

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

LABORATÓRIO DE FÍSICA 1

CARLOS AUGUSTO SANTOS DE CARVALHO

GUILHERME MENEZES DE AZEVEDO

NÍCKOLAS FELIPE PAULINO SANTOS

ERLANDSON DA SILVA PESSOA JÚNIOR

BERNARDO SILVA LUZ

## **RELATÓRIO**

Calorimetria

Aracaju, Sergipe

08/05/2023

## 1. Introdução

Calor específico é a quantidade de calor necessária para que cada grama de uma determinada substância sofra a variação de temperatura de 1°C. Essa grandeza física é característica de cada substância por particular e revela o comportamento do material quando exposto a uma fonte de calor [1].

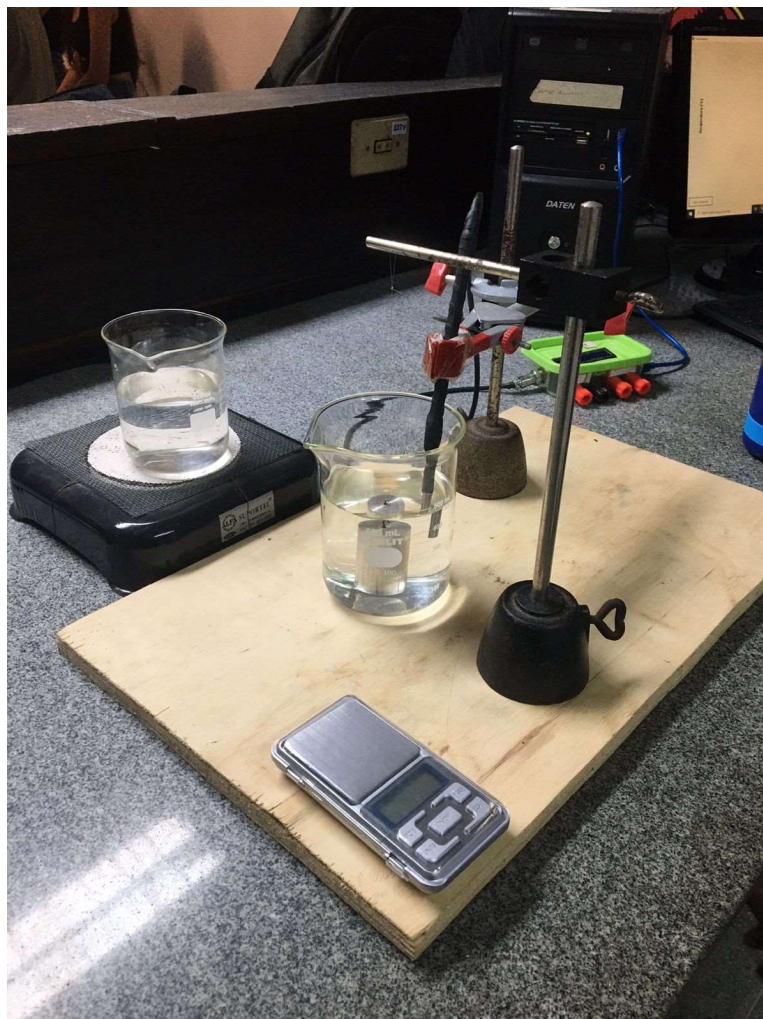
No estudo da Calorimetria, o Calor Específico está presente na fórmula do Calor Sensível ( $Q = m.c.\Delta T$ ) e da Capacidade Térmica de um material. Inúmeros fenômenos do cotidiano podem ser melhor compreendidos a partir do estudo do calor específico [1].

## 2. Objetivo

O objetivo deste experimento é determinar o calor específico de um cilindro metálico. Ademais, analisar os dados obtidos no gráfico e a realização dos cálculos para encontrar uma estimativa do calor específico.

## 3. Materiais

Béquer; Aquecedor; Termômetro digital; Cronômetro; Balança; Água; Cilindro metálico; Computador.



## 4. Procedimento

Neste relatório não foi necessário encontrar as medidas de incerteza estatística, pois um software em laboratório foi responsável por captar as mudanças de temperatura com o passar do tempo. Entretanto, sabemos que a incerteza instrumental da temperatura é de 0,06 °C.

Métodos:

- Representação das medidas:  
(média da grandeza ± incerteza) unidade da medida
- Propagação de Incertezas:

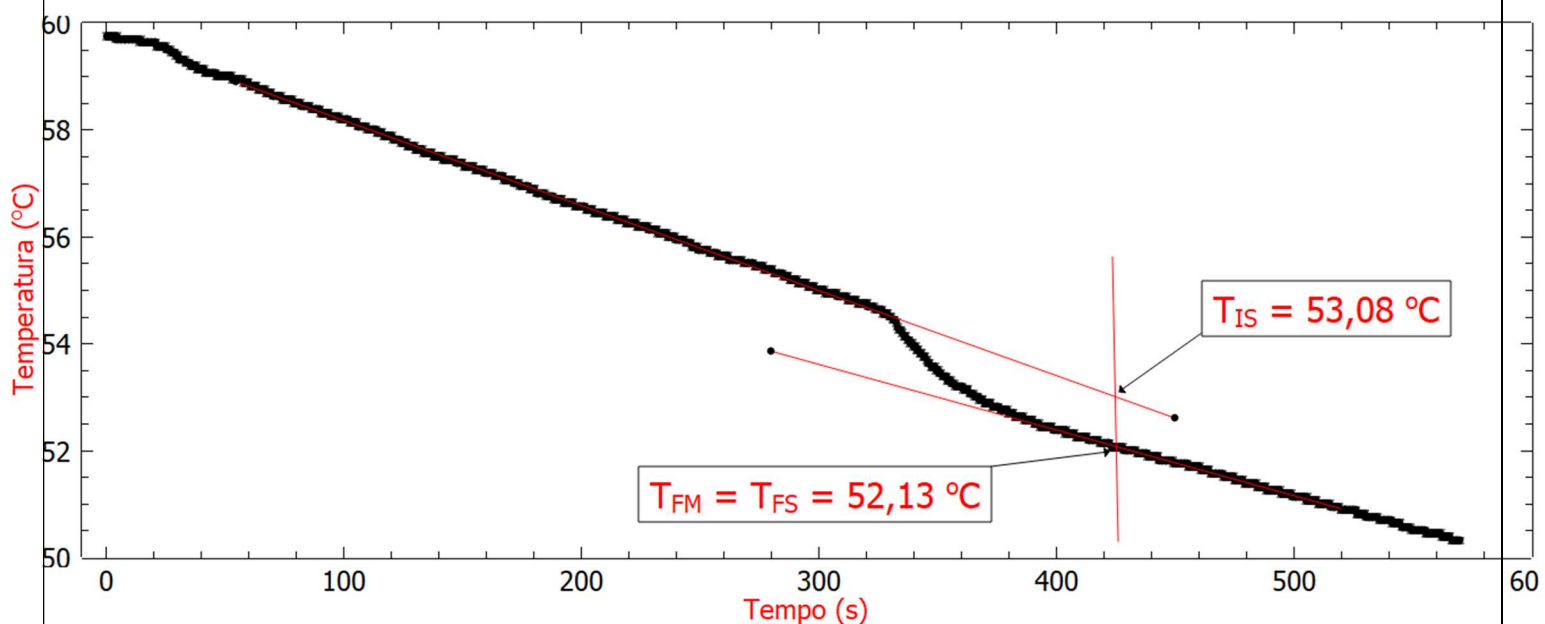
$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{df}{da} \cdot \sigma_a\right)^2 + \left(\frac{df}{db} \cdot \sigma_b\right)^2 + \dots + \left(\frac{df}{dz} \cdot \sigma_z\right)^2}$$

Onde, o símbolo  $\frac{df}{da}$  representa a derivada parcial de f em relação **a**, ou seja, a derivada da função f quando apenas **a** é tomada como variável, e b, c, ..., z são consideradas constantes. E  $\sigma_a$ ,  $\sigma_b$ , ...,  $\sigma_z$  são os desvios padrões da variável correspondente. [2]

Fórmulas para experiência:

- $C_M = \frac{-m_A \cdot C_A \cdot \Delta T_S}{\Delta T_M \cdot m_M}$  -> Calor Específico do Metal

## 5. Gráfico no Sci-Davies Temp (°C) versus t (s)



## 6. Cálculo do Calor Específico do Metal

Para começar medimos em laboratório a Massa Total do Béquer (Água + Béquer) sendo  $(394,4 \pm 0,1) g$  e a massa do Béquer sendo  $(123,0 \pm 0,1) g$ . Sendo assim, a massa de água dentro do Béquer será de  $M_A = M_T - M_B \Rightarrow M_A = 394,4 - 123,0 \Rightarrow M_A = 271,4 g$ . Realizando a propagação de incertezas para encontrar a Massa de Água:  $\sigma_A =$

$$\sqrt{\left(\frac{\partial M_A}{\partial M_T} \cdot \sigma_{M_T}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_A}{\partial M_B} \cdot \sigma_{M_B}\right)^2} \Rightarrow \sigma_A = 0,1 g.$$

Logo, a Massa de Água será de  $(271,4 \pm 0,1) g$  e com incerteza relativa de  $\left(\frac{0,1}{271,4}\right) \approx 0,00037 \approx 0,037\%$ .

Para encontrarmos a Variação da Temperatura do Sistema basta diminuir a Temperatura Final do Sistema menos a Temperatura Inicial do Sistema, encontrados no Gráfico do Sci-Davies do Experimento. Sendo assim, o valor da Temperatura Final do Sistema:  $T_{FS} = (52,13 \pm 0,06) ^\circ C$  e o valor da Temperatura Inicial do Sistema:  $T_{IS} = (53,08 \pm 0,06) ^\circ C$ . Temos então como valor da variação da temperatura será de:  $\Delta T_S = T_{FS} - T_{IS} \Rightarrow \Delta T_S = 52,13 - 53,08$  será:  $\Delta T_S = -0,95 ^\circ C$  e para achar sua incerteza devemos propagar:  $\sigma_{\Delta T} =$

$$\sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T}{\partial T_{FS}} \cdot \sigma_{T_{FS}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T}{\partial T_{IS}} \cdot \sigma_{T_{IS}}\right)^2} \Rightarrow \sigma_{\Delta T} = 0,08 ^\circ C.$$

Dessa forma, teremos  $\Delta T_S = (-0,95 \pm 0,08) ^\circ C$  e com incerteza relativa de  $\left(\frac{0,08}{0,95}\right) \approx 0,0842 \approx 8,42\%$ .

A massa do Metal encontrada em laboratório foi de  $m_M = (69,5 \pm 0,1) g$  e com incerteza relativa de  $\left(\frac{0,1}{69,5}\right) \approx 0,00144 \approx 0,144\%$ .

O calor específico da Água é de: **1 cal/g \* °C**

A temperatura Inicial do Metal é a mesma do ambiente medida em Laboratório sendo:  $(23,69 \pm 0,06) ^\circ C$  e a Temperatura Final do Metal será a mesma da Temperatura final do Sistema sendo:  $T_{FS} = (52,13 \pm 0,06) ^\circ C$ . Logo, o  $\Delta T_M = T_{FM} - T_{IM} \Rightarrow \Delta T_M = 52,13 - 23,69 = 28,44 ^\circ C$  e a incerteza da variação de temperatura do metal por propagação:

$$\sigma_{\Delta T_M} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T_M}{\partial T_{FM}} \cdot \sigma_{T_{FM}}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_M}{\partial T_{IS}} \cdot \sigma_{T_{IS}}\right)^2} \Rightarrow \sigma_{\Delta T_M} = 0,08 ^\circ C.$$

Dessa maneira teremos como variação da Temperatura do Metal como:  **$(28,44 \pm 0,08) ^\circ C$**  e com incerteza relativa de  $\left(\frac{0,08}{28,44}\right) \approx 0,002813 \approx 0,28\%$ .

Com isso, podemos calcular o calor específico do Metal usando a fórmula:  $C_M = \frac{-m_A \cdot C_A \cdot \Delta T_S}{\Delta T_M \cdot m_M}$ .

Aplicando a fórmula:

$$C_M = \frac{-271,4 \cdot 1 \cdot (-0,95)}{28,44 \cdot 69,5} \implies C_M = 0,13 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Aplicando a propagação de Incerteza:

$$\sigma_{CM} = \sqrt{\left(\frac{\partial CM}{\partial m_A} \cdot \sigma_{m_A}\right)^2 + \left(\frac{\partial CM}{\partial \Delta T_S} \cdot \sigma_{\Delta T_S}\right)^2 + \left(\frac{\partial CM}{\partial \Delta T_M} \cdot \sigma_{\Delta T_M}\right)^2 + \left(\frac{\partial CM}{\partial m_M} \cdot \sigma_{m_M}\right)^2}$$

