

# Água no feijão, que chegou mais um!

**S**ábado! Cristiana passou a manhã toda na cozinha, preparando uma feijoada! Roberto tinha convidado sua vizinha, Maristela, para o almoço.

Logo cedo, Cristiana perguntou a Roberto se ele tinha colocado as cervejas e os refrigerantes na geladeira. Ela estava preocupada porque, na última festa, Roberto se esquecera de colocar as bebidas para gelar.

Mas, dessa vez, Roberto se antecipou a Cristiana e logo cedo encheu a geladeira com muitas cervejas e refrigerantes!

Quase meio-dia. A campainha toca. Roberto vai atender a porta e, quando abre, toma um grande susto: o filho, Ernesto, entra correndo pela porta com mais três amigos.

– A gangue do Lobo veio almoçar!

Cristiana, que conhecia muito bem Ernesto e suas surpresas, logo gritou:

– Quantos são a mais?

Logo que soube que eram três, Cristiana rapidamente colocou mais água no feijão.

De novo a campainha! Roberto vai atender a porta, achando que era sua convidada, Maristela.

Quando abre a porta, Roberto toma mais um susto. Maristela estava com um casal!

– Salve, Roberto! Estes são Gaspar e Alberta, que vieram me visitar esta manhã. Como eu tinha este almoço aqui, achei que poderia convidá-los para almoçar conosco!

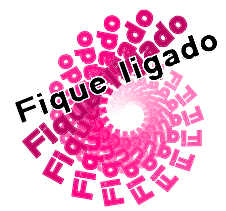
Roberto, que conhece a fama de distraída de Maristela, não tem dúvidas e grita:

– Cristiana, mais água no feijão!

Roberto convida todos a sentar na sala e pega uma cerveja na geladeira. Quando abre a porta, mais um susto. As cervejas ainda estavam **quentes!**

## Calor

Quente e frio são palavras normalmente usadas para expressar uma sensação. Associamos a palavra **quente** a situações em que um objeto está com temperatura alta. À palavra **frio** associamos a situações em que um objeto, ou mesmo a atmosfera, está com temperatura baixa.



Esse modo de falar sobre o “calor” de um corpo não é muito preciso: uma pessoa que vive na região sul do Brasil pode dizer que o verão do Nordeste é muito quente; já um morador do Nordeste diria que é muito agradável!

Quem está com a razão? Ambos, pois estão expressando uma sensação. Mas, em ciência, é necessário usar termos mais precisos.

Na Física, **calor** é uma forma de energia que está associada ao movimento das moléculas que constituem um objeto. Ou seja, uma cerveja quente ou fria tem calor. Quando dizemos que uma cerveja está com temperatura alta, queremos dizer que suas moléculas apresentam alto grau de agitação, que a energia cinética média dessas moléculas é grande – ou seja, que a quantidade de energia na cerveja é grande!

Dizemos também que a propagação do calor pode ser entendida simplesmente como a propagação da agitação molecular. Quando esquentamos o feijão numa panela, percebemos claramente que a superfície esquenta somente alguns minutos depois de termos colocado a panela no fogo. Isso acontece porque as moléculas no fundo da panela começam a se agitar primeiro, e demora um pouco até que essa agitação chegue à superfície.

Também é possível compreender o resfriamento de uma substância como a diminuição da agitação molecular. Por exemplo: quando colocamos uma cerveja na geladeira, nossa intenção é retirar parte de sua energia térmica, ou seja, diminuir a agitação molecular na cerveja.

Na próxima aula veremos como se processam as trocas de calor, ou seja, como ocorre a **condução do calor**.

### Capacidade térmica

Cristiana, na cozinha, fica desesperada. Mais água no feijão?

Cozinheira de mão cheia, ela sabe que esquentar aquela enorme panela de feijão levaria, no mínimo, uma hora. Resolve então pegar outras duas panelas menores e esquentar uma quantidade menor de feijão em cada uma delas.

