

**Condutividade térmica e
calor específico**

Química – 12º Ano

Combustíveis, Energia e Ambiente
Actividades de Projecto Laboratorial

Abril 2018

Jorge R. Frade, Ana Teresa Paiva

Dep. Eng. Materiais e Cerâmica

Universidade de Aveiro

1. Objectivos

- Verificar diferenças de condutividade térmica de materiais e a sua relação com aplicações em que são necessários isolantes ou bons condutores de calor.
- Avaliar o calor específico de sólidos com base num método calorimétrico simples.
- Identificar os efeitos da condutividade térmica, calor específico e outros factores que influenciam a transferência de calor.
- Identificar e aplicar um método de calibração para medidas calorimétricas.

2. Fundamentos

A condutividade térmica é importantíssima na selecção de materiais para a construção civil e outras aplicações. Em muitas aplicações são necessários materiais isolantes, isto é, com baixa condutividade térmica, enquanto que noutras aplicações são necessários materiais com elevada condutividade térmica. Por exemplo, os materiais de convectores para aquecimento devem possuir elevada condutividade térmica. De igual modo, a condutividade térmica de alguns materiais para aplicações eléctricas ou electrónicas é essencial para dissipar o calor que se liberta por efeito de Joule. Os metais são os melhores condutores de calor, i.e., com mais elevada condutividade térmica e os polímeros os melhores isoladores (Tabela I). Além das diferenças relacionadas com a natureza dos materiais, a porosidade desempenha um papel essencial na condução térmica, sendo os bons isolantes materiais porosos.

Tabela I: Resumo de valores de condutividade térmica e calor específico de alguns materiais.

Materiais	k ($\text{J m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{°C}^{-1}$)	C_p ($\text{J g}^{-1} \text{°C}^{-1}$)
Aços	10-25	0.4-0.5
Níquel de elevada pureza	≈ 80	0.46
Alumínio de elevada pureza	≈ 200	0.96
Cobre de elevada pureza	≈ 400	0.39
Cerâmicos sem porosidade	1 a 3	0.5 a 1
Polietileno	≈ 0.027	2.3
Poliestireno	0.006 a 0.013	1.26
Bons isolantes (porosos)	$< 10^{-3}$	

O simples contacto com a pele permite a qualquer pessoa distinguir materiais de baixa e de elevada condutividade térmica. Por exemplo, a nossa pele detecta que um objecto se encontra a elevada temperatura nas seguintes condições:

- (i) Quando existe uma diferença de, pelo menos, alguns graus entre a temperatura do corpo humano (cerca de 36-37°C) e a temperatura do objecto;
- (ii) Quando a condutividade térmica do corpo é suficiente para transmitir o calor do objecto quente para o nosso corpo;
- (iii) Quando a quantidade de calor é suficiente para manter a temperatura do objecto elevada durante um intervalo de tempo suficiente.

A 1ª condição é mais ou menos óbvia. Quanto à importância da 2ª condição basta referir que, durante o Inverno, é necessário usar roupa de lã ou de outro tecido de baixa condutividade térmica, para impedir hipotermia. Finalmente, a 3ª condição é ilustrada com a utilização da folha de alumínio em culinária. Uma pessoa habituada a preparar assados sabe que pode retirar a folha de alumínio que cobre o assado, sem correr o risco de se queimar. Tal efeito deve-se à reduzida massa da folha de alumínio, a que corresponde uma quantidade de calor Q igualmente pequena, isto é:

$$Q = m C_p \Delta T, \quad (1)$$

sendo m a massa do objecto, C_p o seu calor específico e ΔT a variação de temperatura.

Estas condições são igualmente válidas para o contacto com objectos frios.

