

# 6

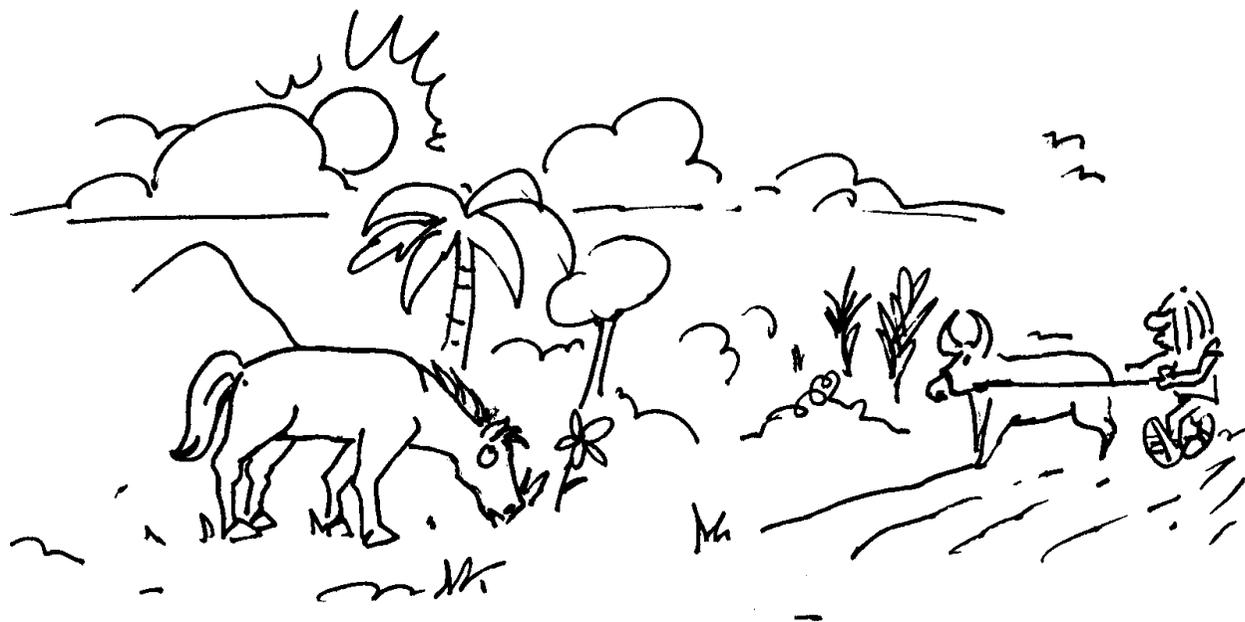
## Sol: a fonte da vida

A energia:  
na fotossíntese  
e na respiração.

O capim precisa de luz e calor do Sol.

O gado come o capim.

Você se alimenta das plantas e do gado.



Você inspira o oxigênio fornecido pela planta.

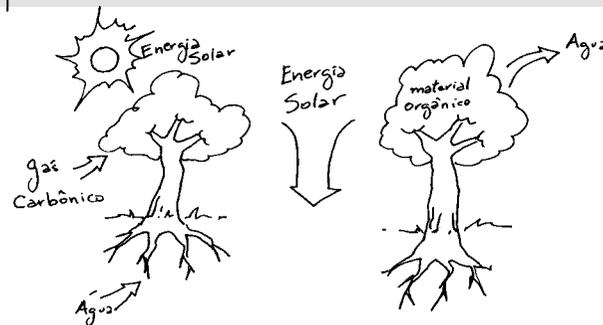
Você libera o gás carbônico e o calor de que a planta necessita...

# 6

## Sol: a fonte da vida

**Luz do Sol  
Que a folha traga e  
traduz...  
Em verde novo.**

*A música do Caetano Veloso conta um fenômeno que acontece no planeta há muitos milhões de anos.*



A fotossíntese é o processo através do qual os vegetais produzem o combustível indispensável para a vida da planta, do homem e de outros animais.

Os vegetais necessitam da luz solar, absorvendo a energia em reações químicas e armazenando-a em ligações químicas. É na fotossíntese realizada pelas plantas que ocorre o primeiro e principal processo de transformação de energia no ambiente terrestre.

Os vegetais que possuem clorofila absorvem energia solar e gás carbônico do ar e realizam reações químicas, produzindo material orgânico como açúcares, gorduras e proteínas, e liberam oxigênio.

A reação química que ocorre na **fotossíntese** poderia ser esquematizada da seguinte forma:



### Fotossíntese e a vida animal

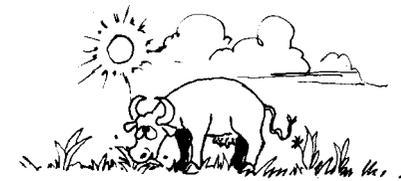
As pessoas e os animais também necessitam de energia para sua sobrevivência e suas atividades. Não produzimos, como as plantas verdes, a energia interna que armazenamos.

Ao ingerirmos o alimento proveniente das plantas, parte das substâncias entra na constituição celular e parte fornece a energia necessária às nossas atividades, como o crescimento,

a reprodução etc. Esse processo de liberação de energia, análogo ao de queima, é a **respiração**.



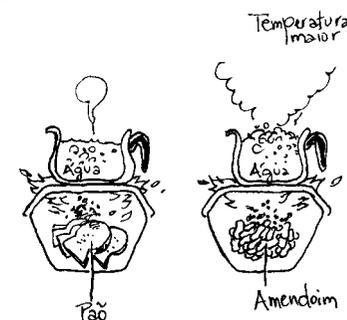
Essa energia é proveniente da reação de queima dos alimentos retirados do meio ambiente, por exemplo das plantas verdes ou de animais como o gado, que come as plantas verdes.



### A energia dos alimentos

A quantidade de energia contida em um alimento é medida pela energia obtida em sua queima. Se queirmos a mesma quantidade de pão e amendoim para aquecermos uma mesma quantidade de água, ao medirmos a temperatura da água perceberemos, no final da queima, que ela ficará mais aquecida quando utilizamos o amendoim como combustível.

O amendoim libera mais energia na queima por conter menor quantidade de água e por possuir substâncias mais calóricas que o pão.



Felizmente não precisamos fazer esta atividade sempre que quisermos saber o poder energético de um alimento. Encontramos tabelas que nos fornecem essas informações. Na tabela 6.1, por exemplo, estão especificados os teores de energia expressos em quilocalorias (kcal) por 100 g de alimento.

$$1 \text{ kcal} = 1.000 \text{ cal} = 1 \text{ Cal}$$

**1 caloria é definida como a quantidade de calor necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 grama de água no estado líquido.**

**Tabela 6.1: Energia fornecida pelos alimentos**

Alimentos	Porções (100g)	Energia (kcal)
leite de vaca cru	meio copo	63
queijo branco fresco	uma fatia	243
pão	duas unidades	269
ovo	duas unidades	163
carne de vaca (magra)	um bife	146
peixe de mar frito	dois filés	371
arroz cozido	3 colheres (sopa)	167
feijão cozido	5 colheres (sopa)	67
mamão	uma fatia	32
refrigerante	meio copo	39
batata frita	2 unidades	274

Devido ao nosso próprio metabolismo, absorvemos quantidades variadas de energia ingerindo os mesmos alimentos que outras pessoas. A perda de energia ao realizar as mesmas atividades também é uma característica pessoal, dependendo do tamanho corporal e da eficiência dos movimentos.

Consumimos em média cerca de 3.500 kcal de alimentos diariamente.

O conhecimento da quantidade de energia liberada pelos alimentos no organismo é de interesse de médicos e nutricionistas, uma vez que a alimentação com excesso ou deficiência de calorias pode levar à obesidade, a doenças vasculares ou à subnutrição.

As tabelas de dieta fornecem o valor de energia do alimento em grande caloria (Cal) em lugar de quilocaloria (kcal). Neste caso, 1 Cal (caloria médica) corresponde a 1 kcal em Física.

É possível se fazer um balanço entre a energia fornecida pelos alimentos e a energia consumida por uma pessoa durante um determinado tempo em suas atividades diárias.

EXPERIMENTE CALCULAR A QUANTIDADE DE ENERGIA  
FORNECIDA PELOS ALIMENTOS QUE VOCÊ INGERIU  
HOJE

A energia dos alimentos representava para o homem primitivo a quase totalidade do seu consumo energético, pois ele, além de consumir os alimentos, só usava a energia do fogo.

Situação muito diferente acontece no mundo moderno. Só 5% do que o cidadão urbano consome atualmente corresponde à energia dos alimentos para sua subsistência. A maior parte provém dos combustíveis dos veículos, da energia elétrica para iluminar, tomar banho, aquecer e resfriar e da energia para a produção dos bens que ele utiliza.



## O ciclo do carbono

Na grande quantidade de transformações que ocorrem na Terra, a fotossíntese, a respiração e a decomposição, além de promoverem uma circulação da energia proveniente do Sol, também são responsáveis pela circulação de um importante elemento químico, o carbono.

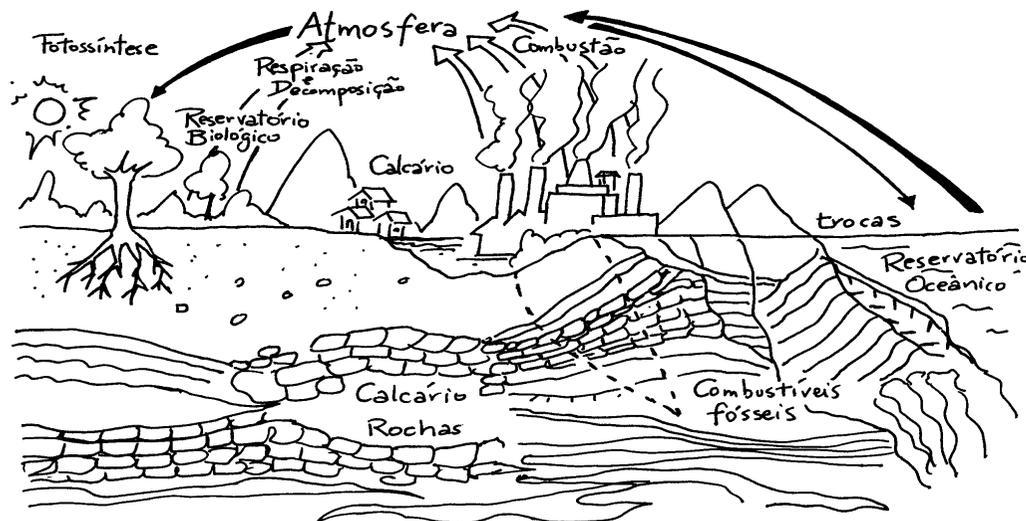
O gás carbônico dissolve-se nas águas oceânicas e entra em contato com os íons de cálcio que vão sendo depositados lenta e continuamente no fundo dos oceanos. Ao longo de milhões de anos esses materiais originam rochas como o calcário ou o mármore.

Os esqueletos e carapaças dos seres marinhos como lagostas, caranguejos, corais, mariscos etc. são constituídos de carbonato de cálcio, a mesma substância que constitui o mármore.

Esses animais retiram o gás carbônico e os íons de cálcio diretamente da água do mar e, quando morrem, também vão contribuir para a formação de carbonato, que poderá formar rochas.

como a fotossíntese, a respiração e decomposição, constituindo o ciclo do carbono.

Veja a figura apresentada a seguir:



## Balanco energético

Diariamente ingerimos alimentos cuja energia é utilizada na realização de nossas atividades.

Veja na tabela ao lado a taxa de utilização de energia medida em quilocalorias por hora em algumas atividades.

Confira se você se alimenta bem do ponto de vista energético fazendo um balanço.

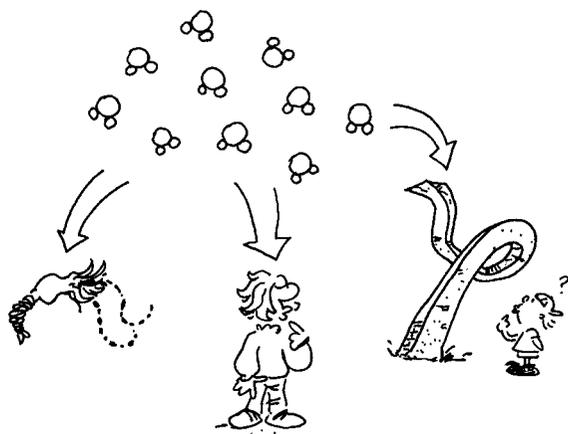
Verifique quanta energia você gasta durante um dia inteiro. Quanta energia você consome no mesmo tempo? Você queima todas as calorias ingeridas?

Certas dietas alimentares fixam em 1.500 Calorias ( ou seja, 1.500 kcal de energia) o consumo energético diário visando uma gradual perda de peso de pessoas com alguns quilos a mais.

Consulte a tabela 6.1 e proponha um cardápio energeticamente balanceado de um dia para essa dieta.

**Tabela 6.2**

dormir	78 kcal/h
ficar sentado	108 kcal/h
assistir à aula ou estudar	180 kcal/h
trabalhar	180 kcal/h
ficar em pé	120 kcal/h
andar	228 kcal/h

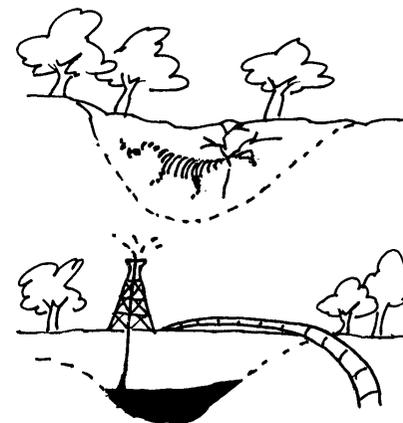
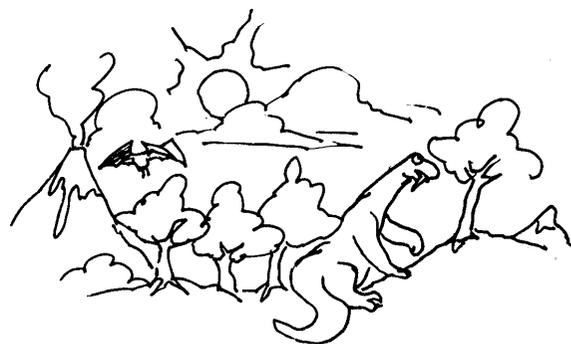


A atmosfera, os vegetais, os animais e os oceanos são verdadeiros reservatórios de carbono do nosso planeta, e os átomos de carbono migram de um reservatório para outro, através dos processos intimamente relacionados,

# 7

## O Sol e os combustíveis

- A lenha.
- O carvão mineral.
- O petróleo.
- O álcool de cana.
- De onde vem essa energia?



Animais e plantas soterrados ao longo de bilhões de anos se transformaram em combustíveis fósseis.



Na queima da lenha, do petróleo, do álcool de madeira ou de cana, transformamos energia química em térmica, que pode ser transformada em energia de movimento.

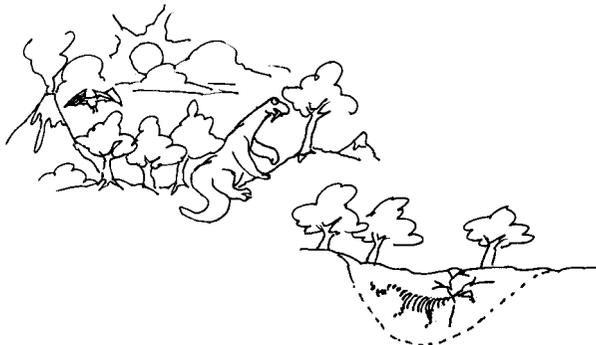
### Carvão mineral: um combustível fóssil

### Os combustíveis fósseis são reservas da energia solar produzidas no passado

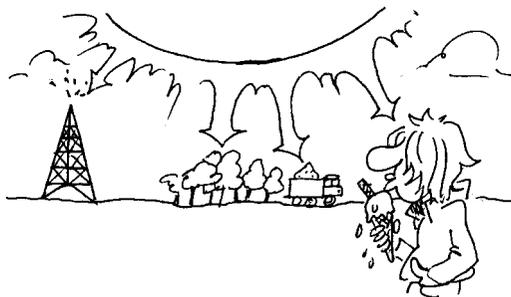
### O Sol é o responsável por quase toda a energia que utilizamos

As plantas, ao realizarem a fotossíntese, garantem a produção de matéria orgânica e do oxigênio do ar necessários à vida animal.

Ao morrer, tanto as plantas como os animais se decompõem muito rapidamente. Ao longo de bilhões de anos, muitos organismos foram soterrados por areia ou lama e submetidos a intensas pressões, sofrendo um processo de fossilização.



A gasolina, o óleo diesel e outros derivados do petróleo são formados por fósseis vegetais e animais, assim como os alimentos, a lenha e o carvão vegetal produzidos pelas plantas são resultados da transformação de energia proveniente do Sol através da fotossíntese, em energia química de ligação, principalmente do carbono e do hidrogênio.



Tanto a hidroeletricidade como a energia dos ventos e as combustões de todos os tipos dependem da radiação solar, seja para a evaporação da água, seja para a circulação de ar ou para a fotossíntese, que garante a formação dos combustíveis.

*A pergunta que fica é: que origem tem a energia solar?* Essa energia, também chamada **energia radiante**, é resultado da fusão nuclear que se dá no processo de evolução das estrelas.

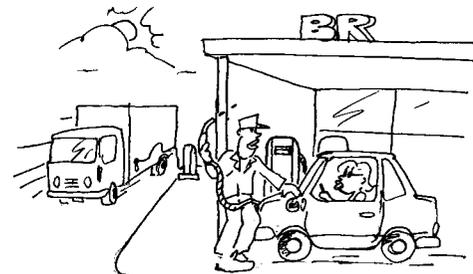
No caso do Sol, por exemplo, o tipo de fusão nuclear que ocorre faz com que núcleos de hidrogênio se juntem para compor núcleos mais complexos, como o de hélio.

Para a fusão nuclear ser possível é preciso uma temperatura altíssima, de milhões de graus. *Qual a origem inicial dessa temperatura? Que fonte de energia a promove?* Nova surpresa: é a energia gravitacional. Estrelas, como o Sol, se formam pela autocompactação gravitacional de grandes nuvens cósmicas que "caem sobre si mesmas". Nesse processo a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética, térmica, garantindo a alta temperatura, essencial à fusão nuclear.

*Será que todas as fontes de energia que existem dependem da energia proveniente do Sol?* Uma das fontes de energia no nosso planeta que não tem origem solar é a energia de fusão e fissão nuclear, usadas respectivamente nas terríveis bombas A e H e nas controversas usinas nucleares.

### O Sol e a energia que utilizamos

Os motores de automóveis e de outros veículos e as turbinas de aviões necessitam de uma fonte de energia para a produção do movimento. A energia necessária é proveniente da queima de combustíveis como a gasolina, o álcool, o óleo diesel ou o querosene.



Os fornos, fogões e aquecedores em geral têm o funcionamento baseado na queima de um combustível. Quando utilizamos combustíveis como gasolina, álcool, carvão, lenha, gás natural e outros, estamos transformando energia química em energia térmica.



O combustível mais utilizado nos fornos e fogões é o GLP (gás liquefeito de petróleo), contido em botijões de gás, que, ao ser liberado, entra em contato com o oxigênio do ar e, na presença de uma centelha, transforma energia química em energia térmica. Esse processo recebe o nome de **combustão**.



A combustão, presente tanto nos aparelhos residenciais como nos veículos, libera energia para o meio, aquecendo-o. Essa energia, conhecida como calor, depende do combustível usado e do seu fluxo.

Em todos esses processos em que ocorrem trocas de calor, os sistemas mais quentes aquecem os mais frios. Dessa forma, "**fonte de calor**" é qualquer sistema que esteja mais quente que sua vizinhança. O grau de aquecimento de um objeto é caracterizado numericamente por sua **temperatura**, ou seja, quanto mais aquecido, maior sua temperatura.

Sistemas que estejam em contato sempre interagem termicamente na troca de radiação ou na colisão entre suas partículas. Quando na mesma temperatura, há equilíbrio térmico, sem ganho ou perda de energia.

Temperaturas diferentes resultam em efetiva variação de energia, levada de um sistema para outro. **Por isso se define calor como sendo a energia transferida devido a diferenças de temperatura.**

**A quantidade de calor liberada durante a queima completa de uma unidade de massa da substância combustível é denominada calor de combustão.**

A tabela 7.1 fornece o calor de combustão de alguns combustíveis em kcal/kg.

*MAS QUAL O SIGNIFICADO DESSA UNIDADE DE MEDIDA?*

Uma maneira de medirmos energia é compararmos a quantidade utilizada em determinada situação com a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água em 1°C, que chamamos **caloria**.

Considerando que 1 kcal é igual a 1.000 calorias, quando o calor de combustão de um determinado combustível for igual a 1 kcal/kg, significa que em 1 kg de combustível serão liberadas 1.000 cal de energia durante a combustão.

O valor do calor de combustão nos permite comparar a quantidade de calor liberada por massas iguais de diferentes combustíveis.

OS MATERIAIS QUE QUEIMAM QUANDO EM CONTATO COM O AR E UMA CENTELHA SÃO CHAMADOS COMBUSTÍVEIS, E O PROCESSO DE QUEIMA É CONHECIDO COMO COMBUSTÃO

Existem combustíveis que não precisam de uma centelha para iniciar a combustão. O palito de fósforo é um exemplo desse tipo. Neste caso, o atrito com o material da caixa é suficiente para fazer o palito pegar fogo.

**Tabela 7.1**

Combustível	Calor de combustão (kcal/kg)
álcool etílico (etanol)*	6400
álcool metílico (metanol)**	4700
carvão vegetal	7800
coque	7200
gás hidrogênio	28670
gás manufaturado	5600 a 8300
gás natural	11900
gasolina	11100
lenha	2800 a 4400
óleo diesel	10900
petróleo	11900
querosene	10900
TNT	3600

\* é obtido de cana-de-açúcar, mandioca, madeira. Utilizado como álcool combustível em veículos no Brasil.

\*\* é obtido de carvão, gás natural, petróleo.

## Só produzimos calor por meio da queima?

Existem outras situações em que ocorrem transformações de energia térmica e o aquecimento também se encontra presente. As freadas, o esfregar das mãos, a compressão do ar pelas bombas de bicicleta e as marteladas, que envolvem processos tais como atrito, compressão dos gases e choques mecânicos, são algumas dessas situações. Nestes casos, ocorre um aquecimento localizado que constitui uma fonte de calor em relação à sua vizinhança.



Outro modo de produção de calor é por meio da corrente elétrica que circula em alguns tipos de fio. Este se aquece a ponto de emitir luz, como é o caso do tungstênio do filamento das lâmpadas ou do níquel-cromo dos chuveiros, aquecedores de ambiente, fornos ou ferros elétricos.

ALÉM DESSES É POSSÍVEL TERMOS OUTROS PROCESSOS NOS  
QUAIS OCORRE AQUECIMENTO E EM QUE ALGUMA "COISA"  
FUNCIONA COMO FONTE DE CALOR?

Podemos perceber a liberação de calor numa situação em que umedecemos um pano com álcool e depois o colocamos na água. A dissolução do álcool na água se constitui numa fonte de calor que vai aquecer a vizinhança, no caso a nossa mão.

Por outro lado, temos a sensação de frio quando saímos de uma piscina. Isso acontece porque as gotículas de água, em contato com o nosso corpo, retiram calor dele ao evaporar.

O conhecimento dos valores de energia fornecidos por cada combustível é importante para o dimensionamento dos queimadores e, em geral, para o planejamento, construção e uso dos fogões e outros aquecedores.

## Exercícios

**7.1** - Consulte a tabela 7.1 e responda:

- Indique o combustível que libera maior quantidade de calor por unidade de massa.
- Compare as quantidades de calor liberadas pela mesma massa de TNT e gasolina.
- Qual a relação entre as massas de gasolina e de álcool para a liberação da mesma quantidade de calor?
- Pesquise o preço de um quilograma de álcool e de um quilograma de gasolina. Estabeleça a razão entre custo e energia liberada para cada um deles. Essas razões são iguais?

**7.2** - É comum percebermos que a água de uma moringa é mais fresca do que a de uma garrafa de vidro. Explique por que existe essa diferença.

**7.3** - Pode-se cortar um arame exercendo nele movimentos de "vaivém" repetidas vezes. Explique essa operação por meio da transformação de energia.

**7.4** - Quando alguns veículos descem uma serra longa e íngreme, é comum sentirmos "cheiro de queimado". Você é capaz de explicar esse fato? O que acontece nessa situação?



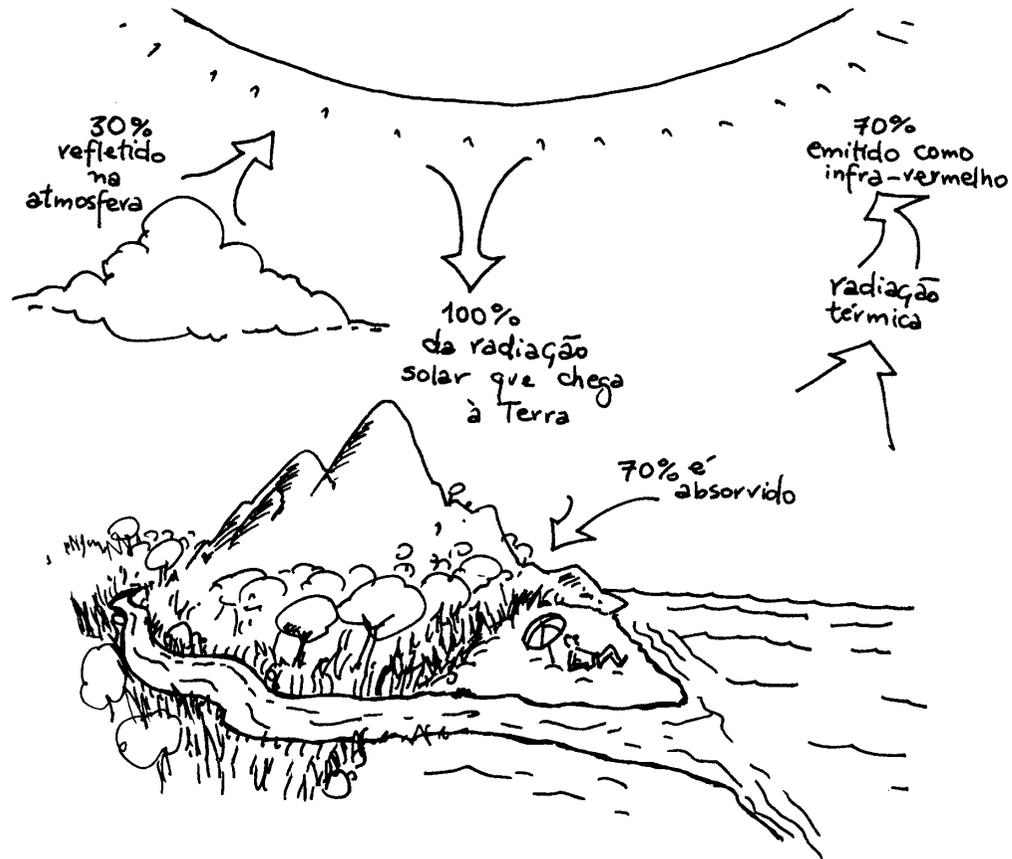
# 8

## Calor e conforto

O calor do Sol chegando até nós.