Maristela, que estava procurando Roberto para oferecer ajuda, vê o que Cristiana estava fazendo e fica bastante curiosa. Volta para a sala e começa a pensar no assunto:

– É verdade! Quando coloco muita água para fazer café, ela demora mais tempo para esquentar do que quando coloco pouca água! Que dizer: se coloco um litro de água numa panela e meio litro de água em outra panela, e deixo as duas no fogo pelo mesmo período de tempo, provavelmente a que tem menos água deverá ter uma temperatura mais alta! **Será que isso é verdade?**

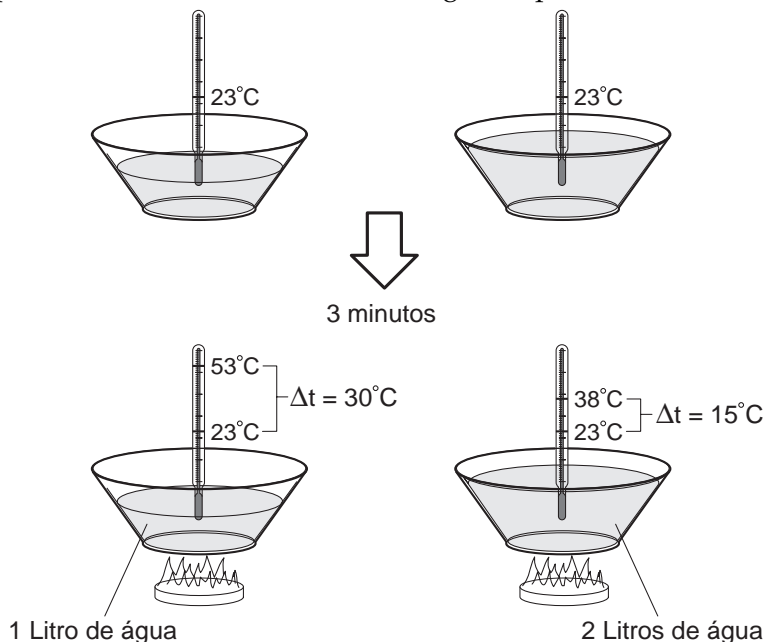
Enquanto Maristela pensava no assunto, Alberta já estava na cozinha, ajudando Cristiana. Gaspar e Roberto tinham saído para comprar gelo.

Maristela se levanta do sofá e vai até o quarto de Ernesto. Vê a gangue do Lobo e pergunta se eles sabiam onde havia um termômetro. Rapidamente Ernesto vai ao banheiro e traz dois termômetros. Maristela dá pulos de alegria. Era justamente o que ela estava precisando: dois termômetros!

Maristela corre para a cozinha, com a gangue do Lobo atrás. Nesse momento Cristiana e Alberta já estavam na sala, em plena conversa. Maristela entra na cozinha e pega duas panelas. Coloca um litro de água em uma e dois litros de água na outra. Mede a temperatura de cada uma e verifica que os termômetros estavam marcando 23° Celsius. Imediatamente, coloca as duas panelas no fogo

e marca três minutos no relógio: com isso, garante que a quantidade de calor cedida pela chama do fogão seja a mesma para as duas panelas.

Ao final dos três minutos, Maristela mede novamente as temperaturas. Na panela com dois litros de água, o termômetro indicava 38°C; na panela com um litro de água, o outro termômetro indicava 53°C. Ou seja: a temperatura da primeira panela tinha variado 15°C; a da segunda panela variou 30°C.



Ao ver os resultados, Maristela lembra-se imediatamente do conceito que representa essa propriedade dos corpos.

É a **capacidade térmica**.

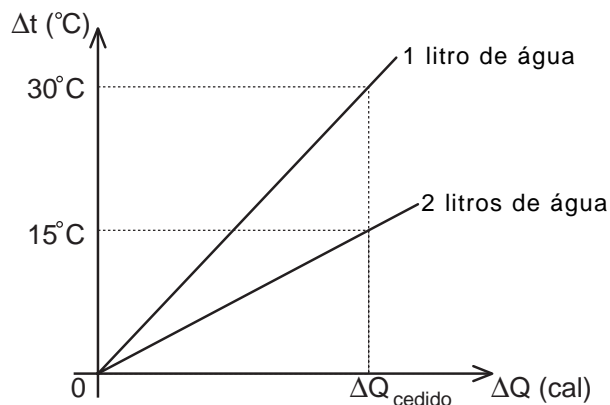
É claro que, para agitar as moléculas de dois litros de água, será necessária muito mais energia do que para agitar as moléculas de um litro de água. Podemos representar matematicamente essa dificuldade usando o conceito de capacidade térmica:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Com esta definição matemática podemos calcular o calor necessário que deve ser cedido a um corpo, se queremos que ele aumente sua temperatura de  $\Delta t$ , ou mesmo a quantidade de calor que deve ser retirada do corpo, se quisermos que sua temperatura diminua de  $\Delta t$ . Ou seja:

**Capacidade térmica é a quantidade de calor necessária para variar de 1°C a temperatura de um corpo.**

No caso da experiência de Maristela, podemos expressar, por meio de um gráfico, o que ocorreu:



Podemos ver nesse gráfico que a panela com dois litros de água teve um aumento de temperatura duas vezes menor que o aumento de temperatura da panela com um litro de água.

