

—12—

Onde estão  
as forças?

Você é capaz de  
perceber as  
diferentes interações  
representadas na  
cena ao lado?



# 12 Onde estão as forças?

As formas pelas quais os objetos interagem uns com os outros são muito variadas. A interação das asas de um pássaro com o ar, que permite o voo, por exemplo, é diferente da interação entre uma raquete e uma bolinha de pingue-pongue, da interação entre uma lixa e uma parede ou entre um ímã e um alfinete.

Isaac Newton, o famoso físico inglês do século XVIII, conseguiu elaborar leis que permitem lidar com toda essa variedade, descrevendo essas interações como **forças** que

agem entre os objetos. Cada interação representa uma força diferente, que depende das diferentes condições em que os objetos interagem. Mas todas obedecem aos mesmos princípios elaborados por Newton, e que ficaram conhecidos como Leis de Newton. Para compreender melhor essa variedade de interações é que apresentamos a cena da página anterior. Agora vamos dar um *zoom* em alguns detalhes para observar mais de perto alguns exemplos dessas interações.

## Gravidade



As coisas caem porque são atraídas pela Terra. Há uma força que “puxa” cada objeto para baixo e que também é responsável por manter a atmosfera sobre a Terra e também por deixar a Lua e os satélites artificiais em órbita. É a chamada **força gravitacional**. Essa força representa uma interação existente entre a Terra e os objetos que estão sobre ela.

## Sustentação

Para que as coisas não caiam é preciso segurá-las. Para levar a prancha o garotão faz força para cima. Da mesma forma, a cadeira sustenta a moça, enquanto ela toma sol.



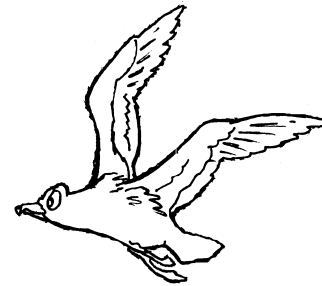
Em cada um desses casos, há duas forças opostas: a força da gravidade, que puxa a moça e a prancha para baixo, e uma força para cima, de sustentação, que a mão do surfista faz na prancha e a cadeira faz na moça. Em geral, ela é conhecida como **força normal**.

## Na água



A água também pode sustentar coisas, impedindo que elas afundem. Essa interação da água com os objetos se dá no sentido oposto ao da gravidade e é medida por uma força que chamamos de **empuxo hidrostático**. É por isso que nos sentimos mais “leves” quando estamos dentro da água. O que sustenta balões no ar também é uma força de empuxo, igual à que observamos na água.

## No ar



Para se segurar no ar o pássaro bate asas e consegue com que o ar exerça uma força para cima, suficientemente grande para vencer a força da gravidade. Da mesma forma, o movimento dos aviões e o formato especial de suas asas acaba por criar uma força de sustentação.

Essas forças também podem ser chamadas de empuxo. Porém, trata-se de um **empuxo dinâmico**, ou seja, que depende de um movimento para existir. As forças de empuxo *estático* que observamos na água ou no caso de balões não dependem de um movimento para surgir.

## Atritos



Coisas que se raspam ou se esfregam estão em atrito umas com as outras. Esse atrito também representa uma interação entre os objetos. Quando você desliza a mão sobre a pele da pessoa amada, está exercendo sobre ela uma **força de atrito**.

De modo geral, as forças de atrito se opõem aos movimentos. Ou seja, seu sentido é oposto ao sentido do movimento. É isso que permite que um carro freie e pare: a força de atrito entre o disco e a pastilha dos freios e o atrito entre o pneu e o chão.

As forças de atrito são também as responsáveis pela locomoção em terra. Quando empurramos a Terra para trás para ir para a frente, estamos interagindo por meio do atrito entre os pés e o chão.

## Resistências



Em que difere o andar desses dois cavalheiros? Bem, ambos empurram o chão para trás para poderem ir para a frente. Interagem por meio da força de atrito.

Porém, este senhor que caminha na água encontra uma dificuldade maior porque a água lhe dificulta o movimento. Esse tipo de interação se representa pelo que chamamos de **força de resistência**. Como o atrito, a força de resistência é oposta ao sentido do movimento.

A força de resistência também surge nos movimentos no ar. É isso que permite a existência dos pára-quedas.