A Eq.1 pode ser usada para avaliar o calor específico. O método pode ser baseado na transferência de calor de um meio quente para um objecto mais frio, avaliando o calor transferido com base no decréscimo de temperatura desse meio quente. Por exemplo, a introdução de uma amostra de material granulado num recipiente contendo água quente permite avaliar o calor transferido da água para o material granulado. Em condições de bom isolamento térmico, o calor recebido pelo material deveria ser idêntico ao calor cedido pela água, isto é:

$$m_{mat} C_{p,mat} \Delta T_{mat} \approx - m_{água} C_{p,água} \Delta T_{água} \quad (2)$$

sendo m_{mat} , $C_{p,mat}$ e ΔT_{mat} a massa, o calor específico e a variação de temperatura do material granulado, $m_{água}$, $C_{p,água}$ e $\Delta T_{água}$ os correspondentes valores para a água.

Tendo em conta que as temperaturas finais do granulado e da água se aproximam, obtém-se:

$$C_{p,mat} = \frac{m_{água} C_{p,água} (T_{0,água} - T_{fin})}{m_{mat} (T_{fin} - T_{0,mat})} \quad (3)$$

A validade desta equação pode ser afectada por vários factores tais como:

- i) falta de homogeneidade da temperatura no meio constituído por água e material, devida a lentidão da troca de calor da água para os grãos do material, etc.;
- ii) mau isolamento e perda de calor para o exterior.

A homogeneidade pode ser melhorada de diversas forma, nomeadamente: (i) decréscimo do tamanho de grão do material granulado, sobretudo para materiais com baixa condutividade térmica, (ii) agitação, (iii) aumento do intervalo de tempo até à leitura da temperatura. O tempo de homogeneização não deverá exceder 1 a 2 minutos quando os materiais são metais, cerâmicos, rochas ou vidros granulados, com tamanho de grão até cerca de 2 mm, e admitindo que se usa agitação (manual ou mecânica). Contudo, a lentidão da troca de calor entre a água e o material poderá afectar os resultados obtidos com alguns polímeros e/ou materiais muito porosos, ou quando se usam granulados de maiores dimensões.

A agitação e o tempo também agravam a perda de calor para o exterior, provocando decréscimo da temperatura e dando origem a valores de calor específico sobrestimados. Essa perda de calor poderá ser atenuada com a utilização de recipientes térmicos ou corrigida mediante calibração. Contudo, podem também obter-se resultados bastante satisfatórios efectuando uma extrapolação da variação da temperatura medida em função do tempo, como se exemplifica na Fig.1. Note-se que, as perdas de calor dependem da duração do ensaio, sendo desprezáveis para tempos curtos. Deste modo, a extrapolação para a origem equivale, aproximadamente, à condição de isolamento.

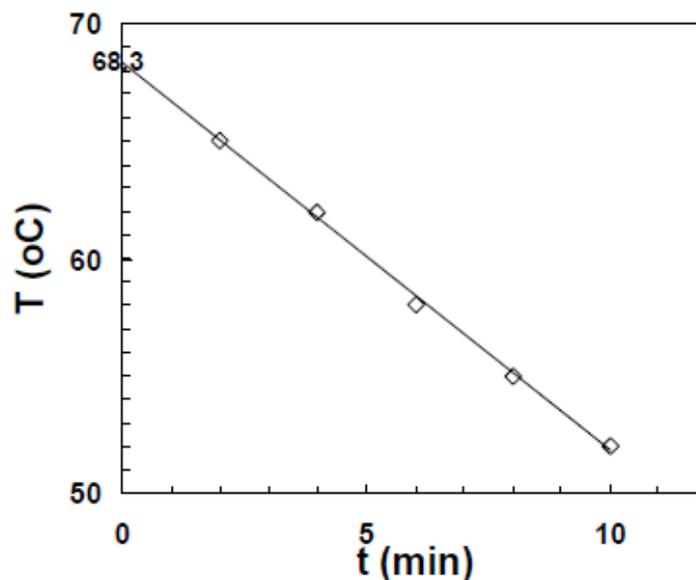


Fig.1: Compensação do efeito das perdas de calor num ensaio de calorimetria mediante extrapolação da dependência da temperatura medida em função do tempo.