Assim, rapidamente Maristela concluiu:

– Ah! É por isso que as cervejas não ficaram geladas: tinha muita cerveja dentro da geladeira e todas estavam quentes, assim demora mais para resfriar todas, ou seja, para retirar energia térmica de todas as cervejas!

## Unidades do calor

Ernesto fica curioso com toda aquela confusão armada por Maristela, e pergunta:

– Como você sabe que foi dada a mesma quantidade de calor para as duas panelas?

Maristela responde que, se a chama do gás fosse constante e tivesse a mesma intensidade, ela podia considerar que a quantidade de calor transmitida para as duas panelas tinha sido a mesma.

Como o calor é uma forma de energia, sua unidade no Sistema Internacional (SI) é o **joule** (J), mas é comum usarmos outra unidade de calor, a **caloria** (cal), que tem a seguinte equivalência com o joule:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

**Uma caloria é definida como a quantidade de calor necessária para elevar, em 1°C, um grama de água!**

## O calor específico

Maristela volta para sala, satisfeita com suas conclusões, quando ouve Cristiana comentar com Alberta, a caminho da cozinha, que a panela de cobre esquenta a comida muito mais rápido do que a panela de alumínio. Maristela não acredita: achava que já tinha a conclusão final sobre o assunto.

Nesse momento, Ernesto, que estava atrás de Maristela, dá um palpite.

– Se você sabe que uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar, em 1°C, um grama de água, pode saber quanta energia foi fornecida para as panelas!

Era exatamente o elemento que faltava! Maristela puxa seu caderninho e começa a fazer anotações:

→ Se a densidade da água é 1 kg/l, então um litro de água tem uma massa de 1 kg, ou seja, 1.000 gramas.

→ Se a variação de temperatura em um litro de água foi de  $30^{\circ}\text{C}$ , podemos fazer o seguinte raciocínio: a capacidade térmica de um litro de água é a quantidade de calor que um litro de água recebe para ter determinada variação de temperatura!

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

→ Se dividirmos a capacidade térmica pela massa de água:

$$\frac{C}{m} = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t}$$

temos a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de cada grama de água de  $1^{\circ}\text{C}$ , e isso eu sei quanto vale!!!

$$\frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t} = \frac{1 \text{ cal}}{1\text{g} \cdot 1^{\circ}\text{C}} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$$

Assim, podemos escrever que:

$$\Delta Q = m \cdot \Delta t \cdot 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta Q = 1000\text{g} \cdot 30^{\circ}\text{C} \cdot 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta Q = 30000 \text{ cal} = 30 \text{ Kcal}$$

Essa foi a energia térmica cedida à panela com um litro de água!

→ No caso da panela com os dois litros de água, temos que:

$$\frac{C}{m} = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t}$$

$$1 \text{ cal/}^{\circ}\text{C} \cdot 1\text{g} = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t}$$

Assim, podemos escrever que:

$$\Delta Q = m \cdot \Delta t \cdot 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta Q = 2000\text{g} \cdot 15^{\circ}\text{C} \cdot 1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta Q = 30000 \text{ cal} = 30 \text{ Kcal}$$

que é exatamente o mesmo resultado, ou seja, a mesma quantidade de energia térmica foi dada às duas panelas!

### Mas o que isso tem a ver com as panelas de diferentes materiais?

Será que, se tivermos a mesma massa de água e óleo, e fornecermos a mesma quantidade de calor para cada uma, as duas substâncias “esquentarão” no mesmo tempo? Sabemos que não! Essa conclusão vem do fato de que cada material tem uma estrutura própria. E é devido a essa diferença que a panela de cobre esquentam mais rápido do que a de alumínio. A essa **propriedade** dos corpos chamamos de **calor específico**.