Como o calor se propaga nas situações cotidianas?

As trocas de calor que ocorrem numa cozinha.



De toda a energia do Sol que chega à Terra, 30% é refletida nas camadas superiores da atmosfera.

Os 70% restantes são absorvidos pelo ar, água, solo, vegetação e animais.

Essa energia, que garante a existência de vida na Terra, é trocada entre todos os elementos e retorna para o espaço como radiação térmica.

O homem utiliza a tecnologia para trocar calor com o meio ambiente de uma maneira confortável.

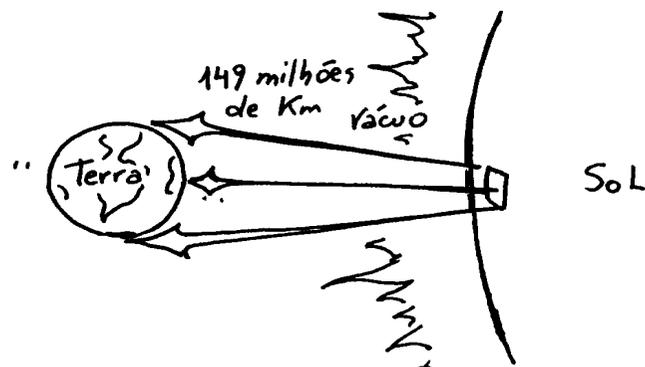
A luz e o calor do Sol quando chegam até nós já percorreram 149 milhões de quilômetros atravessando o espaço vazio, o vácuo, pois a camada atmosférica que envolve a Terra só alcança cerca de 600 km.

Esse processo de propagação de calor que não necessita de um meio material é a **irradiação**.

O Sol irradia energia em todas as direções. De toda a energia liberada pelo Sol, só 1,4 bilionésimo chega até a Terra.

### O CALOR FLUI

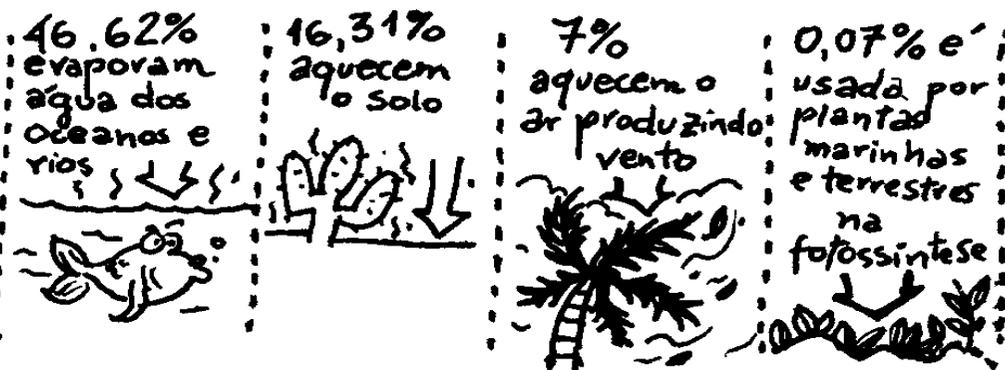
ESPONTANEAMENTE DE  
UMA FONTE QUENTE PARA  
UMA FONTE FRIA.



Toda a energia solar absorvida na Terra acaba sendo reemitida para o espaço como radiação térmica.

Parte dessa energia (30%) é refletida diretamente nas altas camadas da atmosfera e volta para o espaço.

Cerca de 46,62% dessa energia aquece e evapora a água dos oceanos e rios; 16,31% aquecem o solo; 7% aquecem o ar e 0,07% é usada pelas plantas terrestres e marinhas na fotossíntese.



### O CALOR SE PROPAGA NO AR, NA ÁGUA, NO SOLO E NOS OBJETOS ATRAVÉS DE UM MEIO MATERIAL

O ar em contato com o solo aquecido atinge temperaturas mais altas do que a das camadas mais distantes da superfície. Ao aquecer ele se dilata e passa a ocupar um volume maior; tornando-se menos denso, ele sobe. Em contato com o ar mais frio, perde calor, se contrai e desce.

O deslocamento do ar quente em ascensão e de descida do ar frio, as chamadas correntes de convecção, constituem um outro processo de propagação de calor, a **convecção**. Esse processo ocorre no aquecimento de líquidos e gases.



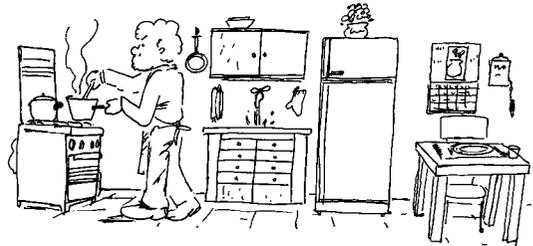
Nos sólidos o calor é conduzido através do material. É devido à condução de calor através do metal que o cabo de uma colher esquentada quando mexemos um alimento ao fogo.



Geralmente um objeto é aquecido por mais de um processo ao mesmo tempo. Numa cozinha você encontra várias fontes de calor e situações de troca interessantes. Faça a próxima atividade.

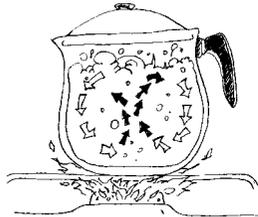
## A cozinha: um bom laboratório de Física Térmica

Ao entrar numa cozinha em funcionamento você se depara com algumas fontes de calor e um ambiente aquecido. Relacione essas fontes.



Analise as situações em destaque

1- Quando se aquece água em uma vasilha de alumínio, há formação de bolhas de ar que sobem, enquanto outras descem. Se você colocar serragem na água esse fenômeno ficará mais evidente.



- Quais os processos de propagação de calor envolvidos nessa situação?
- Se colocarmos uma pedra de gelo na água fria, poderemos observar as correntes de convecção?

2- Quando colocamos a mão ao lado e abaixo de uma panela que foi retirada do fogo, sentimos a mão aquecida.



- A que processo de propagação de calor você atribui o aquecimento da mão?

3- Como se dá a propagação do calor do forno para o ambiente?

- Compare a temperatura dos armários localizados próximos ao chão com a dos localizados no alto. A que você atribui essa diferença de temperatura?

4- Observe uma geladeira.

Será que o congelador tem de estar sempre na parte de cima? Por quê? E as prateleiras, precisam ser vazadas? Por quê?



5- Quando você coloca uma travessa retirada do forno sobre uma mesa utilizando uma esteira, qual o processo de troca de calor que você está evitando?

6- Investigue as diferentes panelas e as travessas que vão ao forno e para a mesa. Faça uma lista dos diferentes materiais que encontrou.

## Dicas da cozinha:

Na cozinha de sua casa, os fornos atingem temperaturas de cerca de 400°C. Nas indústrias metalúrgicas a temperatura dos fornos é muito maior, da ordem de 1500°C, mas os processos de propagação de calor são os mesmos.

Ao aquecer a água, a serragem deve ter ajudado a evidenciar as correntes de convecção. A camada inferior de água é aquecida por condução, pelo alumínio da panela. A água aquecida se dilata e sobe, sendo que a água da camada superior, mais fria, se contrai e desce. Também observamos as correntes de convecção esfriando a camada superior da água com uma pedra de gelo.

É para facilitar a convecção do ar que as prateleiras das geladeiras são vazadas. O ar quente sobe, resfria-se em contato com o congelador, sempre localizado na parte de cima da geladeira, se contrai e desce, resfriando os alimentos.

A temperatura mais elevada dos armários superiores da cozinha são também uma consequência da convecção do ar. O ar quente sobe e permanece em contato com eles.

É para evitar a condução do calor que usamos uma esteira entre a vasilha aquecida e a mesa, que queremos preservar.

Você deve ter ficado em dúvida ao colocar a mão ao lado e abaixo da panela. Quando colocada abaixo da panela, a mão não poderia ser aquecida por convecção, pois o ar quente sobe.

Neste caso, a propagação do calor se deu por condução através do ar ou por irradiação? Afinal, o piso da cozinha

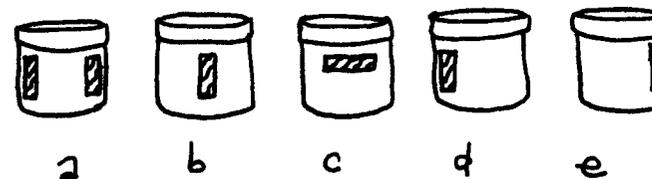
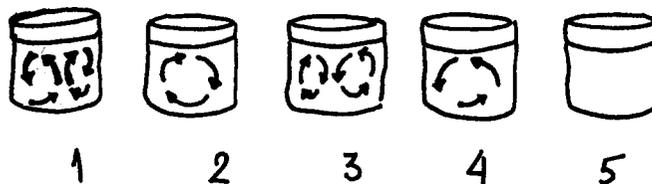
se aquece devido à condução do calor do forno e da chama do fogão pelo ar ou por irradiação?

Para responder a essas questões vamos procurar mais informações sobre a condução do calor pelos materiais. Numa cozinha há uma grande variedade deles, como você deve ter observado. Esses novos dados vão responder a outras questões relativas aos materiais utilizados em cozinhas, indústrias, moradias e roupas.

## Exercício:

8.1- Para observar correntes de convecção um aluno mergulhou um ou dois objetos de alumínio aquecidos (cerca de 100°C) num balde com água em temperatura ambiente, em várias posições.

Relacione cada uma das situações ilustradas com a respectiva corrente de convecção que deve ter sido observada.



# 9

## Transportando o calor

Utensílios.

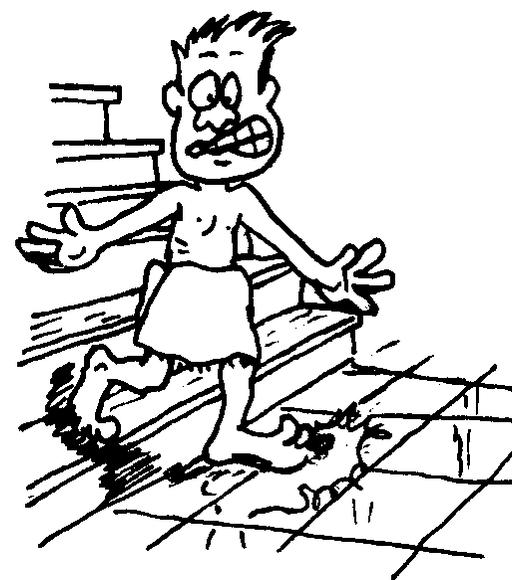
Material de Construção.

Roupas.

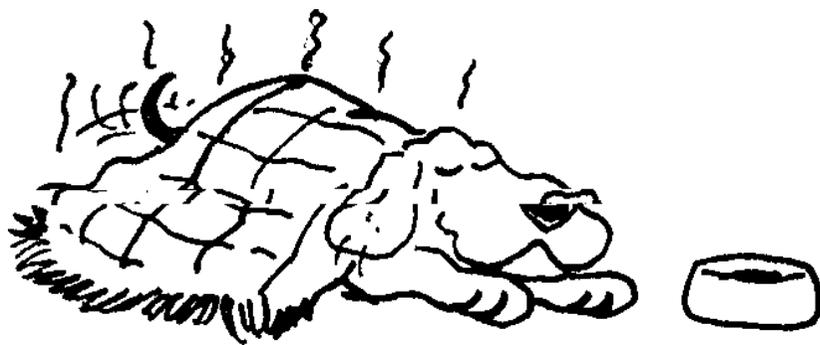
Isolantes ou Condutores?



Por que o cabo de panelas normalmente não é feito de metal?



Por que sentimos um piso de ladrilho mais frio do que um de madeira, apesar de ambos estarem à temperatura ambiente?



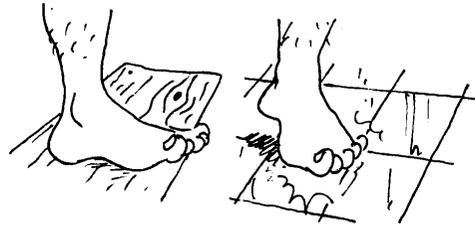
Um cobertor de lã é "quente"? Ele produz calor?

Tabela 9.1

Substâncias	Coefficiente de condutividade térmica (cal/s.cm.°C [20°C])
ar	$0,006 \times 10^{-3}$
fibra de vidro	$0,0075 \times 10^{-3}$
poliestireno	$0,0075 \times 10^{-3}$
amianto	$0,02 \times 10^{-3}$
madeira	$0,02 \times 10^{-3}$
cortiça	$0,04 \times 10^{-3}$
cerâmica	$0,11 \times 10^{-3}$
água	$0,15 \times 10^{-3}$
concreto	$0,2 \times 10^{-3}$
gelo (a 0°C)	$0,22 \times 10^{-3}$
vidro	$0,25 \times 10^{-3}$
tijolo	$0,3 \times 10^{-3}$
mercúrio	$1,97 \times 10^{-3}$
bismuto	$2,00 \times 10^{-3}$
chumbo	$8,30 \times 10^{-3}$
aço	$11,00 \times 10^{-3}$
ferro	$16,00 \times 10^{-3}$
latão	$26,00 \times 10^{-3}$
alumínio	$49,00 \times 10^{-3}$
antimônio	$55,00 \times 10^{-3}$
ouro	$70,00 \times 10^{-3}$
cobre	$92,00 \times 10^{-3}$
prata	$97,00 \times 10^{-3}$

O cabo de panelas geralmente de madeira ou de material plástico (baquelite) permanece a uma temperatura bem menor que a panela aquecida, o que nos permite retirá-la do fogo segurando-a pelo cabo.

