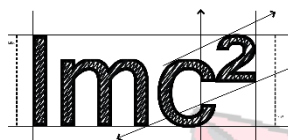




UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto



Laboratório de
Materiais de
Construção Civil



PROTOCOLO RECICLOS #4

DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO

Autora: Júlia Castro Mendes



RECICLOS

Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos

Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos

Fevereiro de 2015

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este ensaio visa determinar o calor específico de um material através do calorímetro RECICLOS.



Figura 1 – Calorímetro RECICLOS

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Assumindo o calorímetro como um sistema isolado, chamando de Q a quantidade de calor, temos que todo o calor fornecido dentro do sistema é absorvido dentro do sistema:

$$\begin{aligned} Q_{\text{fornecido}} &= Q_{\text{absorvido}} \\ (m c \Delta t)_{\text{fornecido}} &= (m c \Delta t)_{\text{absorvido}} \end{aligned}$$

Assim, considerando-se que a amostra estará fornecendo o calor à água que se encontra dentro do calorímetro, podemos dizer:

$$m_{\text{amostra}} c_{\text{amostra}} (t_f - t_{0,\text{amostra}}) = m_{\text{água}} c_{\text{água}} (t_f - t_{0,\text{água}})$$

Sabemos a massa da água e da amostra (através da balança), a temperatura inicial da amostra (definida na estufa) e da água (obtida através do termopar mergulhado). Assim:

$$c_{\text{amostra}} = \frac{m_{\text{água}} c_{\text{água}} (t_f - t_{0,\text{água}})}{m_{\text{amostra}} (t_{0,\text{amostra}} - t_f)}$$

3. EQUIPAMENTOS

- Calorímetro RECICLOS;
- 1 Termopar;
- Aquisitor de Dados do Termopar;
- Computador;
- Água destilada (em proporção ao número de amostras);
- Bandejas metálicas;
- Balança;

4. PREPAÇÃO DO MATERIAL

1. Limpar as amostras de modo a remover impurezas, material pulverulento e contaminação.
2. Pese as amostras ($m_{amostra}$).
3. Manter a amostra em estufa exclusiva, sem abrir, a uma temperatura fixa pré-definida ($\geq 80^{\circ}\text{C}$) por 24h.
4. Ressalta-se a importância de **Não abrir a estufa nesse período**. A amostra deve estar, ao final do período, homogeneamente à temperatura definida.

Obs. A água destilada demora algumas horas para ficar pronta. Preferencialmente deixar fazendo de véspera.

5. METODOLOGIA

5.1. Software

1. Instale o Software HOBOWare normalmente.
2. Ao abrir, será perguntado se você deseja atualizar o software. **NÃO ATUALIZE O SOFTWARE**.
3. Iniciar o assistente de configurações. Configure o Sistema de Unidades para SI.
4. Conecte o Aquisitor de dados no USB.
5. Inicie e pare o ensaio nos botões do canto superior esquerdo.

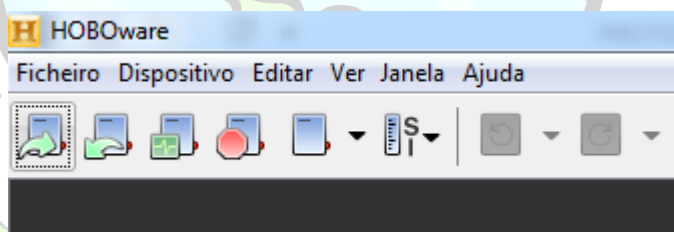


Figura 2 - Botões "Lançar", "Ler", "Estado" e "Parar".

6. O botão "Estado do Dispositivo" mostra a temperatura atual lida. O botão "Ler Dispositivo" e "Parar Dispositivo" iniciam e terminam a aquisição de dados.

5.2. Procedimento

Primeiramente, tare a balança com o peso da caixa de isopor (sem tampa).

Insira água destilada até $\frac{3}{4}$ da altura (a água deve tapar completamente a amostra, mas sem escorrer para fora da caixinha após a amostra ser inserida) como mostrado na Figura 1.

Pese a caixa + água. Você agora tem $m_{\text{água}}$ (em g).

Anote a temperatura inicial da água ($t_{0,\text{água}}$).

Inicie o processo de aquisição de dados.

Anote a temperatura da estufa ($t_{0,\text{amostra}}$). Rapidamente, retire da estufa apenas a amostra que será medida. Evite deixar a porta da estufa aberta por muito tempo. É importante que a temperatura das amostras restantes não se altere.