3. Equipamento, materiais e reagentes

- Copos de vidro
- Copos de poliestireno
- Diferentes materiais granulados (p.e. areia)
- Termómetro
- Placa de aquecimento ou resistência para preparação de bebidas quentes
- vidro de relógio (ou placa de Petri)
- Placa de madeira
- Placa de metal
- Gelo
- Folha de alumínio (usada em culinária)

4. Procedimento experimental

1. Toque com um dedo na superfície da placa de madeira, na superfície do vidro de relógio e depois na superfície da placa metálica. Registe qual das superfícies parece mais fria e qual das superfícies parece mais quente.
2. Coloque um cubo de gelo em cima da placa de madeira, outro sobre o vidro de relógio e outro sobre a superfície metálica. Observe que a fusão do gelo é rápida sobre uma das superfícies e bastante mais lenta nas restantes.
3. Acha que existe contradição entre as observações efectuadas em 1 e em 2? Discuta as observações e diga que propriedades determinam essas observações?
4. Corte um pedaço de folha de alumínio com dimensões da ordem de 15x15 cm². Segure a folha de alumínio por uma das extremidades e, com a outra mão, acenda um isqueiro e faça incidir a chama na outra extremidade. Deixe aquecer até sentir o calor na mão que segura a folha de alumínio, desligue o isqueiro e, de imediato, segure a folha pela extremidade previamente aquecida. Verifique que não se queima e explique porquê.
5. Pese 200g de areia seca ou outro material granulado e meça a temperatura (T_{gran}) com um termómetro ligeiramente enterrado no granulado.
6. Aqueça água até à ebulição, pese um copo de vidro de 200 ml, verta cerca de 75 ml da água em ebulição para esse copo, introduza um termómetro no copo, agite durante 1 minuto, meça a temperatura ($T_{0,\text{água}}$) e introduza a areia. Mantenha a agitação durante mais 1 minuto e meça a temperatura (T_{med}). (*Nota: Caso a água não cubra integralmente o material granulado repita este passo com maior quantidade de líquido.*)
7. Registe as temperaturas $T_{0,\text{água}}$ e T_{med} na Tabela II e efectue outras medições de temperatura (T_{med}) ao fim de 2, 4, 6, 8 e 10 minutos.

8. Represente os resultados num gráfico de T_{med} em função do tempo e faça uma extrapolação até à origem, como se exemplifica na Fig.1. *Poderá efectuar uma representação em papel milimétrico ou usar um programa de computador (p.e. EXCELL) para efectuar a representação e o tratamento de resultados.* Considere que o valor da ordenada na origem corresponde à temperatura medida em condições de isolamento quase perfeito (i.e., sem perdas para o exterior) e use-o como $T_{fin}=T_{ord.or.}$ para efeitos de cálculo do calor específico (eq.3).

9. Repita os passos 6, 7 e 8 para outros materiais granulados.

10. Repita os passos 6, 7 e 8 para areia, utilizando outros tipos de recipientes para a mistura do granulado e água (p.e. copos de poliestireno). Verifique que os resultados são condicionados pelo isolamento fornecido pela condutividade térmica do próprio recipiente e discuta porquê.

Tabela II:

Registos de resultados e avaliação do calor específico do material granulado

Material:				
$m_{\text{água}}$ (g)				
$T_{0,\text{água}}$ (°C);				
m_{mat} (g)				
$T_{0,\text{mat}}$ (°C)				
T (min)	T_{med} (°C)			
1				
2				
4				
6				
8				
10				
$T_{fin} = T_{ord.or.} = \text{ } ^\circ\text{C}$				
$C_{p,\text{água}} = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$				
$C_{p,\text{mat}} = \frac{m_{\text{água}} C_{p,\text{água}} (T_{0,\text{água}} - T_{fin})}{m_{\text{mat}} (T_{fin} - T_{0,\text{mat}})}$				