Ao tocarmos um piso de madeira, temos a sensação de que este é mais quente que o piso de ladrilho. O pé e o ladrilho trocam calor muito mais rapidamente do que o pé e a madeira. A madeira é um mau condutor de calor. Os maus condutores de calor são chamados de **isolantes térmicos**.



Encontrar o material adequado para um uso específico pode ser uma tarefa simples, como escolher um piso frio para uma casa de praia, ou mais complexa, como definir a matéria-prima das peças de máquinas térmicas.

É importante na escolha de materiais levarmos em conta o seu comportamento em relação à condução térmica. Para isso comparamos esses materiais segundo o seu **coeficiente de condutividade**, que indica quantas calorias de energia térmica são transferidas por segundo, através de 1 cm do material, quando a diferença de temperatura entre as extremidades é de 1°C.

A tabela 9.1 nos permite comparar a condutividade de alguns materiais sólidos. Traz também o coeficiente de um líquido (a água) e de um gás (o ar) com os quais trocamos calor constantemente.

Sendo o coeficiente de condutividade do ar muito baixo, como mostra a tabela, podemos afirmar que o calor quase não se propaga através do ar por condução. Quando sentimos o calor ao colocar a mão abaixo de uma panela

quente, a propagação não poderia ter ocorrido por convecção, pois o ar quente sobe, nem por condução, pois ela é muito pequena, tendo sido portanto irradiado.

A tabela 9.1 nos mostra também que os metais e as ligas metálicas são bons condutores de calor.

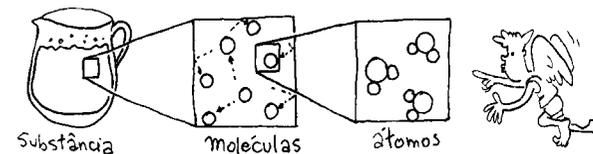
Ser um bom condutor de calor, entre outras propriedades, faz com que o aço, o ferro e o alumínio sejam a matéria-prima das peças de máquinas térmicas, como o motor de carros. Nesses motores a combustão, o calor interno devido à explosão do combustível é muito intensa e deve ser rapidamente transferido para o meio ambiente, para evitar que as peças se dilatem e até mesmo se fundam.

MAS, AFINAL, COMO É QUE ACONTECE A CONDUÇÃO DE CALOR NOS DIVERSOS MATERIAIS? EXISTE UMA DIFERENÇA ENTRE A CONSTITUIÇÃO DO ALUMÍNIO À TEMPERATURA AMBIENTE OU DO ALUMÍNIO AQUECIDO?

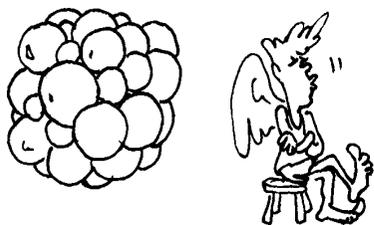
Não podemos ver como as substâncias são constituídas, nem mesmo com microscópios potentes, mas podemos imaginar como elas são fazendo um "modelo" baseado em resultados experimentais.

### Como são constituídos os materiais?

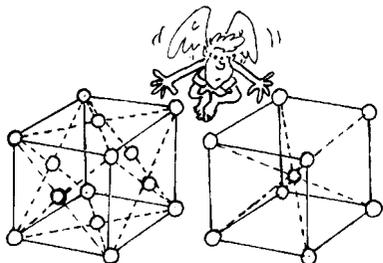
Um modelo proposto pela comunidade científica é o que supõe que todas as substâncias são formadas por pequenas porções iguais chamadas moléculas. As moléculas diferem umas das outras, pois podem ser constituídas por um ou mais átomos iguais ou diferentes entre si.



Cada material é formado por átomos e moléculas que o caracterizam. No caso do alumínio que está no estado sólido, os átomos estão próximos uns dos outros e interagem entre si. Esses átomos não mudam de posição facilmente, e por isso os sólidos mantêm a forma e o volume.

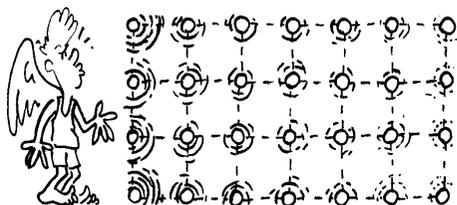


Os átomos do alumínio formam uma estrutura regular chamada de rede cristalina.



Neste modelo de sólido cristalino as moléculas não ficam paradas, e sim oscilam. Essa oscilação é mais ou menos intensa, dependendo da temperatura do material.

Os átomos do alumínio de uma panela aquecida vibram mais do que se estivessem à temperatura ambiente. Os átomos que estão em contato com a chama do fogão adquirem energia cinética extra e vibram mais intensamente, interagem com os átomos vizinhos que, sucessivamente interagem com outros, propagando o calor por toda a extensão da panela. É dessa forma que o nosso modelo explica a propagação do calor por condução.



Em materiais em que as moléculas interagem menos umas com as outras a condução do calor é menos eficiente. É o caso do amianto, da fibra de vidro, da madeira. Veja que isso está de acordo com os valores dos coeficientes de condutividade da tabela 9.1.

Assim como os sólidos, os líquidos e os gases também são formados por moléculas; porém, essas moléculas não formam redes cristalinas. Isso faz com que a propagação do calor nos líquidos e nos gases quase não ocorra por condução.

Num líquido, as moléculas se movimentam mais livremente, restritas a um volume definido, e a sua forma varia com a do recipiente que o contém. Nesse caso, o calor se propaga, predominantemente, através do movimento de moléculas que sobem quando aquecidas e descem quando resfriadas, no processo de convecção.

Nos gases, as moléculas se movimentam ainda mais livremente que nos líquidos, ocupando todo o espaço disponível; não têm forma nem volume definidos. A convecção também é o processo pelo qual o calor se propaga, predominantemente, nos gases.

### Escolhendo os materiais

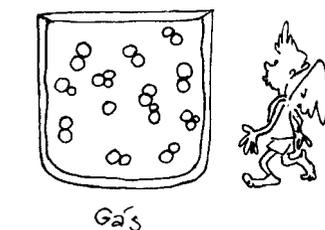
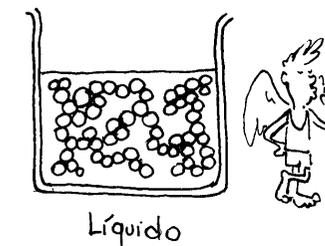
Dependendo das condições climáticas de um lugar, somos levados a escolher um tipo de roupa, de moradia e até da alimentação.

*Roupa "quente" ou "fria"? Mas é a roupa que é quente? Uma roupa pode ser fria?*

O frio que sentimos no inverno é devido às perdas de calor do nosso corpo para o meio ambiente que está a uma temperatura inferior.

A roupa de lã não produz calor, mas isola termicamente o nosso corpo, pois mantém entre suas fibras uma camada de ar. A lã que tem baixo coeficiente de condutividade térmica diminui o processo de troca de calor entre nós e o ambiente. Esse processo deve ser facilitado no verão, com o uso de roupas leves em ambiente refrigerados.

### Nos sólidos a irradiação do calor ocorre simultaneamente à condução



### Nos líquidos e nos gases a condução e irradiação de calor também ocorrem simultaneamente à convecção

**Em lugares onde o inverno é rigoroso, as paredes são recheadas de material isolante e os encanamentos de água são revestidos de amianto, para evitar perdas de calor por condução e convecção**

# Trocas de calor

## Como trocamos calor com o ambiente?

Apesar de perdermos calor constantemente, o nosso organismo se mantém a uma temperatura por volta de 36,5°C devido à combustão dos alimentos que ingerimos.

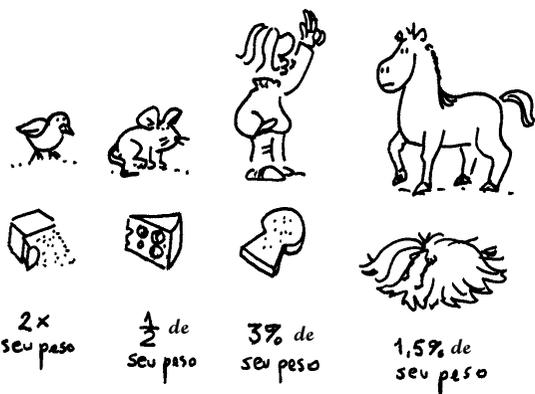
### Quanto calor nós perdemos? Como perdemos calor?

Os esportistas sabem que perdemos mais calor, ou seja, gastamos mais energia, quando nos exercitamos.

Um dado comparativo interessante é que quando dormimos perdemos tanto calor quanto o irradiado por uma lâmpada de 100 watts; só para repor essa energia, consumimos diariamente cerca de 1/40 do nosso peso em alimentos.

### Você já observou que os passarinhos e os roedores estão sempre comendo?

Por estar em constante movimento, esses animais pequenos necessitam proporcionalmente de mais alimentos que um homem, se levarmos em conta o seu peso.



É pela superfície que um corpo perde calor.

Um animal pequeno tem maior superfície que um de grande porte proporcionalmente ao seu peso, e é por isso que tem necessidade de comer mais.

Não é só a quantidade de alimentos que importa, mas sua qualidade. Alguns alimentos, como o chocolate, por exemplo, por serem mais energéticos, são mais adequados para ser consumidos no inverno, quando perdemos calor mais facilmente.

## Trocando calor...

**9.1** - Cenas de filmes mostram habitantes de regiões áridas atravessando desertos com roupas compridas de lã e turbantes. Como você explica o uso de roupas "quentes" nesses lugares, onde as temperaturas atingem 50°C?

### RESOLUÇÃO:

Em lugares onde a temperatura é maior do que a do corpo humano (36°C) é necessário impedir o fluxo de calor do ambiente para a pele do indivíduo. A lã, que é um bom isolante térmico, retém entre suas fibras uma camada de ar a 36°C e dificulta a troca de calor com o ambiente.

Ao anoitecer a temperatura no deserto cai rapidamente e a roupa de lã protege os viajantes, impedindo o fluxo de calor do corpo para o exterior.

**9.2** - Asas-deltas e *paragliders*, conseguem atingir locais mais altos do que o ponto do salto, apesar de não terem motor. O mesmo ocorre com planadores, que, após serem soltos dos aviões rebocadores, podem subir. Como você explica esse fato?

### RESOLUÇÃO:

As pessoas experientes que saltam de asas-deltas ou *paragliders* conseguem aproveitar as correntes

ascendentes de ar quente para subir e planar em pontos mais elevados do que o do salto. Para descer procuram as correntes de ar frio, e descem lentamente.

Em todos esses vôos o ângulo de entrada na corrente de convecção do ar, o "ângulo de ataque", determina a suavidade da subida ou do pouso, e até mesmo a segurança do tripulante, no caso de mudanças climáticas bruscas (ventos fortes, chuvas etc.).

**9.3** - Geladeiras e fornos normalmente têm a estrutura (carcaça) de chapas metálicas, que são bons condutores de calor. Como elas conseguem "reter" o calor fora da geladeira ou no interior do forno?

### RESOLUÇÃO:

Tanto a carcaça de geladeiras como a de fornos são fabricadas com duas paredes recheadas com um material isolante.

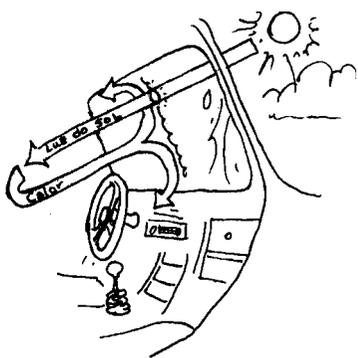
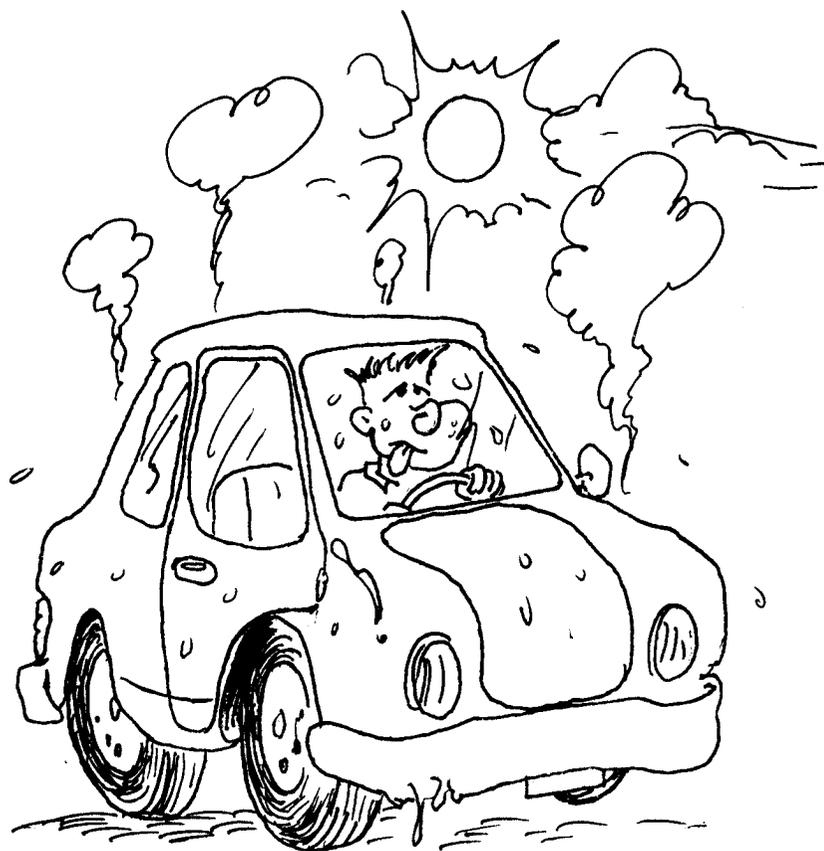
Os isolantes térmicos mais eficientes são a lã de vidro e a espuma de poliuretano. Eles evitam que o calor seja conduzido do ambiente para o interior da geladeira. No caso dos fornos, eles impedem as perdas de calor por condução do interior do forno para fora.

**9.4** - No livro *No País das Sombras Longas*, Asiatic, uma personagem esquimó, ao entrar pela primeira vez numa cabana feita de troncos de árvores num posto de comércio do Homem Branco, comenta: "Alguma coisa está errada, em relação ao Homem Branco. Por que ele não sabe que um iglu pequeno é mais rápido de ser construído e mais fácil de manter aquecido do que uma casa enorme?". Discuta esse comentário fazendo um paralelo entre os tipos diferentes de habitação. (Obs.: compare os coeficientes de condutividade da madeira, do gelo e do concreto.)

# — 10 —

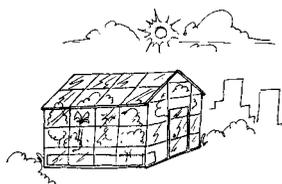
## Cercando o calor

A estufa.  
A garrafa térmica.  
O coletor solar.



Quem já entrou num carro que tenha ficado estacionado ao sol por algum tempo vai entender o significado da expressão "cercando o calor".

Se o calor "consegue" entrar no carro, por que ele não sai?  
Como os materiais "absorvem" e emitem calor?



NA IRRADIAÇÃO SOMENTE  
A ENERGIA É  
TRANSMITIDA.  
AS ONDAS  
ELETROMAGNÉTICAS  
NÃO NECESSITAM DE UM  
MEIO MATERIAL PARA  
SER TRANSPORTADAS.

NAS INTERAÇÕES COM  
OS MATERIAIS A LUZ SE  
COMPORTA COMO  
PARTÍCULA.

### A estufa

Quando um carro fica exposto ao sol, o seu interior se aquece muito, principalmente porque os vidros deixam entrar a luz, que é absorvida pelos objetos internos e que por isso sofrem uma elevação de temperatura. Costumamos dizer que o carro se transformou em uma estufa.

De fato, as estufas utilizadas no cultivo de algumas plantas que necessitam de um ambiente aquecido para se desenvolver são cobertas de vidro. Mas, por que o lado de dentro fica mais quente que o lado de fora?

O "calor" do Sol chega até nós principalmente na forma de luz visível, por irradiação, isso porque quase todo calor proveniente do Sol é refletido ou absorvido na atmosfera terrestre. Para explicar a irradiação, seja a do Sol, seja a de um forno ou de qualquer objeto aquecido, temos de pensar na luz como uma onda eletromagnética, semelhante às ondas de rádio ou às de raios X. Novamente estamos recorrendo a um modelo para explicar um fenômeno.

Essas ondas não necessitam de um meio material para ser transportadas. Nesse processo de propagação de calor, somente a energia é transmitida.

A luz do Sol, interpretada como uma onda eletromagnética, atravessa o vidro do carro ou da estufa e incide nos objetos internos. Eles absorvem essa radiação e emitem radiação infravermelha (calor), que fica retida no interior do carro, impedida de sair porque o vidro é "opaco" a ela, tendo um efeito cumulativo.

Além disso, a troca de calor com o ambiente externo por condução é dificultada porque o ar de fora também está quente e o vidro é um mau condutor de calor.

### Absorção da luz

Qualquer objeto que receba a luz do Sol absorve energia, se aquece e emite calor.

A interação da luz com a matéria só ocorre nos pontos onde a luz incidir. Isso pode ser observado no

desbotamento dos tecidos e papéis expostos ao sol, que só ocorre em alguns pontos.

Esse efeito localizado só é explicado se interpretarmos que a luz nessa interação com a matéria se comporta como partícula. Esse modelo, o **modelo quântico**, considera a energia luminosa como grãos de energia, os **fótons**.

Os objetos absorvem fótons de energia da luz incidente e depois emitem fótons de energia mais baixa, o calor.

Estes dois aspectos da luz: comportar-se como onda ou como partícula nas interações com a matéria são conhecidos como a **"dualidade onda-partícula"**. Este modelo será estudado com mais detalhes no curso de Óptica e Eletromagnetismo.

Veja agora como "aprimosamos" calor impedindo a absorção ou emissão de radiação e outras trocas de calor num utensílio de uso diário em nossa casa.

### A garrafa térmica

Inventada no final do século XIX pelo cientista Dewar, essa vasilha dificulta muito a propagação do calor por condução, por convecção ou por irradiação.

É constituída de paredes duplas. Quase todo o ar contido entre as paredes é retirado, evitando-se assim que o calor se perca por convecção ou por condução.

Para evitar as perdas de calor por radiação, as paredes são prateadas: a interna, na parte em contato com o líquido, para refletir as ondas de calor do interior, impedindo-as de sair, e a externa, na parte de fora, para refletir as ondas de calor que vem do meio ambiente, impedindo-as de entrar.



COMO A GARRAFA TÉRMICA

TAMBÉM MANTÉM LÍQUIDOS A  
TEMPERATURAS INFERIORES À  
DO AMBIENTE?

Um aparelho construído para "cercar" o calor com a função de aquecer a água é o coletor solar.

Depois das leituras sobre a propagação do calor e com algumas investigações você pode fazer a próxima atividade.

### Atividade: Construção de um coletor solar

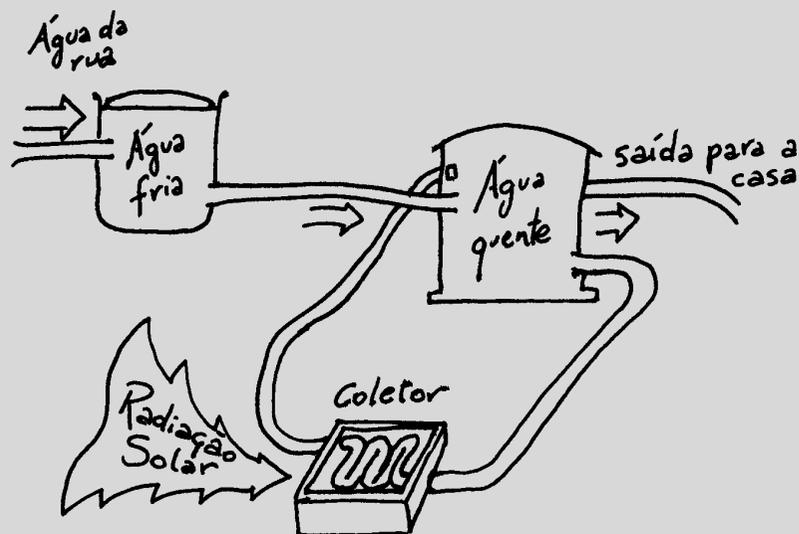
O sistema de captação de energia solar foi idealizado no século XVIII pelo cientista suíço Nicolas de Saussure.

Utilizado hoje em residências e indústrias, esse aparelho capta a energia solar e impede as perdas de calor por irradiação e condução para o ambiente, com a finalidade de aquecer a água.

O Sol, fonte de energia gratuita, disponível algumas horas por dia, ao substituir os combustíveis comuns preserva as reservas de energia fóssil e não polui.

Você pode construir um aquecedor simples levando em conta o que aprendeu e com alguma pesquisa.

- 1- Escolha um tubo através do qual deve circular a água e que será exposto ao sol. Da escolha de um tubo de borracha, PVC ou metal dependerá a eficiência do seu coletor. Consulte a tabela de condutividade.
- 2- Você acha que é necessário que o tubo forme uma serpentina como o do esquema apresentado? Por quê?
- 3- Esse tubo deve ser pintado? De que cor? Investigue a influência da cor dos objetos na absorção da energia térmica medindo a temperatura de objetos brancos (de mesmo material), pretos e de outras cores que tenham ficado expostos ao sol durante o mesmo tempo. A partir da sua investigação, qual cor de tinta é a mais indicada. Por quê?
- 4- Os coletores solares industrializados são cobertos por uma placa de vidro. Verifique como a colocação desse dispositivo melhora a eficácia de seu aparelho. Lembre-se da estufa!
- 5- Encontre soluções para evitar as perdas de calor do seu aquecedor para o exterior. Consulte a tabela 9-1.
- 6- No aquecedor esquematizado, qual deve ser a entrada e a saída de água do reservatório de água quente para o coletor? Por quê?



- 7- Meça a temperatura atingida pela água no seu coletor solar. Compare a eficiência do seu aparelho com a dos seus colegas e com a dos aparelhos industrializados.

# Transformando luz em calor

## O efeito estufa

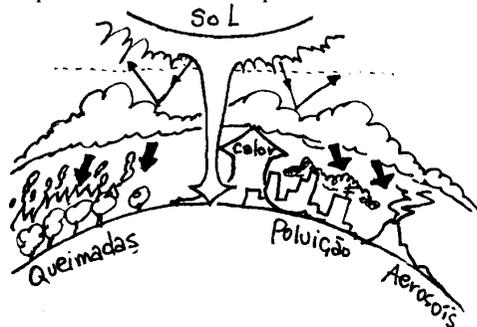
A Terra recebe diariamente a energia solar, que é absorvida pelo planeta e emitida na forma de radiação infravermelha para o espaço. Uma parcela desse calor volta para nós retido pela atmosfera.

O vapor de água, o gás carbônico e o CFC (clorofluorcarbono) presentes na atmosfera deixam passar luz solar, mas absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra e a devolvem para a superfície, o que constitui o **efeito estufa**. O oxigênio e o nitrogênio, transparentes tanto à luz solar como ao infravermelho, não colaboram para o efeito estufa.

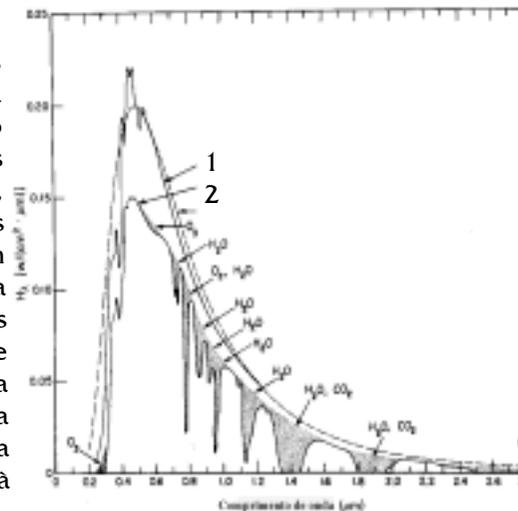
É devido ao efeito estufa que o nosso planeta se mantém aquecido durante a noite. Sem esse aquecimento a Terra seria um planeta gelado, com poucas chances de propiciar o surgimento da vida.

Há milhares de anos, a temperatura média da Terra é de 15°C, isso porque toda energia que chega do Sol é emitida como radiação infravermelha para o espaço. Porém, no último século, a temperatura média da Terra aumentou cerca de 0,5°C. Alguns pesquisadores atribuem esse aumento ao efeito estufa causado por um acréscimo da concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, devido à combustão de carvão usado na geração de energia elétrica e do petróleo nos meios de transporte.

Se a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentar muito, quase toda radiação infravermelha voltará para o planeta, que se aquecerá cada vez mais. É um aquecimento de grandes proporções que tememos. Ele poderia transformar terras férteis em solos áridos e provocar o derretimento das geleiras dos pólos, inundando as regiões litorâneas. Não é à toa que o efeito estufa é para nós sinônimo de ameaça.



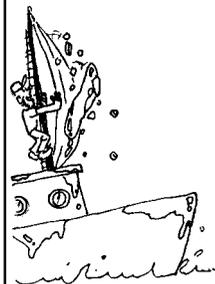
O gráfico ao lado apresenta as curvas de Irradiação solar fora da atmosfera terrestre (1) e ao nível do mar (2). Podemos identificar, na região hachurada, a absorção do calor pelos gases da atmosfera terrestre, bem como estimar a parcela da radiação refletida nas altas camadas da atmosfera. Note que na parte à direita a curva corresponde ao calor, e que a ampla absorção impede a chegada dessa radiação à superfície terrestre.



## Que cor esquenta mais?

Os pigmentos, responsáveis pelas cores dos objetos e das tintas, são conjuntos de substâncias que refletem parte da luz incidente - compondo a cor que vemos - e que absorvem o restante - transformando luz em calor. A tabela ao lado relaciona o índice de reflexão da luz incidente para alguns materiais e cores.

Agora responda: que cores esquentam mais?



Em seu livro *Paratii: Entre Dois Pólos*, Amyr Klink narra a sua decisão de importar um mastro para seu barco *Paratii*, que navegaria até a Antártida. O mastro deveria ser anodizado, isto é, ter a superfície do alumínio coberta por uma cor, sem ser pintada. Amyr conta também como essa decisão foi, para ele, de vital importância.

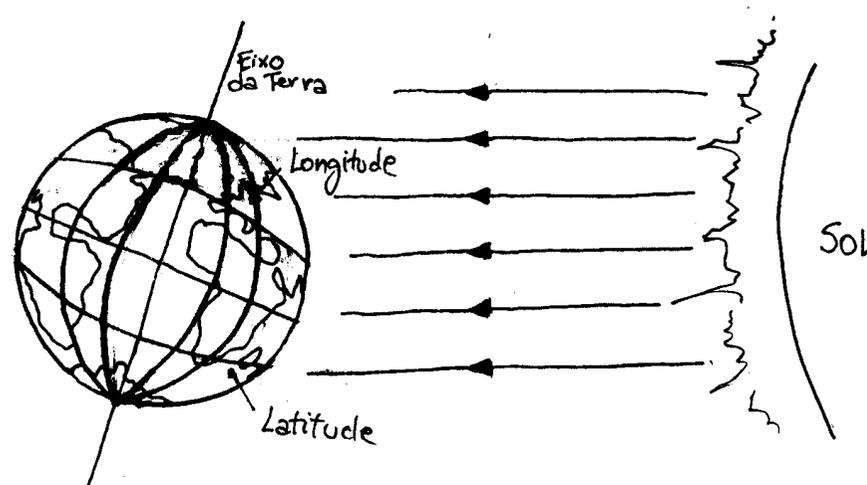
Material ou cor	reflexão (%)
Branco	70 - 85
Gesso	70 - 80
Amarelo	65 - 75
Esmalte branco	65 - 75
Azulejo branco	60 - 75
Mármore claro	60 - 70
Cinza-claro	45 - 65
Rosa	45 - 60
Cimento claro	35 - 50
Azul-claro	30 - 55
Verde-claro	30 - 55
Madeira clara	30 - 50
Ocre	30 - 50
Concreto claro	30 - 40
Cinza médio	25 - 40
Laranja	25 - 35
Vermelho-claro	25 - 35
Tijolo claro	20 - 30
Concreto escuro	15 - 25
Granito	15 - 25
Azul-escuro	10 - 25
Madeira escura	10 - 25
Marrom	10 - 25
Verde-escuro	10 - 25
Cinza-escuro	10 - 20
Vermelho-escuro	10 - 20
Tijolo escuro	10 - 15
Preto	5

"...e então descobri o quanto foi importante insistir na cor preta do mastro. Ao tocar no gelo, ele desprendeu-se como um picolé saindo da fôrma. Subi até a primeira cruzeta e em segundos não havia mais gelo sobre a superfície escura do mastro. Todas as outras ferragens, que não eram pretas, estavam cobertas." (pág. 178)

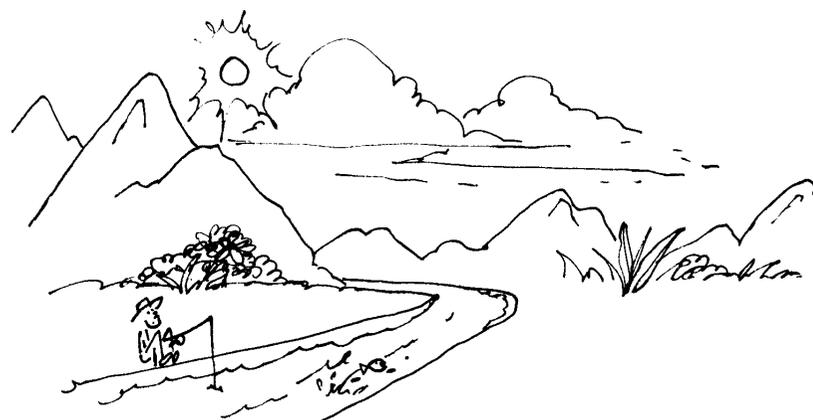
# 11

## Aquecimento e clima

Brisas amenas ou vendavais assustadores?  
O que propicia a formação dos ventos?



A inclinação do eixo da Terra e a localização de uma região (latitude e longitude) determinam a quantidade de radiação solar que a região recebe.



O solo, a água e a vegetação, entretanto, alcançam temperaturas diferentes ao receberem a mesma quantidade de radiação solar.

Esse aquecimento diferenciado, juntamente com as características de cada região, determinam o seu clima.

# 11 Aquecimento e clima



O aquecimento diferenciado do solo, da água e da vegetação, a presença de maior ou menor quantidade desses elementos numa localidade, as diferentes formações rochosas, como as montanhas e vales, determinam o clima de uma região.

O homem pode interferir nesse equilíbrio ao lançar no ar partículas de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) em quantidades que alterem significativamente a atmosfera, ao represar os rios nas construções de hidrelétricas, desmatando florestas, provocando erosões, poluindo o solo e a água.

Essas alterações, poderiam provocar um aumento na temperatura média do nosso planeta, que é de  $15^\circ\text{C}$  e não se modifica ao longo de muitos anos. Um aumento de cerca de  $2^\circ\text{C}$  na temperatura média da Terra seria suficiente para transformar terras férteis em áridas e duplicar o número de furacões.

MAS COMO O AQUECIMENTO DA TERRA INFLUI NA  
FORMAÇÃO DE FURACÕES? ESSE AQUECIMENTO TAMBÉM É  
RESPONSÁVEL PELA OCORRÊNCIA DE VENTOS MAIS  
AMENOS?

Vamos discutir esse aquecimento pela formação de ventos brandos e agradáveis.

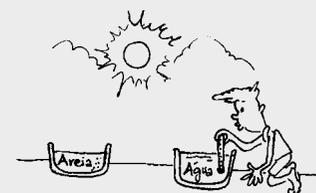
## A brisa marítima.

Diferentemente dos ventos que ocorrem eventualmente, a brisa marítima é um fenômeno diário, sopra do mar para a terra durante o dia e em sentido contrário à noite.

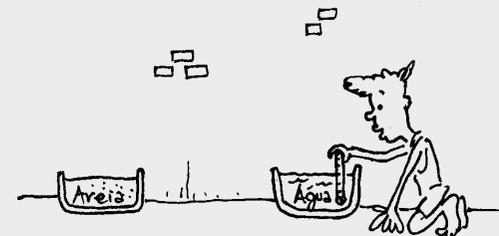
Durante o dia a areia atinge uma temperatura bem maior do que a água. Você pode fazer a próxima atividade para comprovar essa afirmação.

## Aquecendo areia e água

Deixe em duas vasilhas rasas a mesma massa de água e de areia expostas ao sol. Meça a temperatura da água e da areia algumas vezes e anote esses valores.



Retirando as vasilhas do sol, você pode comparar as quedas de temperatura da areia e da água ao longo do tempo.



Você vai verificar com essa atividade que para massas iguais de areia e água que recebem a mesma quantidade de calor a elevação da temperatura da areia é bem maior. A areia também perde calor mais rapidamente do que a água quando retirada do sol.

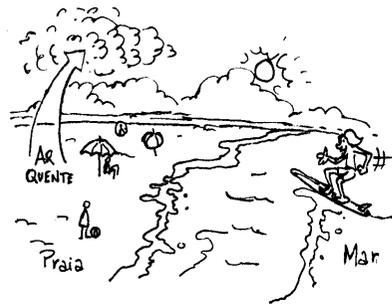
**A quantidade de calor necessária para elevar em  $1^\circ\text{C}$  a temperatura de uma unidade de massa de cada substância é chamada de calor específico.**

Quando a radiação solar incide sobre o solo, ela é quase totalmente absorvida e convertida em calor. Além disso, esse aquecimento fica restrito a uma fina camada de terra, uma vez que esta é má condutora de calor. Por outro lado, sendo a água quase transparente, a radiação, ao incidir sobre o mar, chega a aquecer a água em maior profundidade. Assim sendo, a massa de terra que troca

calor é muito menor que a de água, e acaba também sendo responsável pela maior elevação de temperatura da terra.

Um outro fator que contribui da mesma forma para essa diferença de aquecimento é que parte da radiação recebida pela água é utilizada para vaporizá-la e não para aumentar sua temperatura.

Como a terra fica mais aquecida durante o dia, o ar, nas suas proximidades, também se aquece e se torna menos denso, formando correntes de ar ascendentes. Acima da superfície da areia "cria-se" então uma região de baixa pressão, isto é, menos moléculas de ar concentradas num certo espaço.



O ar próximo à superfície da água, mais frio e por isso mais denso, forma uma região de alta pressão.

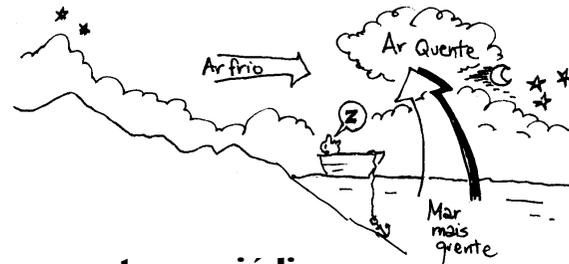


Esse ar mais frio movimenta-se horizontalmente do mar para a terra, isto é, da região de alta pressão para a de baixa pressão.

Essa movimentação se constitui numa brisa que sopra do mar para a terra e que ocorre graças à convecção do ar.

À noite, os mesmos fatores ocorrem de forma inversa, e a brisa sopra da terra para o mar.

A água se mantém aquecida por mais tempo, enquanto a terra diminui rapidamente sua temperatura. Diferentes resfriamentos, diferentes pressões; o ar sobre a terra está mais frio e mais denso (alta pressão), o ar sobre o mar, mais quente e menos denso (baixa pressão), e a brisa sopra da terra para o mar.



## Outros ventos periódicos

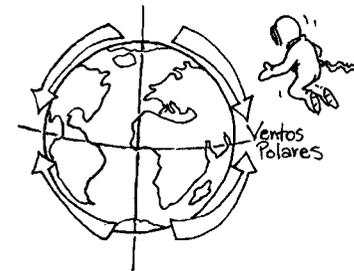
Além das brisas marítimas temos ventos diários que sopram dos pólos para o equador. Esses ventos se formam porque o ar próximo às superfícies aquecidas da região equatorial se torna menos denso e sobe, criando uma região de baixa pressão.

Ocorre então uma movimentação horizontal de ar frio da região de alta pressão (pólos da Terra) para a região de baixa pressão (equador da Terra).

Existem também ventos periódicos anuais. Devido à inclinação do eixo da Terra, em cada época do ano um hemisfério recebe maior quantidade de calor que o outro, o que provoca a formação de ventos que estão associados às quatro estações do ano.

Os ventos se formam devido ao aquecimento diferenciado de solo, água, concreto, vegetação e da presença de maior ou menor quantidade desses elementos.

A altitude de uma região, bem como a sua localização no globo (latitude e longitude), definem a quantidade de radiação solar recebida e caracterizam o seu clima em cada época.



## O fenômeno El Niño

Até cerca de 30 anos atrás, o "El Niño" era um fenômeno conhecido apenas por pescadores peruanos. Os cardumes de anchovas sumiam das águas onde eram pescados, o que acontecia com periodicidade de alguns anos, geralmente na época do Natal, daí o seu nome El Niño (O Menino Jesus).

El Niño é visto até hoje como um fenômeno climático que ocorre periodicamente e altera o regime de ventos e chuvas do mundo todo. Consiste no aquecimento anormal da superfície das águas do oceano Pacífico na região equatorial, que se estende desde a costa australiana até o litoral do Peru.

Hoje, acredita-se que os ventos tropicais que sopram normalmente da América do Sul em direção à Ásia, através do Pacífico, são responsáveis pelas baixas temperaturas no oceano Pacífico junto à costa das Américas. Os ventos "empurram" constantemente a camada da superfície do oceano, aquecida pelo sol, para a costa da Ásia e da Austrália, deixando exposta a camada mais fria. Quando esses ventos diminuem de intensidade, provocam esse aquecimento "anormal" e o fenômeno El Niño. As causas do enfraquecimento dos ventos tropicais ainda não são conhecidas, mas são periódicas.

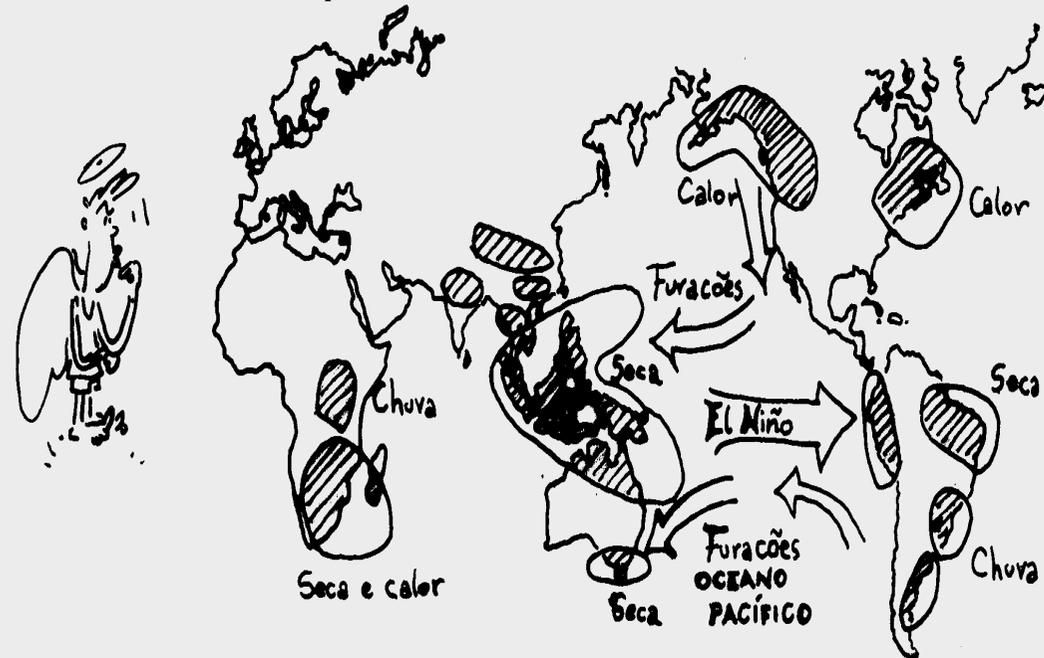
Normalmente os ventos tropicais são fortes e deixam à tona as águas mais frias, que juntamente com os seus nutrientes atraem os peixes. Essa mistura de águas mantém a temperatura da região equatorial do oceano Pacífico em torno de 24°C.

Com a diminuição da intensidade dos ventos tropicais, que acontece periodicamente, não ocorre o deslocamento das águas superficiais, o que muda o equilíbrio global. A água da superfície chega a atingir 29°C, por uma extensão de 5000 km.

Devido à elevação de temperatura, há maior evaporação dessa grande massa de água, e as chuvas caem sobre o oceano em vez de chegar até o sudeste da Ásia, provocando tempestades marítimas e desregulando os ciclos das chuvas de toda a região tropical.

Como consequência, temos chuvas intensas no sudeste dos Estados Unidos, no sul do Brasil e na região costeira do Peru.

O El Niño é responsável também pelas secas mais intensas no nordeste brasileiro, no centro da África, nas Filipinas e no norte da Austrália.



Atualmente, os pesquisadores mantêm bóias no oceano Pacífico que registram diariamente a temperatura da água. Dados coletados nos anos 80, mostram que em doze anos aconteceram quatro aquecimentos. Anteriormente a esse controle, pensava-se que o El Niño ocorresse a cada sete anos.

Para alguns cientistas, o homem é o vilão, que ao poluir o ar interfere no seu ciclo, tornando-se responsável pelo fenômeno El Niño. Mas existe também uma teoria que afirma ser o calor liberado pelo magma vulcânico do fundo do oceano Pacífico o responsável por esse aquecimento, que se constitui no maior fenômeno climático da Terra.

**O que você acha? Faça uma pesquisa sobre as medidas que têm sido tomadas pelo homem para diminuir os efeitos desse fenômeno. Procure saber também sobre o fenômeno oposto ao El Niño, a La Niña. Qual será a diferença?**

# —12—

## Aquecimento e técnica

Carro refrigerado  
a ar ou a água?



Calores específicos tão diferentes como o do ar e o da água determinam sistemas de refrigeração que utilizam técnicas bastante diferentes.

As câmaras de combustão do motor de automóveis, onde ocorre a queima do combustível, atingem altas temperaturas (em média cerca de 950°C). Se esses motores não forem refrigerados continuamente, suas peças fundem-se. Essa refrigeração pode ser feita pela circulação de água ou de ar, duas substâncias abundantes na natureza mas que se aquecem de maneira bastante diferente.

Tabela 12.1

Substância	Calor específico (pressão constante) (cal/g.°C)
água a 20°C	1
água a 90°C	1,005
álcool	0,6
alumínio	0,21
ar	0,24
chumbo	0,031
cobre	0,091
ferro	0,11
gelo	0,5
hidrogênio	3,4
latão	0,092
madeira (pinho)	0,6
mercúrio	0,03
nitrogênio	0,247
ouro	0,032
prata	0,056
tijolo	0,2
vapor de água	0,48
vidro	0,2
zinco	0,093

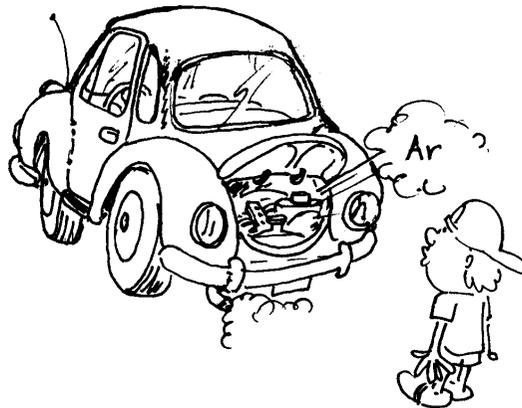
Enquanto 1 grama de água precisa receber 1 caloria de energia calorífica para elevar sua temperatura em 1°C, 1 grama de ar tem a mesma alteração de temperatura com apenas 0,24 caloria. A tabela 12.1 mostra o calor específico da água, do ar e de alguns materiais utilizados em construções e na indústria.

Esses valores tão diferentes de calor específico da água (considerada como elemento padrão) e do ar, juntamente com outras características, são determinantes na escolha entre os dois sistemas de refrigeração.

### Refrigeração a ar

No sistema de refrigeração a ar é um ventilador acionado pelo motor do carro (ventoinha) que joga o ar nas proximidades dos cilindros, fazendo-o circular entre eles.

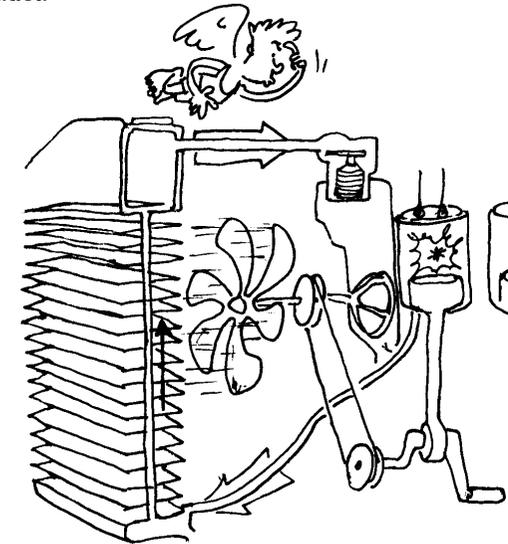
Essa ventilação forçada retira o calor das peças do motor e joga-o na atmosfera.



**No sistema de refrigeração forçada de ar temos disponível uma grande massa de ar em contato com o carro em movimento.**

### Refrigeração a água

Nos motores refrigerados a água, os cilindros são permeados por canais através dos quais a água circula. Bombeada da parte inferior do radiador para dentro do bloco do motor, a água retira o calor dos cilindros e depois de aquecida (aproximadamente 80°C) volta para a parte superior do radiador.



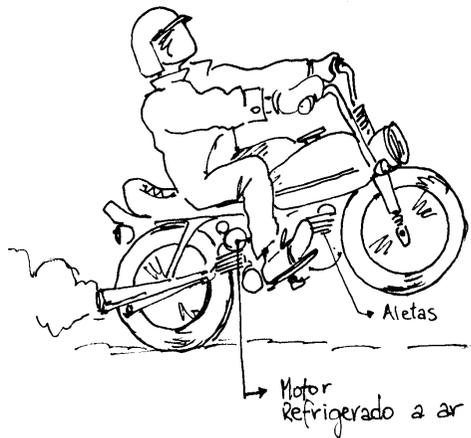
Ao circular pela serpentina do radiador (feito de cobre ou latão) com o carro em movimento, a água é resfriada, pois troca calor com o ar em contato com as partes externas do radiador. Ao chegar à parte de baixo, a água se encontra a uma temperatura bem mais baixa, podendo ser novamente bombeada para o bloco do motor.

Esse controle é feito por um termostato operado por diferença de temperatura, que se comporta como uma válvula: mantém-se fechada enquanto o motor está frio e se abre quando a água atinge uma temperatura alta, deixando-a fluir através de uma mangueira até a parte superior do radiador.

Os carros refrigerados a água dispõem também de uma ventoinha, acionada pelo motor do carro, que entra em funcionamento quando o veículo está em marcha lenta ou parado, ajudando na sua refrigeração.

### É AS MOTOCICLETAS, COMO SÃO REFRIGERADAS?

As motos têm um sistema de refrigeração bastante simplificado e de fácil manutenção. Seu motor é externo e dispõe de aletas que aumentam a superfície de troca de calor com o ambiente, dispensando a ventoinha.



Nas motos e em alguns tipos de carro a refrigeração é de ventilação natural.

Em condicionadores de ar, o ar quente do ambiente circula entre as tubulações do aparelho, que retiram o seu calor e o devolvem resfriado ao ambiente. Desse modo, o local se resfria, mas a tubulação do lado de fora se aquece e, por sua vez, é resfriada à custa de uma outra substância. Geralmente, isso é feito pelo ar de fora do ambiente. Em alguns condicionadores utiliza-se a água para retirar o calor das tubulações aquecidas.

Eles são projetados para que a água seja aproveitada em efeitos decorativos, imitando cascatas, por exemplo, como se vê em lojas, jardins etc.

Conseguimos utilizar na refrigeração duas substâncias com calores específicos tão diferentes como o ar e a água empregando técnicas diversificadas. Entretanto, fica ainda uma questão:

### POR QUE AS SUBSTÂNCIAS TÊM VALORES DE CALOR ESPECÍFICO TÃO DIFERENTES?

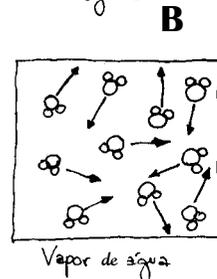
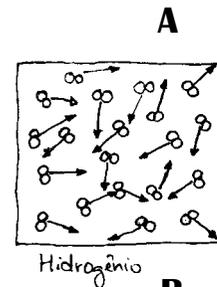
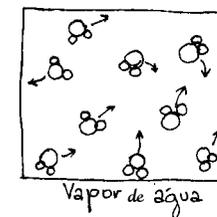
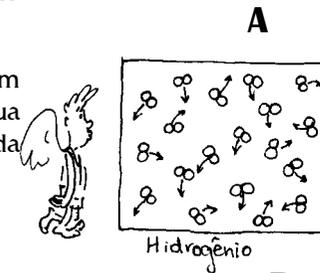
Para essa explicação temos de recorrer novamente à constituição dos materiais.

As substâncias diferentes são formadas por moléculas que têm massas diferentes. Um grama de uma substância constituída de moléculas de massa pequena conterà mais moléculas do que 1 grama de outra substância constituída de moléculas de massas maiores.

Quando uma substância atinge uma certa temperatura, imaginamos que todas as suas moléculas têm, em média, a mesma energia cinética: energia de movimento ou vibração.

Pensando dessa forma, para aumentar em 1°C a temperatura de 1 grama de uma substância que contenha mais moléculas, é necessário fornecer uma maior quantidade de calor, pois é preciso que ocorra um aumento de energia de cada uma das moléculas. Assim, para aumentar a temperatura da substância A da figura em 1°C temos de fornecer mais energia térmica do que para aumentar, também em 1°C, a temperatura da substância B.

Isso está de acordo com os resultados encontrados para o calor específico tabelados para essas substâncias. O calor específico da substância A é maior que o calor específico da substância B.



## Técnicas de aquecimento: fornos domésticos

Tipo de forno	Fontes de calor	Localização da fonte e construção	Aquecimento do forno	Aquecimento do alimento	Controle de temperatura	Tempo de aquecimento
<b>A lenha</b>	Combustão da lenha	Queima sob os fornos de cozinha ou dentro dos fornos de pizzaria. Construído de paredes metálicas pretas, revestido de tijolos ou de cerâmica refratária.	As paredes se aquecem por irradiação e condução de calor. O interior do forno também é aquecido por convecção do ar, do vapor de água e dos vapores liberados pelos alimentos em seu interior.	Irradiação direta da fonte e das paredes do forno. O recipiente e o alimento são aquecidos por condução e também convecção, do ar e dos vapores no interior do forno.	Controla-se a temperatura do forno aumentando-se ou diminuindo-se a quantidade de lenha a ser queimada.	Cada alimento necessita de um tempo específico para se aquecer, dependendo do calor específico dos seus ingredientes e da sua quantidade (massa).
<b>A gás</b>	Combustão do gás.  GLP: propano e butano (botijão)  Natural: metano e etano (encanado)	Queimadores de gás ficam abaixo do compartimento do forno. Constituído de paredes metálicas pretas e revestido com material isolante. Lã de vidro ou poliuretano	Pelos mesmos processos do forno a lenha. As paredes se aquecem por irradiação e condução de calor. O interior do forno também é aquecido por convecção do ar, do vapor de água e dos vapores liberados pelos alimentos em seu interior.	Irradiação direta da fonte e das paredes do forno. O recipiente e o alimento são aquecidos por condução e também convecção, do ar e dos vapores no interior do forno.	Dispõe de regulador de temperatura que dimensiona a quantidade de gás queimada, dimensionando a intensidade da chama. Atinge cerca de 350°C.	O efeito desejado, assar, cozinhar ou dourar, requer maior ou menor temperatura, por um tempo maior ou menor.
<b>Elétrico</b>	Resistência elétrica	As resistências elétricas ficam dentro do compartimento e são visíveis. As paredes são metálicas e polidas. É revestido com material isolante.	A radiação emitida pelas resistências incide nas paredes polidas, sendo refletida sucessivas vezes, acumulando-se dessa forma, energia térmica no interior do forno. Parte da radiação é absorvida nas reflexões e aquece as paredes do forno.	Irradiação emitida diretamente pelas resistências e indiretamente pela reflexão sucessiva nas paredes no interior do forno. O recipiente e o alimento se aquecem por irradiação e por condução	Tem regulador de temperatura mais preciso, que pode funcionar com termostatos ou termopar, e dimensionar o número de resistências ligadas, ou simplesmente ligar e desligar as resistências elétricas. Atinge temperaturas maiores que as do forno a gás.	O efeito desejado, assar, cozinhar ou dourar, requer uma maior ou menor temperatura, por um tempo maior ou menor.
<b>Microondas</b>	Ondas eletromagnéticas geradas pelo magnetron com frequência de aproximadamente 2,45 GHz, específica para o aquecimento de água, açúcares e gorduras. Obs.: Em aplicações industriais podem ser utilizadas ainda 13,56 MHz, 27,12 MHz, 896 MHz	O magnetron, embutido e blindado no interior do forno, emite ondas eletromagnéticas de energia de microondas que são direcionadas por guias de onda para a cavidade do forno, onde ficam os alimentos. Ao chegar à cavidade (ressonante), as microondas são espalhadas por uma hélice giratória, de modo a preencher toda a cavidade. As paredes são metálicas, e às vezes esmaltadas.	O forno e demais objetos desprovidos de água não se aquecem. Entretanto, o acúmulo de energia eletromagnética na cavidade ressonante promove grandes diferenças de potenciais elétricos dentro do forno, por isso não se deve inserir objetos metálicos, que podem provocar faíscas e danificar o microondas.	A energia é absorvida indiretamente pelos alimentos, no alinhamento das moléculas polares, como as da água, com o campo elétrico variável das microondas. A frequência escolhida é a de ressonância de rotação das moléculas de água, promovendo o aumento de sua energia de vibração, com o conseqüente aumento da temperatura do alimento. Recipientes e demais moléculas desidratadas, como o amido, só se aquecem se estiverem em contato com alimentos que contêm água, e nesse caso se aquecem por condução.  O microondas não deixa nenhum tipo de resíduo nos alimentos. Não modifica sua estrutura molecular nem os "contamina" com radiação eletromagnética.	Não há como controlar a temperatura no interior do forno, nem mesmo ter um controle preciso da temperatura que o alimento atingirá. Ainda assim, o controle do aquecimento promovido se faz pela escolha da potência (alta, média ou baixa) e do tempo de preparo do alimento. Durante o funcionamento ele requer um rigoroso controle de segurança e deve desligar automaticamente se a porta for aberta, caso contrário a água dos órgãos internos de alguém próximo seria aquecida!!!	O tempo de preparo e de aquecimento dos alimentos é fornecido pelo fabricante, no manual do equipamento. Para cada alimento deve-se programar a potência e o tempo, que também depende da quantidade de alimento (massa). O aquecimento é mais eficiente em alimentos que contêm bastante água.

