



RESFRIAMENTO DE UM CORPO*



Experimento!!!

O estudo deste assunto inicia-se com a realização de um experimento. O guia experimental utilizado está disponível em:

<http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/resf.pdf>

Quando se expõe um corpo de temperatura T_C a um ambiente de temperatura T_A , de forma que $T_C \neq T_A$, nota-se que, após algum tempo, o objeto atinge o equilíbrio térmico com o ambiente.

Comparando os resultados de diferentes situações envolvendo resfriamento de um corpo podemos constatar que a taxa de resfriamento depende de fatores, tais como:

- a diferença de temperatura entre o corpo e o meio externo;
- a superfície do corpo exposta;
- o calor específico da substância que o constitui;
- as condições do ambiente no qual este corpo foi colocado;
- o tempo em que o objeto permanece em contato com o ambiente.

Pode-se representar isto através de uma equação¹:

$$\Delta T = -K(T_C - T_A)\Delta t \quad (1)$$

onde: $\Delta T \Rightarrow$ variação de temperatura sofrida pelo corpo;

$K \Rightarrow$ representa um coeficiente de proporcionalidade, que dependerá da superfície exposta, do calor específico do corpo e também é função de características do meio ambiente;

$T_C \Rightarrow$ temperatura inicial do corpo;

$T_A \Rightarrow$ temperatura ambiente;

$\Delta t \Rightarrow$ intervalo de tempo.

* Este material constitui parte do trabalho de mestrado de Denise Borges Sias, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRGS, sob orientação da Prof^a Rejane M. Ribeiro Teixeira.

¹ Esta equação é válida para variações de temperatura dentro de certos limites.



A equação (1) pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -K(T_C - T_A) \quad (2)$$

onde $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ representa a variação de temperatura com o tempo, ou seja, a rapidez de resfriamento do corpo. Podemos verificar através de resultados experimentais, ou através da análise da equação (2), que a rapidez de resfriamento será tanto maior quanto maior for a diferença entre T_C e T_A . Já a contribuição do coeficiente K depende de diversos fatores, tais como:

- **superfície exposta:** pode-se verificar que quanto maior for a superfície de contato entre o corpo e o meio externo (ambiente) maior será a rapidez de resfriamento/aquecimento.
- **calor específico do corpo:** sabe-se que quanto maior o valor do calor específico de um corpo uma maior quantidade de energia será necessária para variar a sua temperatura de um determinado valor. Logo, para dois corpos que recebem a mesma quantidade de energia num mesmo intervalo de tempo, aquele com maior calor específico apresentará menor rapidez de resfriamento/aquecimento.
- **características do meio:** assim como as características do corpo são importantes neste processo, as características do meio em que este está imerso, também o são. Por exemplo, se o objeto está em contato com o ar, que é um bom isolante térmico, mais lentos serão os processos de resfriamento ou aquecimento do que se estiver imerso em água. A condutividade térmica da água é maior que a do ar. Uma outra característica importante é a mobilidade do meio externo em relação ao objeto, quanto maior for esta mobilidade, mais rápidas se darão as trocas térmicas entre o objeto e o meio em contato com o mesmo².

² Por exemplo, quando queremos resfriar mais rápido um cafezinho soprados sobre ele.

Utilizando os dados experimentais

Na atividade experimental citada no início deste texto, foi feita uma discussão sobre os principais fatores que influenciam o resfriamento de um corpo e podemos verificar a concordância entre as conclusões tiradas dos dados coletados experimentalmente e o texto acima. Para tornar mais clara esta verificação, temos abaixo, nas Figuras 1 a 6, os gráficos³ coletados, em diferentes situações, durante a atividade experimental.

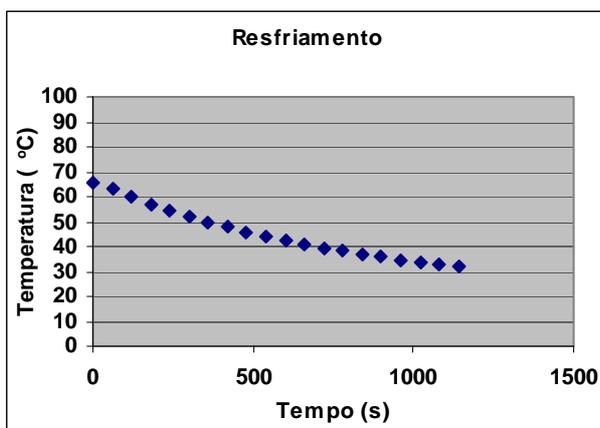


Figura 1: Resfriamento de 25 ml de água, em tubo de ensaio, em contato com o ar.

