

Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia  
do Rio Grande do Sul  
Campus Vacaria

Gabriel Toledo de Oliveira  
João Gabriel Manetti Fortes  
Jorge Eduardo de Abreu Varella Ribeiro  
Leonardo Rodrigues de Aguiar  
Vinícius Maso Basso

Vacaria 2021

**CARACTERIZAÇÃO DE UM CALORÍMETRO PARA USO DIDÁTICO NO ENSINO  
MÉDIO UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO**

Projeto de pesquisa desenvolvido no  
componente curricular Projeto de Formação e  
Integração do curso Técnico em Multimídia  
(Modalidade Integrado) do Instituto Federal do Rio  
Grande do Sul – Campus Vacaria sob orientação do  
Professor Ramón Ferreira de Jesus.

Vacaria  
2021

## SUMÁRIO

<b>1. Tema:</b>	<b>3</b>
<b>2. Delimitação do Tema:</b>	<b>4</b>
<b>3. Problema:</b>	<b>4</b>
<b>4. Objetivos:</b>	<b>4</b>
<b>4.1. Objetivo geral:</b>	<b>4</b>
<b>4.2. Objetivos Específicos:</b>	<b>4</b>
<b>5. Justificativa:</b>	<b>5</b>
<b>6. Materiais e Métodos:</b>	<b>6</b>
<b>7. Resultados obtidos:</b>	<b>9</b>
<b>7.1. Experimento I: Experimento com Água</b>	<b>9</b>
<b>7.2 Experimento II: Experimento com Alumínio</b>	<b>15</b>
<b>8. Cronograma</b>	<b>18</b>
<b>9. Referências:</b>	<b>19</b>

**1. Tema:**

Caracterização de um calorímetro para uso didático no Ensino Médio utilizando a plataforma Arduino.

**2. Delimitação do Tema:**

Caracterizar o calorímetro por meio da determinação da constante do calorímetro e de calores específicos de diferentes substâncias por meio de experimentos.

**3. Problema:**

Como mensurar grandezas térmicas fazendo o uso da plataforma Arduino por meio de um calorímetro?

**4. Objetivos:****4.1. Objetivo geral:**

Utilizar o calorímetro para o estudo das trocas de calor em aulas experimentais.

**4.2. Objetivos Específicos:**

4.2.1. Ampliar os conhecimentos sobre o funcionamento do calorímetro;

4.2.2. Relacionar os temas trabalhados no componente curricular de Física com experimentos práticos feitos na plataforma Arduino;

4.2.3. Entender a física envolvida nas trocas de calor por meio de experimentos de Calorimetria utilizando as placas Arduino;

4.2.4. Mensurar grandezas vistas na Termonologia com aquisição de dados via plataforma Arduino por meio de experimentos.

## **5. Justificativa:**

Nas últimas décadas, áreas voltadas à informática têm apresentado um grande avanço tecnológico. Com esses avanços surgiram os chamados microcontroladores. Esses são dispositivos eletrônicos que misturam Software, responsável pela parte do controle, e Hardware, parte física do sistema, que é composto pela memória, o circuito integrado (CI), etc [1]. Por meio de uma linguagem de programação, é possível criar funções e/ou rotinas para finalidades específicas. Os microcontroladores estão presentes em muitas situações no cotidiano como, por exemplo, nos telefones, em roteadores de internet presentes nas casas, etc.

Um dos microcontroladores mais abundante no mercado é o Arduino [2,3]. Muitas são as vantagens de se utilizar esse tipo de plataforma, tais como, acessibilidade financeira, já que possui um baixo custo, compatibilidade com diversos sistemas operacionais, já que funciona no Windows, Linux, por ser uma plataforma *Open Source*, pode-se desenvolver, baseando-se na linguagem de programação C/C++, diversos algoritmos para variadas aplicações, dentre elas, automação em sistemas agrícolas [4-6], automação em sistemas residenciais [7], etc.

Em muitas situações, a contextualização de certos temas da física em sala de aula requerem muita abstração por parte do discente. Portanto, aulas experimentais são de fundamental importância para o processo ensino-aprendizagem [8,9], já que, através dessas, o discente pode reproduzir situações vistas em teoria em sala, observar as discrepâncias presentes entre o comportamento real e o comportamento ideal, melhorar o raciocínio lógico fazendo uso do método científico, etc. Em outras palavras, a prática experimental é importante para ajudar na compreensão do cotidiano e na formação do cidadão. Uma ferramenta poderosa que pode ser utilizada em aulas experimentais é o Arduino, já que, por meio de uma aquisição de dados, por exemplo, o discente pode observar a execução de uma medida em tempo real no estudo de um determinado sistema, tais como, o movimento retilíneo uniforme e o movimento retilíneo uniformemente variado de um corpo, a lei do resfriamento de Newton, a medição da temperatura de equilíbrio em uma troca de calor, a medição da temperatura em um ambiente, curvas de carga e descarga de capacitores [10-11], estimar se reações químicas são endotérmicas ou exotérmicas,

etc. Em outras palavras, fazendo uso de um Arduino, é possível mensurar diversas grandezas físicas, por exemplo, corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica, que são utilizadas na eletrodinâmica; posição, tempo, velocidade, que utilizadas na cinemática, temperatura, utilizada na termologia e termodinâmica, dentre outras.