# —13—

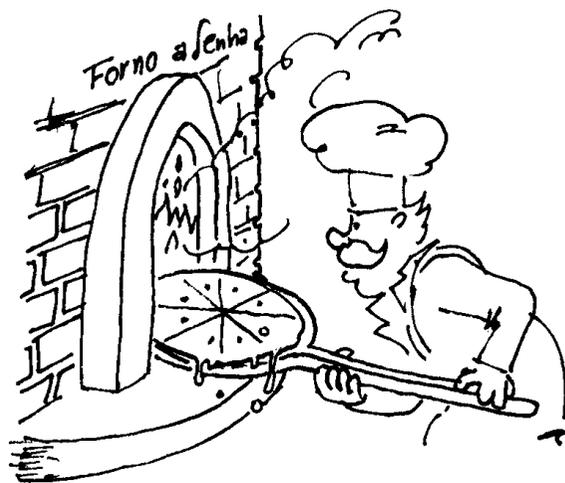
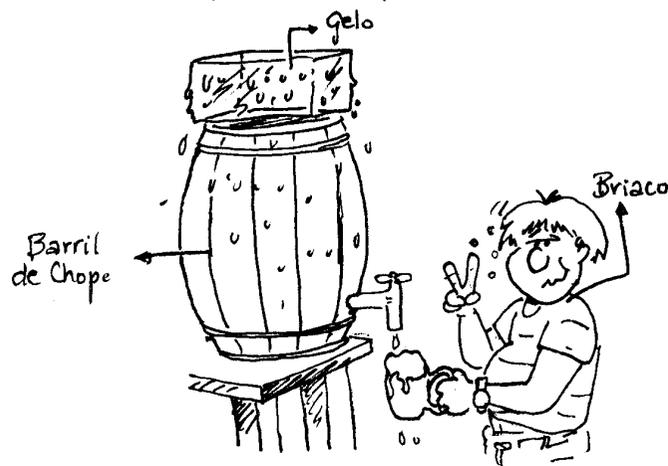
## Calculando a energia térmica

Como varia a temperatura de um objeto que recebe calor?

Para controlar o aquecimento e resfriar objetos, máquinas ou ambientes, levamos em conta o calor específico.

Do que mais depende o aquecimento e o resfriamento?

A energia térmica necessária para variar a temperatura de sólidos, de líquidos... pode ser calculada.



**A capacidade térmica**

O calor específico de uma substância nos informa quantas calorias de energia precisamos para elevar em 1°C a temperatura de 1 grama dessa substância. Portanto, para quantificar a energia térmica consumida ao se aquecer ou resfriar um objeto, além do seu calor específico, temos de levar em conta a sua massa.

Consumimos maior quantidade de calor para levar à fervura a água destinada ao preparo do macarrão para dez convidados do que para duas pessoas. Se para a mesma chama do fogão gastamos mais tempo para ferver uma massa de água maior, significa que precisamos fornecer maior quantidade de calor para ferver essa quantidade de água.

Também para resfriar muitos refrigerantes precisamos de mais gelo do que para poucas garrafas.

Se pensarmos em como as substâncias são formadas, quando se aumenta sua massa, aumenta-se a quantidade de moléculas e temos de fornecer mais calor para fazer todas as moléculas vibrarem mais, ou seja, aumentar sua energia cinética, o que se traduz num aumento de temperatura.

Matematicamente, podemos expressar a relação entre o calor específico de um objeto de massa  $m$  e a quantidade de calor necessária para elevar sua temperatura de  $\Delta t$  °C, como:

$$c = \frac{Q}{m \times \Delta t} \quad \text{ou} \quad Q = m \times c \times \Delta t$$

O produto do calor específico de uma substância pela sua massa ( $m \cdot c$ ) é conhecido como a sua **capacidade térmica** (C).

$$C = m \times c$$

Quando misturamos objetos a diferentes temperaturas, eles trocam calor entre si até que suas temperaturas se igualem, isto é, eles atingem o equilíbrio térmico.

Se não houver perda para o exterior (ou se ela for desprezível), consideramos o sistema isolado. Neste caso, a quantidade de calor cedida por um dos objetos é igual à recebida pelo outro. Matematicamente podemos expressar a relação entre as quantidades de calor como:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

Os motores de combustão dos carros necessitam de um sistema de refrigeração. Para que a refrigeração a ar ou a água tenham a mesma eficiência, as duas substâncias têm de retirar a mesma quantidade de calor do motor.

**Exercícios:**

**13.1-** Compare as quantidades de ar e de água necessárias para provocar a mesma refrigeração em um motor refrigerado a ar e em um a água.

**Resolução:**

$$Q_{\text{água}} = m_{\text{água}} \times c_{\text{água}} \times \Delta t_{\text{água}}$$

$$Q_{\text{ar}} = m_{\text{ar}} \times c_{\text{ar}} \times \Delta t_{\text{ar}}$$

Supondo que a variação de temperatura da água e do ar seja a mesma, como:  $Q_{\text{água}} = Q_{\text{ar}}$

$$m_{\text{água}} \times c_{\text{água}} = m_{\text{ar}} \times c_{\text{ar}}$$

Ou seja, as capacidades térmicas do ar e da água são iguais.

$$\frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{ar}}} = \frac{c_{\text{ar}}}{c_{\text{água}}}$$

$$\frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{ar}}} = \frac{0,24}{1} \longrightarrow m_{\text{ar}} = \frac{1}{0,24} \times m_{\text{água}} = 4,2 \times m_{\text{água}}$$

- **Q** é a quantidade de calor fornecida ou cedida medida em calorias (cal)

- **m** é a massa da substância medida em grama (g)

-  **$\Delta t$**  é a variação de temperatura medida em grau Celsius (°C)

- **c** é o calor específico da substância medido

em  $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$

**13.2-** Uma dona-de-casa quer calcular a temperatura máxima de um forno que não possui medidor de temperatura. Como ela só dispõe de um termômetro clínico que mede até 41°C, usa um "truque".

- Coloca uma fôrma de alumínio de 400 gramas no forno ligado no máximo, por bastante tempo.

- Mergulha a fôrma quente num balde com 4 litros de água a 25°C.

- Mede a temperatura da água e da fôrma depois do equilíbrio térmico, encontrando um valor de 30°C.

Calcule a temperatura do forno avaliada pela dona-de-casa. Utilize a tabela de calor específico. Questione a eficiência desse truque.

**Resolução:**

O calor cedido pela fôrma é recebido pela água.

$$Q_{\text{fôrma}} + Q_{\text{água}} = 0$$

$$m_{\text{fôrma}} = 400 \text{ g} \quad d = \frac{m}{V}$$

$$t_{\text{fôrma}} = ? \quad 1 = \frac{m}{4.000} \times \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$t_{\text{fôrma}} = 30 \text{ }^\circ\text{C} \quad m_{\text{água}} = 4.000 \text{ g}$$

$$c_{\text{alumínio}} = 0,21 \text{ cal/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{\text{água}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{\text{água}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{fôrma}} + Q_{\text{água}} = 0$$

$$m_{\text{fôrma}} \times c_{\text{fôrma}} \times (t_f - t_i) + m_{\text{água}} \times c_{\text{água}} \times (t_f - t_i) = 0$$

$$400 \times 0,21 \times (30 - t_{\text{fôrma}}) + 4.000 \times 1 \times (30 - 25) = 0$$

$$t_{\text{fôrma}} = \frac{20.000 + 2.520}{84} = 268 \text{ }^\circ\text{C}$$

A temperatura do forno é a mesma da fôrma.

A eficiência do truque é questionável quando se supõe que a fôrma atinge a temperatura máxima do forno e também quando desprezamos as perdas de calor para o exterior (balde, atmosfera).

**13.3-** Se você colocar no fogão duas panelas de mesma massa, uma de cobre e outra de alumínio, após alguns minutos qual delas estará com maior temperatura? Justifique sua resposta.

**RESOLUÇÃO:**

Consultando os dados apresentados na tabela 12.1, vemos que o calor específico para as duas substâncias é:

$$c_{\text{cu}} = 0,091 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$$

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

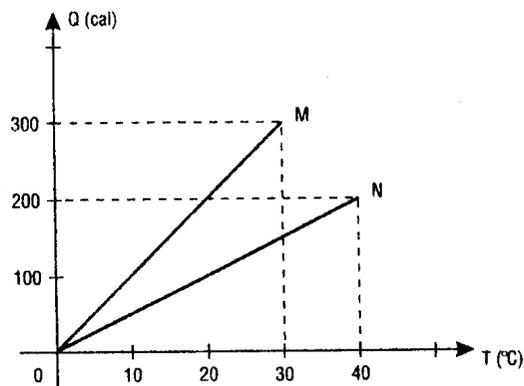
$$\text{Razão} = \frac{0,21}{0,091} = 2,3$$

Ou seja, o calor específico do alumínio é 2,3 vezes maior do que o do cobre.

Como  $Q = m c \Delta t$ , para a mesma quantidade de calor podemos afirmar, então, que a panela de cobre se aquece mais que a de alumínio, alcançando uma temperatura maior, uma vez que elas têm a mesma massa.

## Teste seu vestibular...

**13.4-** (UECE) Este gráfico representa a quantidade de calor absorvida por dois corpos M e N, de massas iguais, em função da temperatura. A razão entre os calores específicos de M e N é:



- a) 0,5      b) 1,0      c) 2,0      d) 4,0

**13.5-** (UCMG) A capacidade térmica de um pedaço de metal de 100 g de massa é de 22 cal/°C. A capacidade térmica de outro pedaço do mesmo metal de 1000 g de massa é de:

- a) 2,2 cal/°C      c) 220 cal/°C      e) 1100 cal/°C  
b) 400 cal/°C      d) 22 cal/°C

**13.6-** (UFPR) Para aquecer 500 g de certa substância de 20°C a 70°C, foram necessárias 4 000 cal. O calor específico e a capacidade térmica dessa substância são, respectivamente:

- a) 0,08 cal/g.°C e 8 cal/°C      d) 0,15 cal/g.°C e 95 cal/°C  
b) 0,16 cal/g.°C e 80 cal/°C      e) 0,12 cal/g.°C e 120 cal/°C  
c) 0,09 cal/g.°C e 90 cal/°C

**13.7-** (Fuvest) Um recipiente de vidro de 500 g com calor específico de 0,20 cal/g°C contém 500 g de água cujo calor específico é 1,0 cal/g°C. O sistema encontra-se isolado e em equilíbrio térmico. Quando recebe uma certa quantidade de calor, o sistema tem sua temperatura elevada. Determine:

- a) a razão entre a quantidade de calor absorvida pela água e a recebida pelo vidro;  
b) a quantidade de calor absorvida pelo sistema para uma elevação de 1,0°C em sua temperatura.

**13.8-** (Fuvest) A temperatura do corpo humano é de cerca de 36,5°C. Uma pessoa toma 1 litro de água a 10°C. Qual a energia absorvida pela água?

- a) 10 000 cal      c) 36 500 cal      e) 23 250 cal  
b) 26 500 cal      d) 46 500 cal

**13.9-** (UFCE) Dois corpos **A** e **B** estão inicialmente a uma mesma temperatura. Ambos recebem iguais quantidades de calor. Das alternativas abaixo, escolha a(s) correta(s).

01. Se a variação de temperatura for a mesma para os dois corpos, podemos dizer que as capacidades térmicas dos dois são iguais.  
02. Se a variação de temperatura for a mesma para os dois corpos, podemos dizer que as suas massas são diretamente proporcionais aos seus calores específicos.  
03. Se a variação de temperatura for a mesma para os dois corpos, podemos dizer que as suas massas são inversamente proporcionais aos seus calores específicos.  
04. Se os calores específicos forem iguais, o corpo de menor massa sofrerá a maior variação de temperatura.