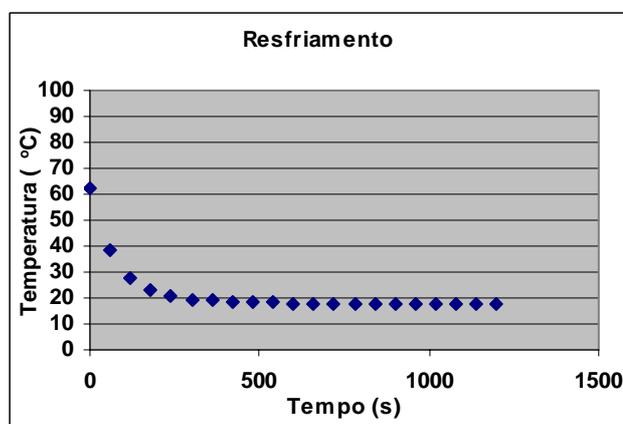


Figura 2: Resfriamento de 25 ml de água, em tubo de ensaio, imerso em água a temperatura ambiente.

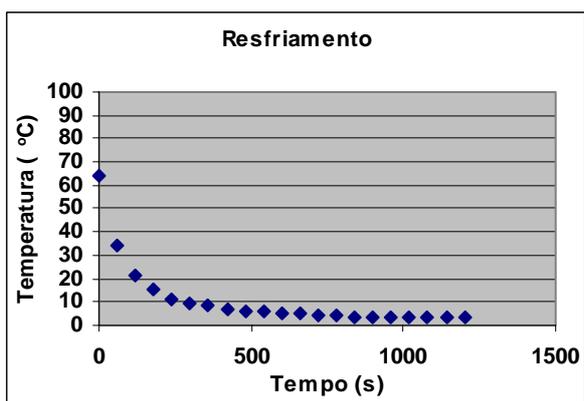


Figura 3: Resfriamento de 25 ml de água, em tubo de ensaio, imerso em água gelada.

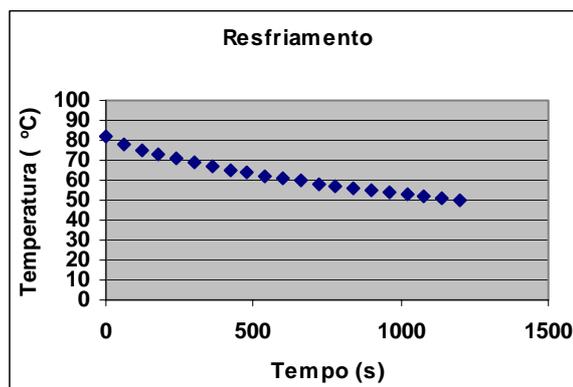


Figura 4: Resfriamento de 200 ml de água, em um béquer de 250 ml, em contato com o ar.

³ Os dados representados nestes gráficos (mostrados nas Figuras 1 a 6) foram coletados pelos alunos da turma 104 do CEFET-RS (ano letivo de 2005). Gráficos coletados pela turma 125 podem ser encontrados em: <http://www.cefetr.rs.tche.br/~denise/caloretemperatura/resf125.pdf>. Fotos dos grupos durante a coleta de dados podem ser encontradas em: <http://www.cefetr.rs.tche.br/~denise/fotos/resf.html>.

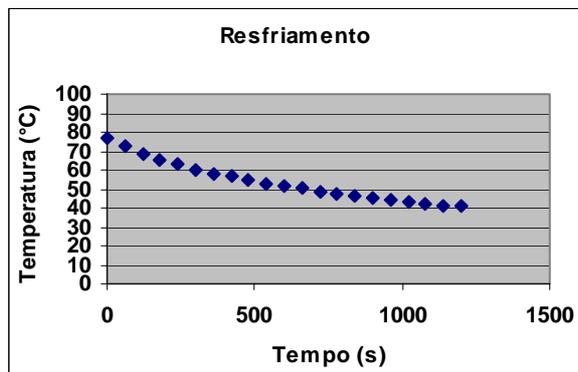


Figura 5: Resfriamento de 200 ml de água, em um béquer de 1000 ml, em contato com o ar.