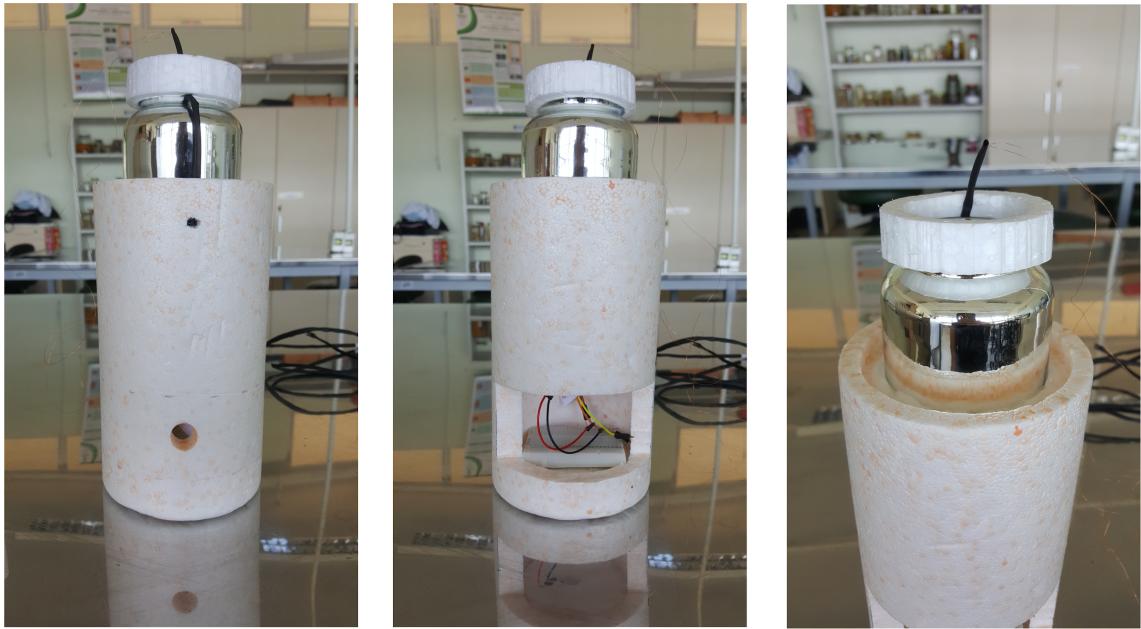
No estudo da calorimetria um instrumento muito importante e muito utilizado é o calorímetro. Esse é um instrumento termicamente isolado, cuja finalidade é o estudo das trocas de calor entre dois ou mais corpos ou substâncias. No ano de 2019, um calorímetro foi desenvolvido. Por outro lado, esse ainda não foi caracterizado. Portanto, este trabalho tem como objetivo a caracterização de um calorímetro para o uso didático. Será utilizado a plataforma Arduino para a aquisição de dados.

## **6. Materiais e Métodos:**

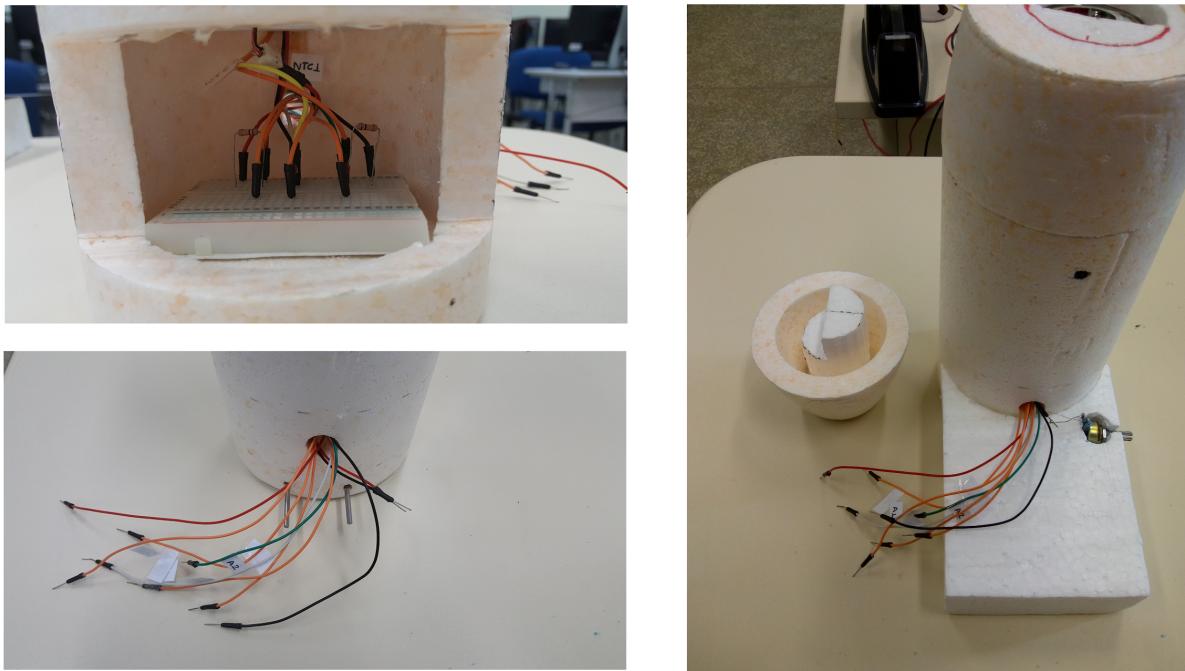
O projeto será realizado no Laboratório de Ciências do Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Vacaria.

Durante o ano de 2019, os componentes do grupo se reuniram semanalmente para fins de estudo e desenvolvimento do projeto. Materiais básicos foram utilizados no decorrer do projeto, tais como, isopor, uma ampola térmica obtida no site da Tramontina, fios de cobre e um motor DC. Também foram utilizados componentes eletrônicos, tais como, resistores, *jumpers*, um Arduino Due, dois sensores de temperatura.

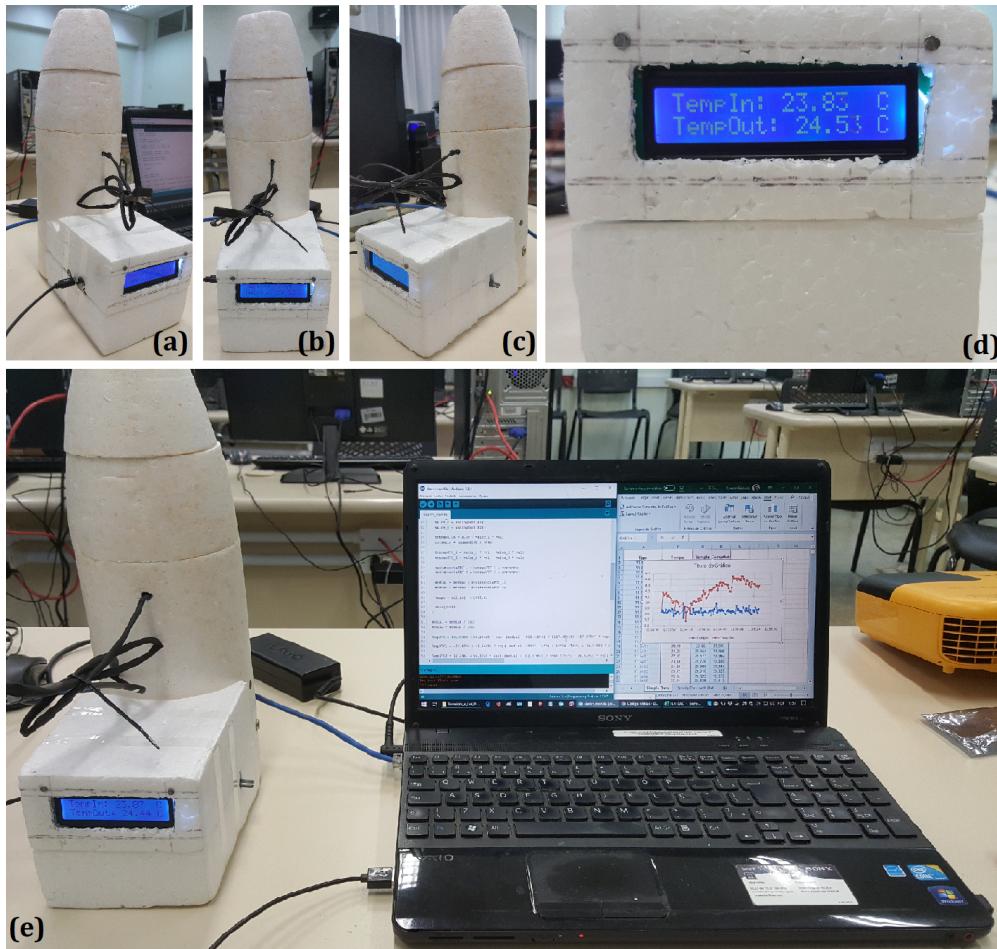
As figuras 1 e 2 mostram o processo de construção do Calorímetro. Os materiais utilizados podem ser vistos. A figura 3 apresenta a versão final do calorímetro. Nessa figura, pode ser visto a medida da temperatura fazendo uso do *Parallax Data Acquisition*, que é uma extensão para o Microsoft Excel [12], para aquisição dos dados em tempo real.



**Figura 1:** Frente e lateral do cilindro de isopor e fio de cobre com o sensor NTC10K que foi adicionado dentro da ampola.