Coloque imediatamente a amostra, cuja massa você já sabe, na caixinha, submersa, e feche a tampa. A amostra não deve tocar no termopar.

Agora aguarde a temperatura da água estabilizar. Para homogeneizar, você pode dar batidinhas bem leves no isopor. (Cuidado! Bater com força pode causar flutuação da temperatura!). Quando a temperatura

parar de subir por aproximadamente 20s, ou começar a cair, pode parar o teste, pois essa é a temperatura final (t_f). Esse processo geralmente leva cerca de 3 minutos.

Encerre a aquisição de dados.

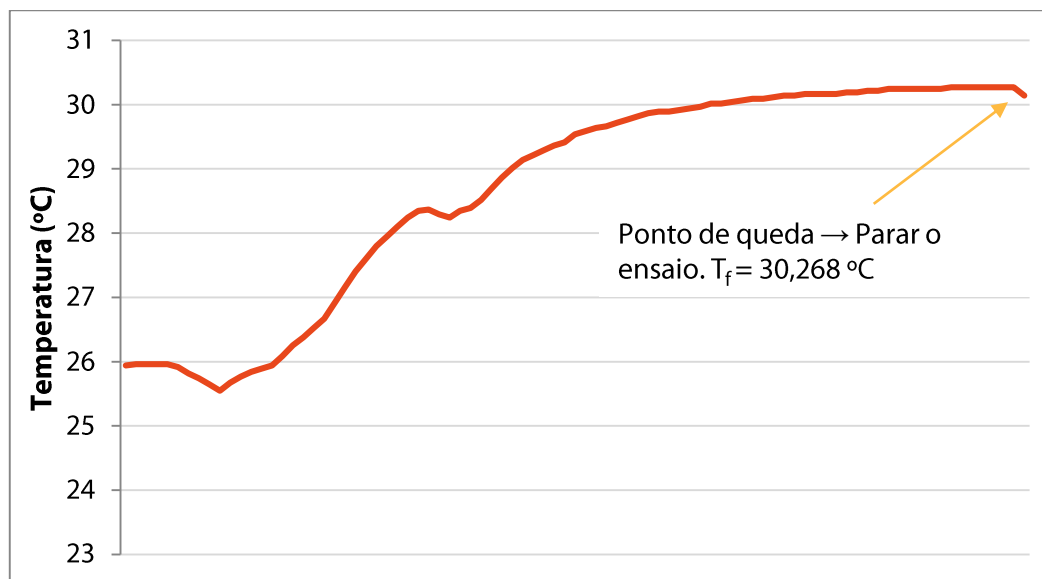


Figura 3 – Gráfico típico de temperatura da água após inserção da amostra

Obs. Se a parte final do gráfico ficar ondulada, você está batendo com muita força.

5.3. Cálculo do calor específico

Importante: os valores de $c_{\text{água}}$ são tabelados conforme a temperatura inicial da água, e conforme a unidade que você deseja obter. Tabela na seção 7. Anexo, ao final deste documento.

Calor Específico em Cal/g °C

$$c_{\text{amostra}} = \frac{m_{\text{água}} (g) c_{\text{água}} (\text{cal/g } ^\circ\text{C}) (t_f - t_{0,\text{água}}) (^\circ\text{C})}{m_{\text{amostra}} (g) (t_{0,\text{amostra}} - t_f) (^\circ\text{C})}$$

Calor Específico em kJ/kg .K

$$c_{\text{amostra}} = \frac{m_{\text{água}} (g) c_{\text{água}} (\text{kJ/kg } .\text{K}) (t_f - t_{0,\text{água}}) (^\circ\text{C})}{m_{\text{amostra}} (g) (t_{0,\text{amostra}} - t_f) (^\circ\text{C})}$$

5.4. Exemplo de tabela pronta

	Água				Bloco						
	Massa (g)	Cp (cal/g°C)	Cp (kJ/kg.K)	Ti (°C)	Massa (g)	Ti (°C)	Tf (°C)	Cp (cal/g°C)	Cp (kJ/kg.K)	Cp _{Medio} (cal/g°C)	Cp _{Medio} (kJ/kg.K)
NAT1	268.3	1.0	4.184	24.7	56.4	105.6	28.2	0.22	0.90	0.23	0.96
NAT2	279	1.0	4.184	25.94	73.7	101.1	30.27	0.23	0.97		
NAT3	259	1.0	4.184	25.89	79.7	99.7	31.02	0.24	1.02		
PIR1	279.6	1.0	4.184	25.96	96.6	102.1	30.98	0.20	0.85	0.21	0.90
PIR2	264.7	1.0	4.184	25.38	79.3	101.7	30.19	0.22	0.94		
PIR3	304	1.0	4.184	25.47	55.8	101.6	28.34	0.21	0.89		
JM1	264.4	1.0	4.184	25.3	77.5	101.5	30.16	0.23	0.97	0.24	1.02
JM2	273.5	1.0	4.184	25.04	60.8	101.8	28.99	0.24	1.02		
JM3	263	1.0	4.184	24.7	57.8	101.6	28.79	0.26	1.07		