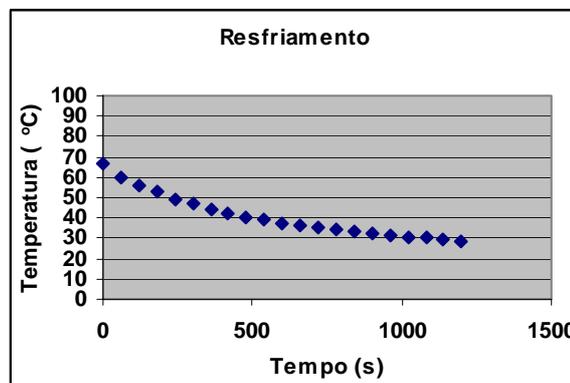


Figura 6: Resfriamento de 50 ml de água, em um béquer de 250 ml, em contato com o ar.

Comparando as Figuras 1 e 2 pode-se verificar a influência do meio externo no resfriamento de um corpo. Nas duas situações temos o mesmo volume de líquido, 25 ml de água, resfriados em um mesmo recipiente, porém um deles imerso em ar e outro em água. Verifica-se que o resfriamento ocorrido com o tubo de ensaio imerso em água foi mais rápido.

Através da comparação dos gráficos representados pelas Figuras 2 e 3 verifica-se a influência das condições de temperatura do meio externo no resfriamento. Neste caso, variou-se a temperatura do meio, constatando-se que o resfriamento ocorre mais rapidamente a uma temperatura externa mais baixa (Figura 3).

Já as Figuras 4 e 5 mostram os dados coletados para volumes iguais, 200 ml, de um mesmo líquido em recipientes de tamanhos diferentes. Verifica-se, neste caso, que a superfície exposta do corpo interfere na rapidez de resfriamento. Constata-se que, quanto maior for a superfície exposta do corpo, mais rápido será seu resfriamento (Figura 5).

Finalmente, pode-se verificar comparando as Figuras 4 e 6 a influência do volume (ou da massa) do corpo na rapidez de resfriamento. Neste caso têm-se quantidades diferentes de um mesmo líquido sendo resfriado em recipientes iguais e percebe-se que quanto maior o volume (ou massa) envolvido (a), menor será a rapidez de resfriamento (Figura 4).



NOTA: Nos experimentos representados pelos gráficos das Figuras 1 a 6 utilizou-se sempre a mesma substância, a água, por este motivo neste experimento não se pode verificar a influência do calor específico do corpo no resfriamento. Esta dependência pôde ser verificada em uma atividade experimental anterior, disponibilizada em: http://www.cefetrs.tche.br/~denise/caloretemperatura/caloretemp_atividade.pdf

Ainda, observando os gráficos mostrados nas Figuras 1 a 6 verifica-se que estes não são lineares (representados por retas). Isto acontece, principalmente, em virtude da temperatura não variar uniformemente no tempo, ou seja, a temperatura não varia igualmente em intervalos de tempos iguais. A Figura 7, abaixo, melhor representa o que se quer dizer. Pode-se perceber claramente, tanto através da análise do gráfico como da tabela, que à medida que a temperatura da água se aproxima da temperatura ambiente a variação da temperatura diminui num mesmo intervalo de tempo (ver coluna da direita da tabela da Figura 7).