**Figura 2:** Montagem do circuito e da protoboard dentro do cilindro de isopor.



**Figura 3:** Imagens Calorímetro; Display LCD; Códigos e Gráficos de Capacidade Térmica.

Para a realização do projeto, os materiais utilizados são: calorímetro, que está presente na figura 3 acima, água, acetona, alumínio sólido e um simulador *online*.

A execução do projeto requer o uso de um laboratório. Porém, devido à pandemia, não tem sido possível executar os experimentos necessários. Portanto, optou-se por utilizar um simulador *online* [13], o qual está disponível no site da Universidade de Oregon [14]. Esse foi utilizado apenas como treinamento. Ou seja, apenas para que se treine e tenha conhecimento dos passos, que são realizados, em um experimento com um determinado calorímetro.

Antes de se utilizar um Calorímetro, é necessário ter conhecimento da Capacidade Térmica dele. Para a obtenção dessa grandeza será utilizado o Método de Mistura. Nesse método uma quantidade de água com uma determinada massa  $m_A$  e uma temperatura  $T_{0'}$  conhecidas será

adicionada ao calorímetro. Com a medida da temperatura em tempo real, a temperatura (inicial) de equilíbrio térmico,  $T_0$ , será obtida. Em seguida, uma determinada massa de água ‘ $m$ ’ será colocada sobre um aquecedor a uma temperatura  $T$ . Após esse procedimento, essa quantidade de água será adicionada àquela já presente no Calorímetro. Após um intervalo de tempo, uma nova temperatura (final) de equilíbrio térmico,  $T$ , será obtida. Com todos parâmetros introduzidos na equação das Trocas de Calor (as massas de água, calor específico da água, temperatura inicial de equilíbrio e a temperatura final de equilíbrio), a Capacidade Térmica do Calorímetro ( $C$ ) será mensurada.

Conhecendo a Capacidade Térmica  $C$  do Calorímetro, poderá-se estimar o calor específico  $c$  de alguns materiais, tais como, alumínio e acetona. O procedimento será semelhante ao descrito no parágrafo acima no método de misturas. Porém, ao invés de aquecer uma quantidade de água, uma quantidade de massa de alumínio fixa, em diversas temperaturas, será adicionada ao Calorímetro já em equilíbrio térmico com uma massa de água previamente adicionada. Uma nova temperatura de equilíbrio térmico será mensurada. Com todos esses parâmetros introduzidos na equação das Trocas de Calor, o calor específico do alumínio ( $c_{\text{alumínio}}$ ) será mensurado e comparado com resultados já presentes na literatura e com o resultado obtido por meio do simulador *online*. O mesmo procedimento será realizado com a acetona.

## 7. Resultados obtidos:

Os experimentos realizados no simulador *online* foram divididos em duas etapas: Experimento I e Experimento II. Estes estão listados abaixo.

### **7.1. Experimento I: Experimento com Água**

Como em qualquer experimento, o Calorímetro também participa das trocas de calor. Portanto, é necessário medir a Capacidade Térmica do Calorímetro  $C$  (ou Constante do Calorímetro). Esta parte foi realizada em duas etapas.

#### **7.1.1. Etapa I**

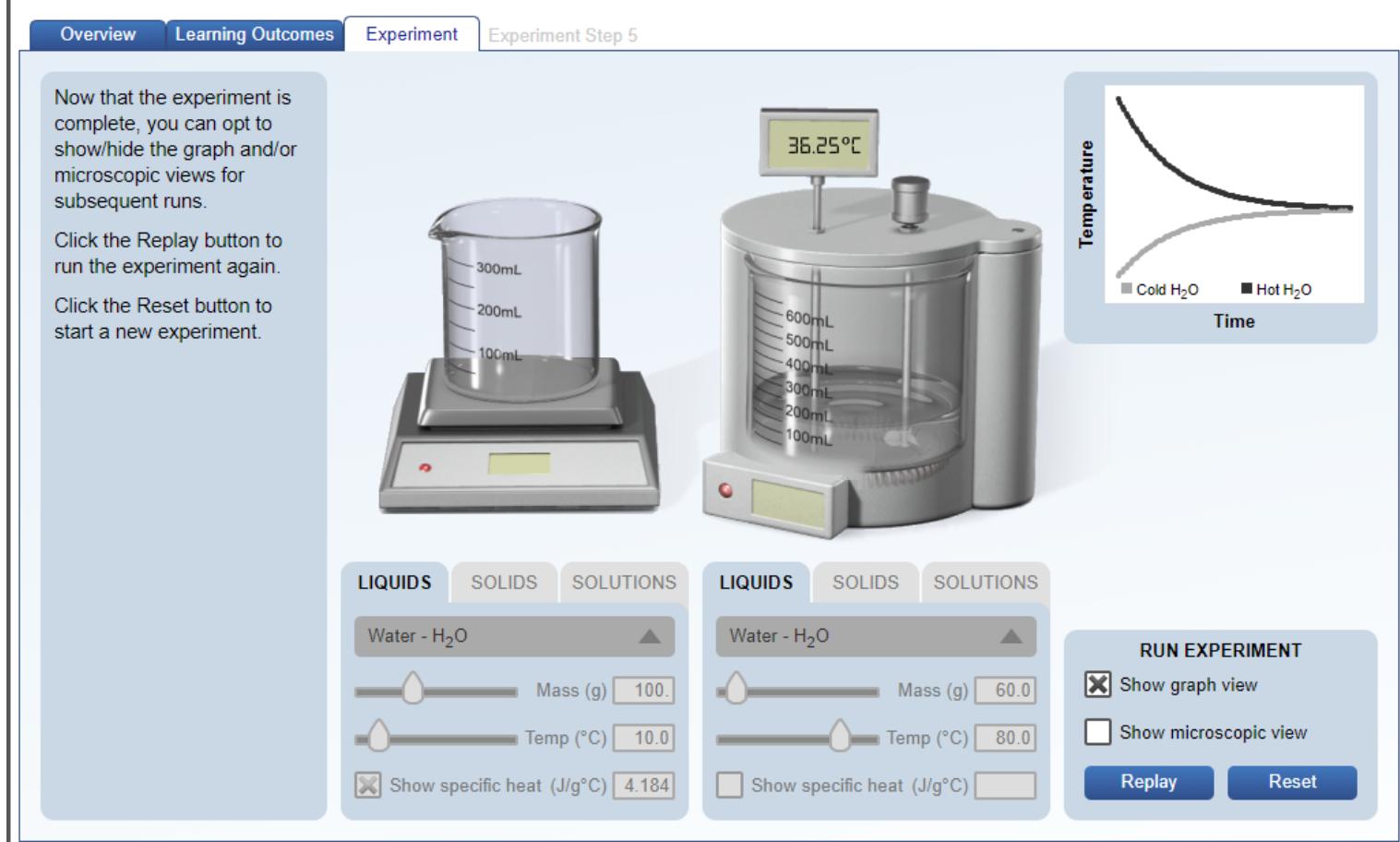
Nesta etapa, os procedimentos foram realizados quatro vezes. Em todos, as massas de água iniciais foram as mesmas. Porém, as temperaturas iniciais diferiam. Tanto as temperaturas das massas de água presentes no calorímetro quanto as massas foram mantidas constantes.

Esses dados estão presentes na tabela 1.

**Tabela 1:** Dados utilizados para a determinação da Capacidade Térmica do Calorímetro.

Massa de Água Inicial (g)	Temp. da Água Inicial $T_0$ (°C)	Massa de Água Calorímetro (g)	Temp. da Água Inicial no Calorímetro $T_{0'}$ (°C)	Temperatura Final de Equilíbrio $T_f$ (°C)
100	10	60	80	36.25
100	30	60	80	48.75
100	50	60	80	61.25
100	70	60	80	73.75

A Figura 4 apresenta o simulador *online* que foi utilizado [13]. Nela, à esquerda, pode ser vista uma balança, cuja função é medir a massa de um determinado corpo ou substância. A temperatura inicial desse corpo ou dessa substância também pode ser selecionada. À direita da balança, pode ser visto o Calorímetro, o qual possui um termômetro, cuja função é medir a temperatura em função do tempo até atingir o equilíbrio. Tanto a massa do corpo ou substância quanto a temperatura desse pode ser selecionada. À direita do Calorímetro pode ser observado o comportamento das temperaturas das duas massas de água após a mistura dentro do calorímetro em função do tempo para os dados presentes na primeira linha da tabela 1. A linha em preto representa a massa de água com maior temperatura e a linha cinza a massa de água com menor temperatura.



**Figura 4:** Simulador *online* utilizado para a realização do experimento [13]. Os dados presentes na imagem acima são aqueles presentes na linha 1 da tabela 1.

Fazendo o uso da Equação das Trocas de Calor ( $Q_{m_A} + Q_{calorímetro} + Q_{m_B} = 0$ ), é possível obter a Capacidade Térmica do Calorímetro, como é mostrado abaixo. Os dados presentes abaixo são referentes à primeira linha da tabela 1.

$$Q_{m_A} + Q_{calorímetro} + Q_{m_B} = 0$$

$$m_A \cdot c_{Água} \cdot (T_f - T_0) + C_{calorímetro} \cdot (T_f - T_{0'}) + m_B \cdot c_{Água} \cdot (T_f - T_{0'}) = 0$$

$$100 \cdot 1 \cdot (48,75 - 30) + C_{calorímetro} \cdot (48,75 - 80) + 60 \cdot 1 \cdot (48,75 - 80) = 0$$

$$100 \cdot 18,75 + C_{calorímetro} \cdot (-31,25) + 60 \cdot (-31,25) = 0$$

$$1875 + (-31,25C_{calorímetro}) + (-1875) = 0$$

$$-31,25C_{calorímetro} = 1875 - 1875$$

$$C_{calorímetro} = \frac{0}{-31,25}$$

$$C_{calorímetro} = 0$$

As Capacidades Térmicas do Calorímetro, mostradas na tabela 2 abaixo, foram obtidas fazendo o uso da Equação das Trocas de Calor. O procedimento foi semelhante ao mostrado no cálculo acima.

**Tabela 2:** Capacidade Térmica do Calorímetro.

Capacidade Térmica do Calorímetro (cal/°C)
0.00
0.00
0.00
0.00

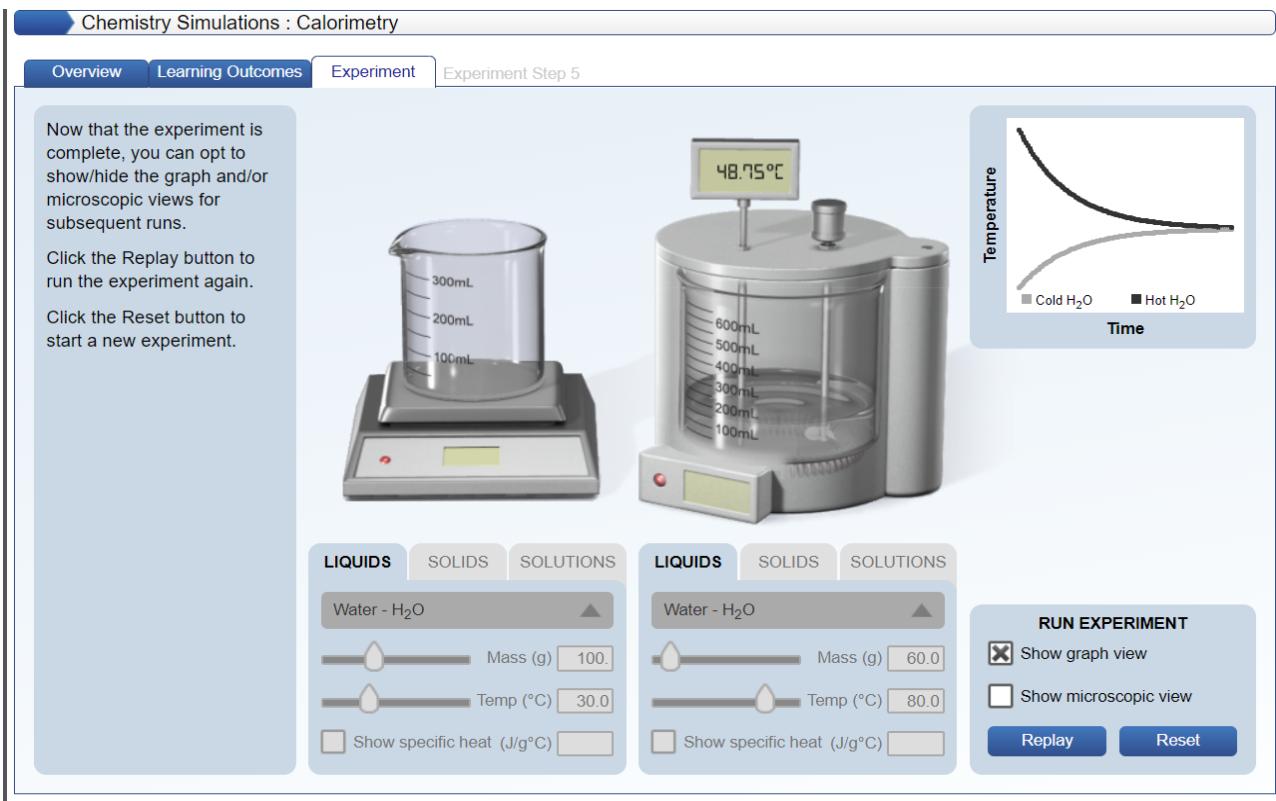
### **7.1.2. Etapa II**

Na segunda etapa, os procedimentos foram realizados quatro vezes. Neste caso, as massas iniciais de água diferiam. Porém, as temperaturas iniciais foram mantidas fixas. De modo semelhante a etapa anterior, Etapa I, tanto as temperaturas das massas d' água presentes no calorímetro quanto as massas foram mantidas constantes.

Esses dados estão presentes na tabela 3.

**Tabela 3:** Dados utilizados para a determinação da Capacidade Térmica do Calorímetro.

<b>Massa de Água Inicial (g)</b>	<b>Temp. da Água Inicial <math>T_0</math> (°C)</b>	<b>Massa de Água Calorímetro (g)</b>	<b>Temp. da Água Inicial no Calorímetro <math>T_{0'}</math> (°C)</b>	<b>Temperatura Final de Equilíbrio <math>T_f</math> (°C)</b>
100	30	60	80	48.75
80	30	60	80	51.43
70	30	60	80	53.08
60	30	60	80	55.00



**Figura 5:** Simulador *online* utilizado para a realização do experimento [13]. Os dados presentes na imagem acima são aqueles presentes na linha 1 da tabela 3.

Fazendo o uso da Equação das Trocas de Calor ( $Q_{m_A} + Q_{calorímetro} + Q_{m_B} = 0$ ), é possível obter a Capacidade Térmica do Calorímetro, como é mostrado abaixo. Os dados presentes abaixo são referentes à primeira linha da tabela 3.

$$Q_{m_A} + Q_{calorímetro} + Q_{m_B} = 0$$

$$m_A \cdot c_{Água} \cdot (T_f - T_0) + C_{calorímetro} \cdot (T_f - T_{0'}) + m_B \cdot c_{Água} \cdot (T_f - T_{0'}) = 0$$

$$100 \cdot 1 \cdot (48,75 - 30) + C_{calorímetro} \cdot (48,75 - 80) + 60 \cdot 1 \cdot (48,75 - 80) = 0$$

$$100 \cdot 18,75 + C_{calorímetro} \cdot (-31,25) + 60 \cdot (-31,25) = 0$$

$$1875 + (-31,25C_{calorímetro}) + (-1875) = 0$$

$$- 31,25C_{calorímetro} = 1875 - 1875$$

$$C_{calorímetro} = \frac{0}{-31,25}$$

$$C_{calorímetro} = 0$$

**Tabela 4:** Capacidade Térmica do Calorímetro.

Capacidade Térmica do Calorímetro (cal/°C)
0
0.007
0.014
0

O segundo e o terceiro dado presente na tabela 4 são diferentes de zero. Isso pode ser explicado devido à utilização de apenas duas casas decimais no termômetro do calorímetro.

Os resultados presentes na tabela 2 e na tabela 4 sugerem que o calorímetro do simulador é um calorímetro ideal. Ou seja, não participa das trocas de calor. Portanto, a equação das Trocas de Calor seria:

$$Q_{m_A} + Q_{calorímetro} + Q_{m_B} = 0$$

$$Q_{m_A} + C_{calorímetro} \cdot \Delta T + Q_{m_B} = 0$$

$$Q_{m_A} + 0 \cdot \Delta T + Q_{m_B} = 0$$

$$Q_{m_A} + Q_{m_B} = 0$$

## **7.2 Experimento II: Experimento com Alumínio**

O experimento II busca, através dos dados encontrados no experimento I, obter o calor específico do alumínio. Os procedimentos foram realizados quatro vezes. Em todos, as massas de alumínio iniciais foram as mesmas. Porém, suas temperaturas iniciais variaram. As massas de água presentes no interior do calorímetro foram mantidas constantes, assim como as suas temperaturas.

**Tabela 5:** Dados utilizados para a determinação do Calor Específico do Alumínio.

<b>Massa de Alumínio (g)</b>	<b>Temp. do Alumínio Inicial <math>T_0</math> (°C)</b>	<b>Massa de Água Calorímetro (g)</b>	<b>Temp. da Água Inicial no Calorímetro <math>T_{0'}</math> (°C)</b>	<b>Temperatura Final de Equilíbrio <math>T_f</math> (°C)</b>
18,5	30	50	20	20.74
18,5	60	50	20	22.96
18,5	90	50	20	25.18
18,5	120	50	20	27.39



**Figura 6:** Simulador *online* utilizado para a realização do experimento [13]. Os dados presentes na imagem acima são aqueles presentes na linha 1 da tabela 5.

Fazendo o uso da Equação das Trocas de Calor ( $Q_{m_A} + Q_{calorímetro} + Q_{m_B} = 0$ ), é possível obter a Capacidade Térmica do Calorímetro, como é mostrado abaixo. Os dados presentes abaixo são referentes à primeira linha da tabela 3.

$$m_{Alumínio} \cdot c_{Alumínio} \cdot (T_f - T_{0Alumínio}) + C_{calorímetro} \cdot (T_f - T_0) + m_B \cdot c_{Água} \cdot (T_f - T_{0'}) = 0$$

$$18,5 \cdot c_{Alumínio} \cdot (20,74 - 30) + 0 \cdot (20,74 - 20) + 50 \cdot 1 \cdot (20,74 - 20) = 0$$

$$18,5c_{Alumínio} \cdot (-9,26) + 0 \cdot 0,74 + 50 \cdot 0,74 = 0$$

$$-171,31c_{Alumínio} + 0 + 37 = 0$$

$$-171,31c_{Alumínio} + 37 = 0$$

$$-171,31c_{Alumínio} = -37.$$

$$c_{Alumínio} = \frac{-37}{-171,31}$$

$$c_{Alumínio} = 0,21 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

**Tabela 6:** Calor Específico do Alumínio.

Calor Específico do Alumínio (cal/g. $^{\circ}$ C)
0.21
0.21
0.21
0.21

Uma caloria equivale a:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

Os dados presentes na tabela 6 em  $\text{J/g} \cdot {}^{\circ}\text{C}$  são, aproximadamente:

**Tabela 7:** Calor Específico do Alumínio.

Calor Específico do Alumínio (J/g. $^{\circ}$ C)
0.88
0.88
0.88
0.88

Os resultados obtidos para o calor específico presente na tabela 7 acima estão de acordo com o valor presente na literatura [15].