6. REFERÊNCIAS

TA Instruments. THERMAL APPLICATIONS NOTE. Disponível em:
https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.tainstruments.com%2Flibrary_download.aspx%3Ffile%3DTN15.pdf&ei=v0nvVPXnJ63msASFklAw&usq=AFQjCNG-40oSj2T983ktgc9J-eNWfl6xIQ&sig2=FZ94vl82QHcE9Pz2BVvpBg&bvm=bv.86956481,d.cWc

RECICLOS

Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos

7. ANEXO

Tabela de Calor Específico da Água por faixa de temperatura.

Temperature			Temperature		
Specific Heat			Specific Heat		
°C	cal./g/°C	J/g/°C	°C	cal./g/°C	J/g/°C
0	1.00738	4.2177	29	0.99804	4.1786
1	1.00652	4.2141	30	0.99802	4.1785
2	1.00571	4.2107	31	0.99799	4.1784
3	1.00499	4.2077	32	0.99797	4.1783
4	1.00430	4.2048	33	0.99797	4.1783
5	1.00368	4.2022	34	0.99795	4.1782
6	1.00313	4.1999	35	0.99795	4.1782
7	1.00260	4.1977	36	0.99797	4.1783
8	1.00213	4.1957	37	0.99797	4.1783
9	1.00170	4.1939	38	0.99799	4.1784
10	1.00129	4.1922	39	0.99802	4.1785
11	1.00093	4.1907	40	0.99804	4.1786
12	1.00060	4.1893	41	0.99807	4.1787
13	1.00029	4.1880	42	0.99811	4.1789
14	1.00002	4.1869	43	0.99816	4.1791
15	0.99976	4.1858	44	0.99819	4.1792
16	0.99955	4.1849	45	0.99826	4.1795
17	0.99933	4.1840	46	0.99830	4.1797
18	0.99914	4.1832	47	0.99835	4.1799
19	0.99897	4.1825	48	0.99842	4.1802
20	0.99883	4.1819	49	0.99847	4.1804
21	0.99869	4.1813	50	0.99854	4.1807
22	0.99857	4.1808	51	0.99862	4.1810
23	0.99847	4.1804	52	0.99871	4.1814
24	0.99838	4.1800	53	0.99878	4.1817
25	0.99828	4.1796	54	0.99885	4.1820
26	0.99821	4.1793	55	0.99895	4.1824
27	0.99814	4.1790	56	0.99905	4.1828
28	0.99809	4.1788	57	0.99914	4.1832



RECICLOS

Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos

Temperature			Temperature		
Specific Heat			Specific Heat		
°C	cal./g/°C	J/g/°C	°C	cal./g/°C	J/g/°C
58	0.99924	4.1836	79	1.00213	4.1957
59	0.99933	4.1840	80	1.00229	4.1964
60	0.99943	4.1844	81	1.00248	4.1972
61	0.99955	4.1849	82	1.00268	4.1980
62	0.99964	4.1853	83	1.00287	4.1988
63	0.99976	4.1858	84	1.00308	4.1997
64	0.99988	4.1863	85	1.00327	4.2005
65	1.00000	4.1868	86	1.00349	4.2014
66	1.00014	4.1874	87	1.00370	4.2023
67	1.00026	4.1879	88	1.00392	4.2032
68	1.00041	4.1885	89	1.00416	4.2042
69	1.00053	4.1890	90	1.00437	4.2051
70	1.00067	4.1896	91	1.00461	4.2061
71	1.00081	4.1902	92	1.00485	4.2071
72	1.00096	4.1908	93	1.00509	4.2081
73	1.00112	4.1915	94	1.00535	4.2092
74	1.00127	4.1921	95	1.00561	4.2103
75	1.00143	4.1928	96	1.00588	4.2114
76	1.00160	4.1935	97	1.00614	4.2125
77	1.00177	4.1942	98	1.00640	4.2136
78	1.00194	4.1949	99	1.00669	4.2148
			100	1.00697	4.2160



RECICLOS

Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos