/A]$  e  $I$  é a corrente elétrica  $[A]$ .  $\pi_{ab}$  é positivo se a junção 1 aquece e a junção 2 resfria quando a corrente passa de 1 para 2.

Na Figura 3 observa-se o esquema de funcionamento do Efeito de Peltier: ao circular corrente pelas junções, o calor é transferido de uma junção para a outra e o dispositivo funciona como um refrigerador sem partes móveis.



**Figura 3. Esquema de funcionamento do dispositivo com Efeito Peltier.**

Na prática não é usado apenas um par de junções, mas uma série delas para maximizar a potência de resfriamento. O módulo de Peltier é a maneira mais prática de se utilizar o efeito Peltier como refrigerador em larga escala, e consiste num arranjo de pequenos blocos de *telureto de bismuto*- $Bi_2Te_3$  dopados tipo N e tipo P montados alternadamente e eletricamente em série entre duas placas cerâmicas de boa condutividade térmica. Este arranjo faz com que todos os termoelementos conduzam o calor na mesma direção- termicamente em paralelo (Figura 4).



**Figura 4. Módulo de Peltier.**

Os módulos estão disponíveis no mercado em tamanhos que variam de  $0,6 \times 0,6$  cm a aproximadamente  $5 \times 5$  cm, e estes podem ser utilizados de diferentes maneiras: individualmente ou agrupados eletricamente em série, paralelo ou série-paralelo.

## 1.3 Aplicações

Algumas aplicações para o sensor LM35 são:

- Equipamentos médicos e hospitalares;
- Termômetros para câmeras frias, chocadeiras etc;
- Máquinas industriais;
- Fornos industriais e gastronômicos;
- Proteção térmica de estabilizadores;
- Controle de processos;
- Equipamentos de monitoramento GPS.

## 2 Objetivos

Observar o comportamento do atuador Módulo de Peltier, gerando sua curva característica e encontrando suas constantes de tempo de subida e descida para os modos de aquecimento e resfriamento.

### 3 Material Utilizado

- Plataforma de Medição de Temperatura: Módulo de Peltier, dois sensores LM35;
- Sistema de aquisição de dados NI-6210;
- Computador com *Software LabVIEW* instalado.

### 4 Descrição Experimental

O experimento foi realizado utilizando a plataforma de experimentos observada na Figura 5. A plataforma é conectada com a plataforma de aquisição de dados por meio de um cabo flat.

O experimento se caracterizou pelo acionamento do módulo de Peltier usando uma das linhas digitais da porta de saída, por meio do uso da rotina escrita/leitura de saídas/entradas digitais, e posteriormente a leitura dos valores de temperatura usando a rotina de leitura de entradas analógicas.

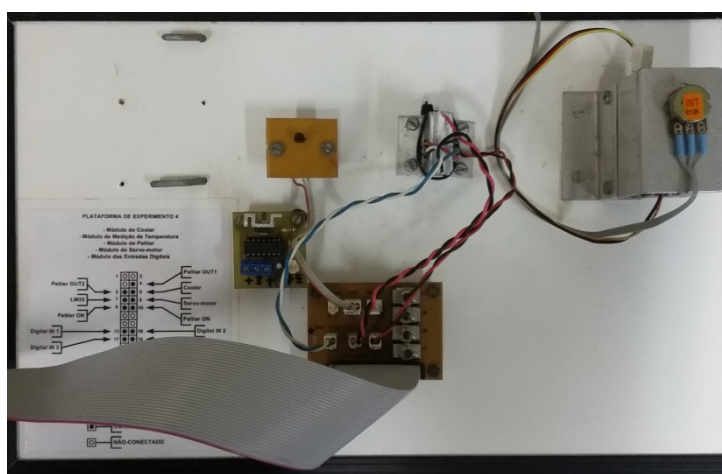


Figura 5. Foto da plataforma de Medição de Temperatura.

Na Figura 6 é possível observar a interface criada no *LabVIEW* para o experimento. Nela é possível observar as informações referentes aos dois sensores de temperatura presentes em ambas às superfícies do módulo, superfície fria e superfície quente, além do estado atual do módulo, ligado ou desligado. Os dados referentes às temperaturas de cada face são salvos em arquivos separados para posterior

processamento e a partir das curvas referentes a cada face, fria e quente, foram extraídas as constantes de tempo de subida e de descida da temperatura de cada face.

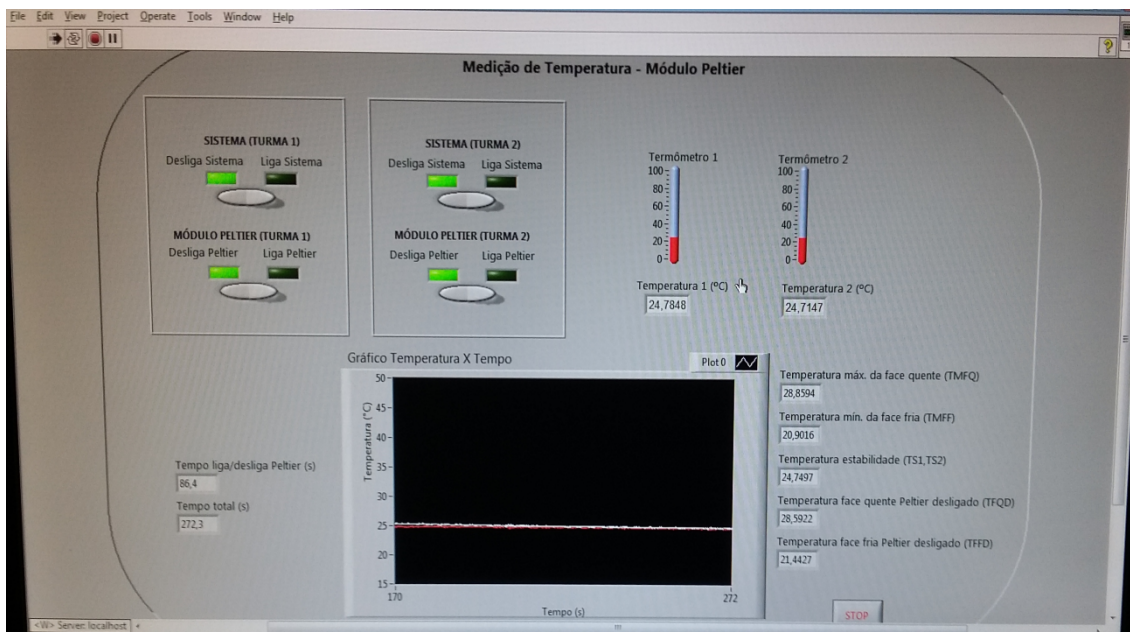


Figura 6. Interface usada para a rotina de testes do módulo de Peltier.

## 5 Resultados Obtidos

Para calcular as constantes de tempo de subida e de descida para as curvas de aquecimento e resfriamento, foi calculado o valor referente a 63% da variação de temperatura registrada para cada uma das curvas a partir dos valores iniciais de estabilidade das curvas. Existem dois momentos distintos, um primeiro momento, de onde as curvas partem da temperatura ambiente, e um segundo momento de onde elas partem de seus valores de estabilidade (um valor acima da temperatura ambiente, para o caso da curva de aquecimento, e um valor abaixo da temperatura ambiente, para o caso da curva de resfriamento).

Na Figura 7 podemos observar o processo de aquecimento e resfriamento e as variáveis para os cálculos das constantes de tempo. Já na figura 8 temos os resultados que foram anotados para fazer os cálculos.