**Calor específico é a quantidade de calor necessária para que um grama de uma substância aumente sua temperatura em  $1^{\circ}\text{C}$ .**

Podemos escrever o calor específico em termos da capacidade térmica, ou seja:

$$c = \frac{C}{m}$$

O calor específico **é uma propriedade específica de cada substância**, como podemos ver na tabela abaixo:

CALORES ESPECÍFICOS			
SUBSTÂNCIA	CALOR ESPECÍFICO (cal/g °C)	SUBSTÂNCIA	CALOR ESPECÍFICO (cal/g °C)
Água	1,00	Gelo	0,55
Alumínio	0,22	Latão	0,094
Carbono	0,12	Mercúrio	0,033
Chumbo	0,031	Prata	0,056
Cobre	0,093	Tungstênio	0,032
Ferro	0,11	Vapor d'água	0,50
		Vidro	0,20

Podemos também calcular o calor cedido ou retirado de um corpo se soubermos o valor da sua massa, de seu calor específico e da variação de temperatura:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

### Voltando às panelas

Maristela, então, conclui que, se as panelas de cobre e de alumínio têm a mesma massa, essa grandeza – o calor específico – nos mostra que o alumínio necessita de 0,22 cal para elevar em um grau Celsius cada grama da panela, enquanto o cobre necessita de apenas 0,093 cal para isso. Por isso, a panela de cobre, com uma mesma quantidade de calor, aumenta sua temperatura de modo mais rápido!

Maristela, enfim, fica satisfeita com suas conclusões. Ernesto e a gangue do Lobo voltaram para o quarto e continuaram a bagunça, enquanto Cristiana e Alberta estavam na cozinha, às gargalhadas, como se fossem amigas íntimas de muitos anos.

A campanha toca. Entram Roberto e Gaspar, com caras muito desanimadas. Maristela pergunta o que aconteceu. Eles explicam que tinham ido comprar gelo para gelar as cervejas, já que a geladeira não estava dando conta do serviço. Mas, em vez de comprar gelo em barra, resolveram comprar gelo picado, colocando-o na mala do carro. Quando chegaram ao prédio e abriram a mala, o gelo havia derretido quase todo!

Maristela imediatamente fala:

- Se vocês tivessem comprado o gelo em barra, ele demoraria mais a derreter!

Nesse momento, Cristiana e Alberta voltam da cozinha, tomando cerveja. Roberto e Gaspar ficam chocados! Cristiana então explica que tinha colocado algumas cervejas no congelador, e elas já estavam geladas.

Foi o suficiente para começar o almoço.



Nesta aula você aprendeu:

- que os conceitos de “quente” e “frio” não são adequados nem precisos para expressar uma medida de temperatura;
- que calor é uma forma de energia que está relacionada à “agitação” molecular da matéria;
- o conceito de capacidade térmica:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

que mede a quantidade de calor que deve ser fornecida ou retirada de um corpo para que sua temperatura aumente ou diminua em 1° Celsius;

- o conceito de calor específico:

$$c = \frac{C}{m}$$

que mede a quantidade de calor necessária para aumentar ou diminuir em 1° Celsius a temperatura de um grama de uma substância. É uma propriedade específica das substâncias.

### Exercício 1

Explique por que uma pedra de gelo derrete mais lentamente que a mesma quantidade de gelo moído.

### Exercício 2

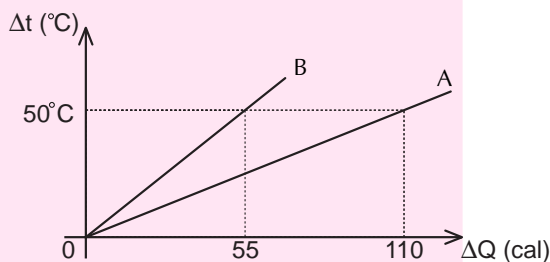
Uma geladeira que está cheia de alimentos e recipientes, que já estão com temperatura baixa, consome menos energia. Explique essa afirmação.

### Exercício 3

Normalmente, o motor de um automóvel trabalha a uma temperatura de 90°C. Em média, o volume de um radiador é de 3 litros. Calcule a quantidade de calor absorvida pela massa de água pura que foi colocada a uma temperatura ambiente de 20°C. Supondo que o dono do carro colocasse um aditivo na água e que o calor específico desta mistura fosse 1,1 cal/g °C, calcule novamente a quantidade de calor absorvida pelo conjunto, desprezando a alteração da massa.

### Exercício 4

No gráfico ao lado, vemos como varia a temperatura de dois blocos de metal de mesma massa (10 g). Com auxílio da tabela desta aula, identifique os metais A e B.



### Exercício 5

Um bloco de cobre, cuja massa é de 100 gramas, é aquecido de modo que sua temperatura varia de 20°C até 70°C. Qual foi a quantidade de calor cedida ao bloco, em joules?

### Exercício 6

No processo de pasteurização do leite, são aquecidos aproximadamente 200 kg de leite, elevando-se sua temperatura de 20°C para 140°C. Essa temperatura é mantida por três segundos e, em seguida, o leite é resfriado rapidamente. Calcule a capacidade térmica do leite, supondo que seu calor específico seja de 0,97 cal/g °C .