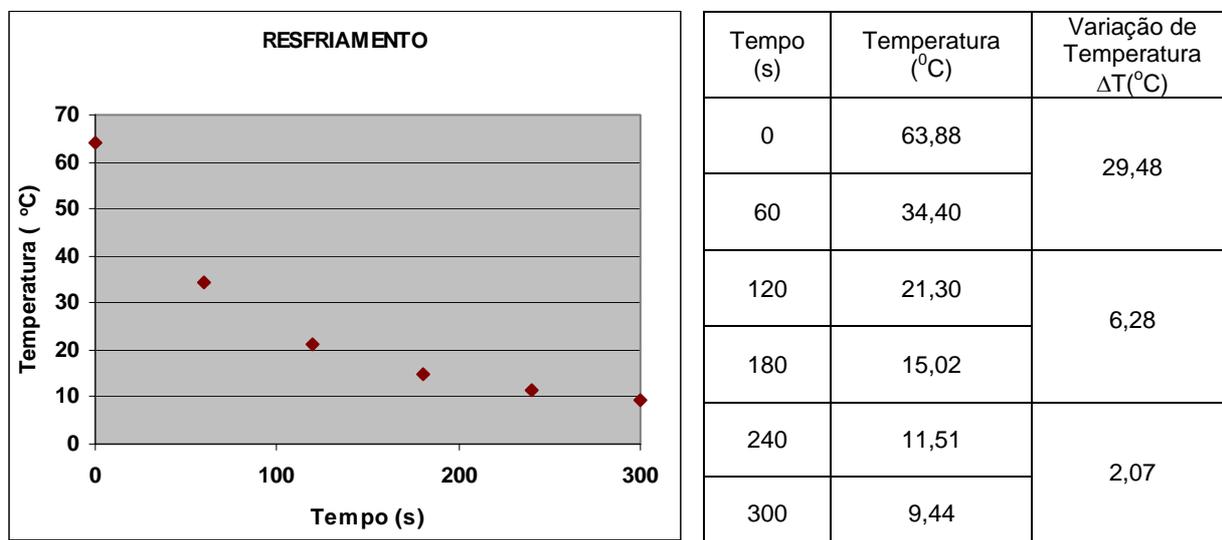


Figura 7: Dados coletados durante o resfriamento de 25 ml de água imersos em recipiente contendo água à temperatura ambiente.

Lembrando, também, que:

$$\Delta Q = m.c.\Delta T \quad , \quad (4)$$

pode-se verificar claramente pela dependência de ΔQ com ΔT que, durante um mesmo intervalo de tempo, a quantidade de calor trocada (cedida ou recebida) com a vizinhança não é constante, ela diminui com o passar do tempo. Dessa forma podemos dizer que a transferência de energia da massa de água para o meio externo não ocorreu a uma potência constante. Podemos, então, escrever a potência dissipada através da equação:

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad . \quad (5)$$

Em algumas situações podemos considerar que a potência (taxa de energia transferida num intervalo de tempo) de resfriamento ou de aquecimento de um corpo é constante. Sendo assim, em intervalos de tempo iguais, de acordo com a equação 5, a quantidade de energia recebida será sempre a mesma. Isto faz com que a correspondente variação de temperatura também seja sempre a mesma, num mesmo intervalo de tempo (equação 4). Nestes casos, o gráfico de temperatura versus tempo será representado por uma reta, como mostra a Figura 8. Esta consideração é comumente encontrada nos livros-texto de Física, quando tratam do assunto.

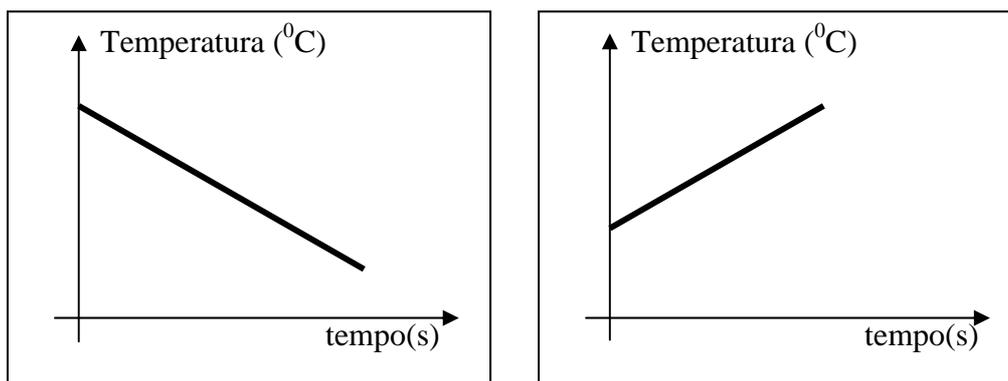


Figura 8: O gráfico da esquerda representa um resfriamento e o da direita, um aquecimento. Ambos ocorrem através de um taxa de transferência de energia (potência) constante no tempo.