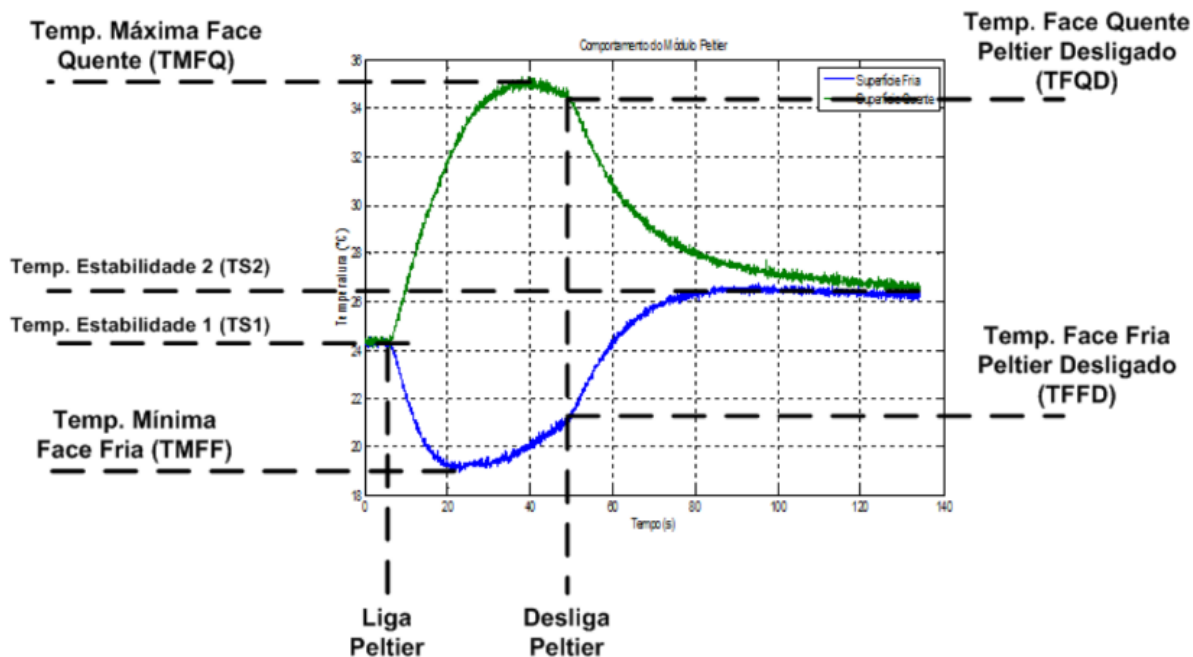


Figura 7. Curvas de aquecimento e resfriamento das faces do módulo de Peltier.

Experimento – Módulo de Peltier (Procedimentos)	
Passos:	
1- Liga o sistema (aguardam uns 15 segundos)	
2- Liga o módulo Peltier e anota os dados:	
• TS1 (Temperatura Estabilidade inicial) (°C):	23,5478
• Tempo Liga Peltier (s):	13,6 s
3- Aguarda a temperatura da Face 1 (Face Quente) aumentar e da Face 2 (Face Fria) reduzir, até que a temperatura da Face 1 comece a interferir na temperatura da Face 2 (diferença de temperatura em torno de 10°C), e neste momento Desliga o módulo Peltier e anota o dado:	
• Tempo Desliga Peltier (s):	79,5 s
4- Aguarda as temperaturas da Face 1 (Face Quente) e da Face 2 (Face Fria) estabilizarem (ficar com o mesmo valor), e neste momento Desliga o sistema e anota os dados:	
• TS2 (Temperatura Estabilidade final) (°C):	24,2233
• TMFQ (°C):	26,7357
• TMFF (°C):	23,3566
• TFQD (°C):	26,6555
• TFFD (°C):	23,4186
• Tempo Total (s):	206,5
OBS: Tempo de amostragem de 100ms.	

Figura 8. Dados anotados.



A temperatura de estabilidade TS1 foi anotada antes do módulo de Peltier ser ligado e a temperatura TS2 quando as curvas estabilizaram-se após o desligamento. As demais temperaturas foram anotadas no término do experimento. O tempo que o módulo de Peltier é ligado foi anotado antes do mesmo ter sido desligado, já que no desligamento do módulo este valor foi modificado para o tempo em que o último aconteceu.

Para o cálculo das constantes de tempo de subida e de descida para as curvas de aquecimento e resfriamento, calculou-se o valor referente a 63% da variação de temperatura registrada para cada uma das curvas a partir dos valores iniciais de estabilidade das curvas presentes na Tabela 1.

<b>TS1(°C)</b>	23.5478
<b>Liga Peltier(s)</b>	19.6
<b>Desliga Peltier (s)</b>	79.5
<b>Tempo Total (s)</b>	206.5
<b>TS2(°C)</b>	24.2219
<b>TMFQ(°C)</b>	26.7997
<b>TMFF(°C)</b>	21.3566
<b>TFQD(°C)</b>	26.4186
<b>TFFD(°C)</b>	21.4186

**Tabela 1. Variáveis para os cálculos obtidos no LabView.**

Para o momento a partir do acionamento do módulo de Peltier utilizou-se as equações (1) e (2):

$$T_{63FQA} = 0.63 * (TMFQ - TS1) + TS1 \quad (1)$$

$$T_{63FFA} = 0.63 * (TMFF - TS1) + TS1 \quad (2)$$

Para o momento a partir do desligamento do módulo de Peltier utilizou-se as equações (3) e (4):

$$T_{63FQD} = T_{FQD} - 0.63 * (T_{FQD} - T_{S2}) \quad (3)$$

$$T_{63FFD} = T_{FFD} + 0.63 * (T_{S2} - T_{FFD}) \quad (4)$$

Substituindo os valores da Tabela 1 nas equações de (1-4), obtemos:

$$T_{63FQA} = 25.5965 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_{63FFA} = 22.1674 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_{63FQD} = 25.0347 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_{63FFD} = 23.1847 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Com esses resultados e lembrando que o tempo de amostragem do experimento é de 100ms, obteve-se os valores das constantes de tempo associadas a cada momento nas curvas de aquecimento ( $T_{cFQA}$  e  $T_{cFQD}$ ) e resfriamento ( $T_{cFFA}$  e  $T_{cFFD}$ ).