## **8. Resultados Parciais**

Como pode ser visto, a Capacidade Térmica do Calorímetro é zero. Isso sugere que o Calorímetro presente no simulador online é um Calorímetro Ideal. Ou seja, ele não participa das trocas de calor. Isso pode ser observado com base na equação das trocas de calor.

Os resultados obtidos dos calores específicos para o alumínio estão de acordo com aqueles presentes na literatura.

Como o Calorímetro presente na Figura 3 é um Calorímetro real, ele irá participar nas trocas de calor. Portanto, a capacidade térmica dele deve ser maior que zero.

## **9. Cronograma**

1. – Medidas elétricas para observar o efeito do isolamento;
2. – Obtenção da Capacidade Térmica do calorímetro por meio do método de misturas no experimento;
3. – Obtenção do calor específico de materiais, tais como, cobre, alumínio e latão no experimento;
4. – Obtenção da entalpia em reações químicas;
5. – Análise dos dados obtidos;
6. – Comparação desses resultados com aqueles presentes na literatura científica;
7. – Finalização do Projeto;
8. – Entrega da versão final;

## **10. Referências:**

- [1] Eletronicaprogressiva.net. (2019) *Microcontroladores - O que são, Para Que Servem e Onde São Usados*. [online] Disponível em:  
[www.eletronicaprogressiva.net/2014/08/Microcontroladores-O-que-sao-Para-que-servem  
Onde-sao-usados.html](http://www.eletronicaprogressiva.net/2014/08/Microcontroladores-O-que-sao-Para-que-servem-Onde-sao-usados.html) Acesso em 5 de maio de 2019.
- [2] Arduino.cc. (2019) *Arduino - ArduinoDue* . [online] Disponível em:  
[wwwarduino.cc/en/Guide/ArduinoDue](http://wwwarduino.cc/en/Guide/ArduinoDue) > Acesso em 5 de maio de 2019.
- [3] Mota, A. (2019). *O que é Arduino? | Entenda o que é e como funciona | Portal VDS* . [online] Portal Vida de Silício. Disponível em: [portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/](http://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/) Acesso em 5 maio de 2019.
- [4] REIS, J. S. Sistema de Controle Aplicado à Automação de Irrigação Agrícola. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial). UTFPR. 2015.
- [5] PEREIRA. C. C. MEIRELES. G. C. S. SANTOS. R. B. Sistema de Irrigação Automatizado Utilizando Arduino Uno. Instituto Federal da Bahia - Campus Simões Filho.
- [6] GUIMARÃES, V. G. BAUCHSPIESS, A. Automação e monitoramento remoto de sistemas de irrigação visando a agricultura familiar. Trabalho de Graduação (Engenharia de Controle e Automação). Universidade da Bahia. 2011.
- [7] CAMPOS, R. A. F. Automação Residencial Utilizando Arduino e Aplicação Web. Monografia (Engenharia de Computação). Centro Universitário de Brasília - UniCEUB. 2014.
- [8] ALVES, V. C. SATCHAK, M. A Importância de Aulas Experimentais no Processo Ensino

- Aprendizagem em Física: "Eletricidade". XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE – Presidente Prudente / SP. Acessado em 6 maio de 2019.
- [9] GRASSELLI, E. C. GARDELLI, D. O Ensino de Física pela Experimentação no Ensino Médio: da teoria à prática. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE. Artigos. 2014. Vol. 1. Versão Online ISBN 978-85-8015-080-3
- [10] MOURÃO, O. S. Uso da Plataforma Arduino como uma Ferramenta Motivacional para a Aprendizagem de Física. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Campus Sobral, 2017.
- [11] MARTINAZZO, C. A; TRENTIN, D. S; FERRARI, D; PIAIA, M. M. Arduino: Uma Tecnologia no Ensino de Física. PERSPECTIVA, Erechim. v. 38, n.143, p. 21-30, setembro/2014
- [12] Tudo Excel. (2019) *Saiba o que é o Microsoft Excel* . [online] Disponível em: <[www.tudoexcel.com.br/planilhas/saiba-o-que-e-o-microsoft-excel-2918.html](http://www.tudoexcel.com.br/planilhas/saiba-o-que-e-o-microsoft-excel-2918.html)> Acesso em 5 maio 2019.
- [13] Chemistry Simulations: Calorimetry [online] Disponível em: <[https://media.pearsoncmg.com/bc/bc\\_0media\\_chem/chem\\_sim/calorimetry/Calor.php](https://media.pearsoncmg.com/bc/bc_0media_chem/chem_sim/calorimetry/Calor.php)> Acesso em 15 abril de 2021.
- [14] Chemdemos: Calorimetry [online] Disponível em: <[chemdemos.uoregon.edu/demos/Calorimetry-Computer-Simulation-NEW-html5-version#](http://chemdemos.uoregon.edu/demos/Calorimetry-Computer-Simulation-NEW-html5-version#)> Acesso em 15 abril de 2021.
- [15] Heat Capacity and Specific Heat. [online] Disponível em: <<https://chem.libretexts.org/@go/page/53872>> Acesso em 22 de abril de 2021.