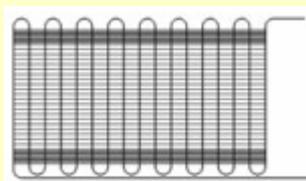
A FÍSICA NO NOSSO DIA-A-DIA

A teoria sobre resfriamento que acabamos de estudar e verificar através de experimentos pode ser observada em algumas situações do nosso cotidiano*. Abaixo são relacionadas algumas destas situações:

- I. É comum quando se quer resfriar rapidamente algum alimento colocar o recipiente que o contém parcialmente imerso em água.
- II. Se tivermos um líquido muito quente é usual tentar resfriá-lo passando-o, diversas vezes, de um recipiente para outro. A figura abaixo ilustra esta situação. Este método realmente funciona, ou seja, conseguimos resfriar mais rapidamente o líquido desta forma.



- III. A mesma idéia descrita na situação II pode ser utilizada para analisar o porquê do uso de serpentinas, que são dispositivos aplicados em várias situações do nosso cotidiano. O líquido ou gás, que se deseja resfriar, é feito circular pelo interior de tubulações de pequeno diâmetro. Por exemplo, se você olhar na parte traseira do refrigerador de sua casa verá que ali existe tal dispositivo (veja as ilustrações na figura abaixo). Neste caso, a serpentina possui a função de resfriar rapidamente um gás que circula pela tubulação.



- IV. Você certamente já observou um cachorro em um dia muito frio de inverno. Se você for um observador atento percebeu que neste caso o animal tende a ficar encolhido, enroscado sobre si mesmo. Na verdade, nós também agimos desta forma quando sentimos frio. Lembrando o que acabamos de estudar e verificar nos experimentos, quando se diminui a superfície do corpo em contato com o meio externo, diminui-se também a rapidez com que ocorre a troca de calor, que é o que se pretende neste caso.

*Algumas situações descritas aqui surgiram, em sala de aula, durante a discussão dos experimentos sobre resfriamento com os alunos.

INTERESSANTE!

Leia o texto abaixo e discuta com seus colegas.

Este texto faz parte de um artigo publicado na revista Ciência Hoje de novembro de 2004. Veja a matéria completa em: <http://cienciahoje.uol.com.br/files/ch/210/primeira.pdf>.

Tamanho e metabolismo

O elefante africano (*Loxodonta africana*), maior mamífero terrestre, é um milhão de vezes maior que o menor mamífero, o musaranho-pigmeu (*Suncus etruscus*). O consumo total de oxigênio do elefante é indiscutivelmente maior que o do musaranho-pigmeu. A comparação do consumo total, porém, não fornece uma visão acurada do metabolismo desses animais. Para isso, devemos avaliar o consumo de oxigênio por unidade de massa corporal – a taxa metabólica. Essa taxa revela que o metabolismo do musaranho-pigmeu é muito superior ao do elefante (figura 4). O estudo das taxas metabólicas dos diferentes animais deixa claro que o consumo de oxigênio por unidade de massa diminui com o aumento do tamanho do corpo. Isso significa que a circulação do sangue (em relação à massa) também é muito maior no musaranho que no elefante.

Por que ocorre essa aparente contradição? Na verdade, tan-

to os musaranhos quanto os elefantes, assim como os humanos, precisam produzir calor continuamente para manter a temperatura corporal constante e regular as atividades fisiológicas. Isso exige um grande gasto de energia. Pode-se pensar que um corpo tão grande quanto o do elefante exige, para ser aquecido, um gasto de energia muito maior que o corpo minúsculo do musaranho-pigmeu. Em termos absolutos, isso faz sentido. No entanto, em relação às massas de cada um, a superfície do corpo do musaranho é muito maior que a do corpo do elefante. Assim, em termos relativos, o musaranho perde mais calor para o meio externo e precisa gastar muito mais energia para aquecer seu pequeno corpo. Para entender melhor esse fenômeno, basta um simples experimento: se aquecermos a 100°C dois volumes



Figura 4. A curva metabólica de mamíferos mostra como o consumo de oxigênio, em relação à massa do animal, diminui com o crescimento do tamanho corporal

de água colocados em frascos de formato semelhante, um com mil litros e outro com um litro, e deixarmos que esfriem, isso acontecerá com velocidades bem diferentes: a água do frasco de um litro chegará à temperatura ambiente muito mais rápido que a do frasco de mil litros. O mesmo acontece com o musaranho e com o elefante. No fim das contas, o elefante precisa (relativamente) de muito menos energia para manter seu grande corpo a uma temperatura constante.