- Tempo de subida:

✓ Face Quente:

$$\text{tempo}(T_{63FQA}) = n^{\circ} \text{ de amostras até } T_{63FQA}$$

$$\text{tempo}(T_{63FQA}) = 518$$

$$\text{tempo}(T_{63FQA}) = 51.8 \text{ s}$$

$$T_{cFQA} = \text{tempo}(T_{63FQA}) - \text{tempo}(\text{Liga Peltier})$$

$$T_{cFQA} = 51.8 - 19.6$$

$$T_{cFQA} = 32.20 \text{ s}$$

✓ Face Fria:

$$\text{tempo}(T_{63FFA}) = n^{\circ} \text{ de amostras até } T_{63FFA}$$

$$\text{tempo}(T_{63FQA}) = 389$$

$$\text{tempo}(T_{63FQA}) = 38.9 \text{ s}$$

$$T_{cFFA} = \text{tempo}(T_{63FFA}) - \text{tempo}(\text{Liga Peltier})$$

$$T_{cFFA} = 38.9 - 19.6$$

$$T_{cFFA} = 19.3 \text{ s}$$

- Tempo de descida:

✓ Face Quente:

$tempo(T63FQD) = n^{\circ} \text{ de amostras até } T63FQD$

$tempo(T63FQD) = 1329$

$tempo(T63FQD) = 132.9s$

$TcFQD = tempo(T63FQD) - tempo(Desliga Peltier)$

$TcFQD = 132.9 - 79.5$

$TcFQD = 53.4s$

✓ Face Fria:

$tempo(T63FFD) = n^{\circ} \text{ de amostras até } T63FFD$

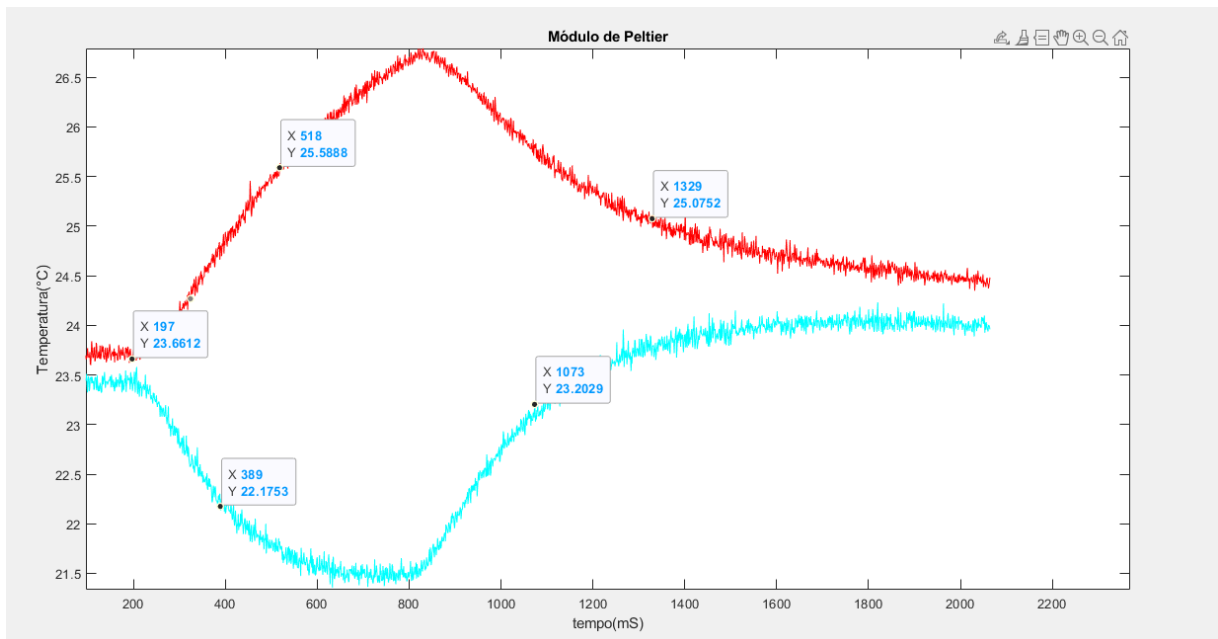
$tempo(T63FFD) = 1073$

$tempo(T63FFD) = 107.3s$

$TcFFD = tempo(T63FFD) - tempo(Desliga Peltier)$

$TcFFD = 107.3 - 79.5$

$TcFFD = 27.8s$



**Figura 9. Curvas com os dados obtidos no laboratório.**

Com o auxílio do MatLab, plotamos as curvas com os pontos obtidos no experimento(Figura 9).

A partir do gráfico gerado, é possível observar a curva de aquecimento em vermelho e a de resfriamento em ciano, referentes a cada face do módulo. Os pontos marcados são os mais aproximados dos valores de T63FQA, T63FFA, T63FQD e T63FFD.

## 6 Questões propostas

1. Porque as constantes de tempo de subida são menores que as constantes de tempo de descida? (lembrando que para a curva de resfriamento a constante de tempo de subida é baseada no degrau de resfriamento, ou seja, a "subida" nada mais é que o decaimento da temperatura abaixo da temperatura inicial).

**As constantes de tempo de subida são menores que as de descida. Isto se deve ao fato de que existe uma inércia térmica no sistema, ou seja, o material tem maior facilidade em ganhar calor do que perder.**

2. Qual o modo mais simples de obter constantes de tempo de subida e descida iguais para ambas as faces?

**Uma das formas de se obter as constantes de tempo de subida e de descida iguais para ambas as faces é estabelecendo uma fronteira adiabática para o módulo de Peltier, de forma que a face fria não sofra influência da temperatura do meio ambiente. Ou igualar as constantes por meio de variações na corrente do sistema, visto que afeta apenas as constantes de tempo de subida(quando o módulo está ativo).**

## 7 Conclusões

Através desse experimento foi possível observar o funcionamento e comportamento do módulo de Peltier bem como estudar suas características e particularidades desse fenômeno. No experimento não se verificou o que aconteceria caso as polaridades das tensões aplicadas fossem invertidas.

A partir da curva característica do módulo de Peltier, pôde-se observar que o processo de condução de calor é mais significativo na curva de resfriamento, enquanto que a geração de calor por efeito Joule no material é relevante na curva de aquecimento.

# Referências

[1] Silva, Jaidilson J. *Notas de Aula do Professor*.

[1] National Semiconductor, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, 2000. Disponível em: <http://www.webtronico.com/documentos/LM35.pdf>. Acesso em novembro de 2022.

[2] Moura, J. A. ,CAP - 6: Aplicações Tecnológicas do Efeito Peltier, 2007. Disponível em: [http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index\\_arquivos/Cap6.pdf](http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index_arquivos/Cap6.pdf). Acesso em: novembro de 2022.

[3] MSPC, Dispositivos de Efeito Peltier, 2008. Disponível em: [http://www.mspc.eng.br/elettrn/peltier\\_110.shtml](http://www.mspc.eng.br/elettrn/peltier_110.shtml). Acesso em: novembro de 2022.

[5] . *Modulo de Peltier, como funciona?*. Disponível em:<<http://mecatronica hoje.blogspot.com.br/2011/06/modulo-celula-de-peltier-ou-pastilhas.html>>. Acesso em novembro de 2022.

# Anexos

```
%Filipe Soares Donato

%Instrumentação - Exp_3 - Peltier

clc; clear;

%coloca os dados em uma planilha no excel ou google docs

%troca as vírgulas por pontos (fiz no Notepad++) e cria um arquivo

%de aquecimento e outro de resfriamento com os pontos

%daí salva em .txt e carregamos ele no MatLab

load 'aquecimento.txt';

load 'resfriamento.txt';

tamanho = length(aquecimento) - 1; %pro plot dar certo, ter o mesmo
tamanho

n = [0 : 1 : tamanho];

%no meu caso ficou 2065 pontos mas eu sei que é 206.5 segundos


figure(1);

plot(n, aquecimento, 'r'); %cor vermelha

hold; %travar a exibição

plot(n, resfriamento, 'c'); %cor ciano

xlabel('tempo (mS) ');

ylabel('Temperatura (°C) ');

title('Módulo de Peltier');
```