#1

#2

#3

#4

$$\#1 \frac{\partial CM}{\partial m_A} \cdot \sigma_{m_A} = \frac{-C_A \cdot \Delta T_S}{m_M \cdot \Delta T_M} \cdot \sigma_{m_A} = \frac{-1 \cdot (-0,95)}{69,5 \cdot 28,44} * 0,1 = 4,8 \times 10^{-5}.$$

$$\#2 \frac{\partial CM}{\partial \Delta T_S} \cdot \sigma_{\Delta T_S} = \frac{-m_A \cdot C_A}{m_M \cdot \Delta T_M} * \sigma_{\Delta T_S} = \frac{-271,4 \cdot 1}{69,5 \cdot 28,44} * 0,08 = 0,011.$$

$$\#3 \frac{\partial CM}{\partial \Delta T_M} \cdot \sigma_{\Delta T_M} = \frac{m_A \cdot C_A \cdot \Delta T_S}{m_M \cdot \Delta T_M^2} * \sigma_{\Delta T_M} = \frac{271,4 \cdot 1 \cdot (-0,95)}{69,5 \cdot (28,44)^2} * 0,08 = 3,67 \times 10^{-4}.$$

$$\#4 \frac{\partial CM}{\partial m_M} \cdot \sigma_{m_M} = \frac{m_A \cdot C_A \cdot \Delta T_S}{m_M^2 \cdot \Delta T_M} * \sigma_{m_M} = \frac{271,4 \cdot 1 \cdot (-0,95)}{(69,5)^2 \cdot 28,44} * 0,1 = 1,9 \times 10^{-4}.$$

$$\sigma_{CM} = \sqrt{(4,8 \times 10^{-5})^2 + (0,011)^2 + (3,67 \times 10^{-4})^2 + (1,9 \times 10^{-4})^2}$$

$$\sigma_{CM} = \sqrt{1,212 \times 10^{-4}}$$

$$\sigma_{CM} = 0,01 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

Logo, o calor específico do Metal será: **(0,13 ± 0,01) cal/g · °C** e com incerteza relativa de  $\left(\frac{0,01}{0,13}\right) \approx 0,077 \approx 7,7\%$ .

## 7. Tabela de Calor Específico

Após encontrarmos o valor do calor específico do metal no experimento podemos comparar com a tabela referente ao calor específico dos metais já conhecidos. Veja abaixo [3].

MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO (cal/g.°C)
Acetona	0,52
Areia	0,2
Água	1
Cobre	0,09
Etanol	0,59
Ferro	0,11
Ouro	0,03
Prata	0,05
Alumínio	0,22

Pode-se perceber que o metal que mais se aproxima do valor encontrado será o Ferro, com o Calor específico de 0,11 cal/g \* °C.

## 8. Conclusão

O experimento realizado teve como objetivo determinar o calor específico de um cilindro metálico, sendo essa uma importante grandeza física para entender o comportamento de materiais quando expostos a uma fonte de calor. Para isso, foram utilizados diversos materiais e equipamentos, tais como béquer, aquecedor, termômetro digital, cronômetro, balança, água, cilindro metálico e computador. A partir dos dados coletados e utilizando as fórmulas e métodos apresentados, foram calculados os valores médios e incertezas do experimento.

A partir desses resultados, foi possível estimar o calor específico do cilindro metálico sendo: **(0,13 ± 0,01) cal/g \* °C**. O experimento permitiu ainda a aquisição de conhecimentos e habilidades práticas no uso de instrumentos digitais e analógicos, bem como no cálculo de incertezas e na propagação de erros.

O Erro Absoluto com relação ao Calor Específico do Ferro e com o Calor Específico do Metal usado no experimento será de: **0,13 – 0,11 = 0,02**. E o Erro Relativo será de  $\frac{0,02}{0,11} \times 100\% = 18,18\%$ .

É importante ressaltar que o conhecimento sobre o calor específico pode contribuir para uma melhor compreensão de diversos fenômenos

do cotidiano, além de ter aplicação em diversas áreas como a engenharia e a física. A precisão dos resultados obtidos no experimento depende da precisão dos equipamentos e do rigor na coleta de dados, bem como da análise correta das incertezas.

## 9. Referências

[1] Júnior, Joab Silas da Silva. "O que é calor específico?"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-calor-especifico.htm>. Acesso em 29 de abril de 2023.

[2] Propagação de Incerteza, disponível em: [https://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/guias/roteiro\\_incertezas\\_2015.pdf](https://www.fep.if.usp.br/~fisfoto/guias/roteiro_incertezas_2015.pdf), acesso em 17/02/2023.

[3] Tabela de Calor Específico de Metais, disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/calor-especifico.htm>, acesso em 08/05/2023.