## **Aprenda a voar em cinco minutos\***...

O segredo do voo dos pássaros ou dos aviões é o *movimento*. Quando o objeto é "mais pesado" do que o ar, somente o movimento, do ar ou do objeto, é capaz de provocar o voo.

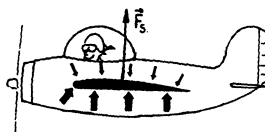
Por isso os aviões são equipados com jatos ou hélices, que têm a função de produzir o movimento para a frente. Uma vez em movimento, são as asas, com seu formato especial, que ao "cortarem" o ar provocam uma força para cima que faz o avião voar. Mas o que esse formato especial tem de tão especial?

O formato da asa do avião faz com que o ar que passa em cima dela se movimente mais depressa do que o ar que passa embaixo. Isso ocorre devido às diferentes curvaturas na parte superior e inferior da asa. E daí?

Acontece que, quanto maior a velocidade do ar, menor sua pressão. Por isso a asa do avião sofre uma pressão do ar maior na parte inferior das asas e menor na parte superior,

o que resulta em uma força de sustentação. Quanto maior a velocidade da aeronave, maior será a força de sustentação obtida. Por isso, o avião precisa adquirir uma grande velocidade antes de conseguir levantar voo.

**Perfil de asa: a pressão sobre a asa se torna menor e surge uma força para cima.**



Isso ocorre porque o ar em movimento tem sua pressão reduzida. Na brincadeira mencionada ao lado, quando você sopra, a pressão do ar sobre a folha diminui. Como a pressão do ar embaixo da folha fica maior, temos uma força para cima, semelhante à do empuxo hidrostático. A diferença é que para que ela surja é necessário que o ar se movimente, por isso podemos chamar essa força de *empuxo aerodinâmico* ou de *força de sustentação aerodinâmica*.

\* Isso se chama "propaganda enganosa"



**Para entender isso, vamos fazer uma brincadeira: pegue uma pequena folha de papel e sobre-a na parte superior. Você deve perceber que a folha sobe. Enquanto você estiver soprando ela tenderá a ficar na horizontal.**

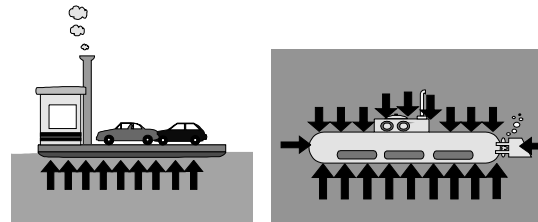
# Você já empuxou hoje?

Quem já entrou em uma piscina sabe que a sensação é sempre a mesma: parece que ficamos mais leves. Além disso, quem já se aventurou a mergulhar fundo na água deve ter sentido o efeito da pressão que ela exerce. Parece que não, mas essas duas coisas estão intimamente ligadas.

Todos os líquidos exercem força nos objetos em contato com eles. Essa força existe devido à pressão e se distribui ao longo de toda a superfície de contato. É isso que faz os objetos flutuarem ou parecerem mais leves dentro da água.

Uma balsa flutua porque, devido à pressão, a água lhe aplica forças para cima, distribuídas ao longo de toda a superfície inferior. O resultado dessas forças equilibra a força da gravidade e é chamado de **empuxo hidrostático**.

Quando o objeto está totalmente imerso na água, também sofre um empuxo. A água continua exercendo pressão sobre o corpo, só que agora em todas as direções, pois ele está totalmente imerso. A pressão embaixo do corpo é maior do que a pressão em cima, pois sua parte inferior está num ponto mais profundo. Um submarino, por exemplo, sofre mais pressão na parte de baixo do casco do que na de cima, pois sua parte inferior está mais fundo na água.



## Mas se todos os objetos na água sofrem empuxo, por que alguns flutuam e outros não?

Se o objeto flutua na água é porque o empuxo consegue vencer seu peso. Se afunda é porque o peso é maior do que o empuxo.

Mas nem sempre os objetos pesados tendem a afundar mais facilmente do que os leves: um navio flutua, enquanto um prego afunda. A flutuação depende do formato do objeto e do material de que ele é feito. Objetos feitos apenas de isopor flutuam na água, enquanto objetos de ferro podem afundar (prego) ou não (navio), dependendo do seu formato.

Mas o que significa ser mais leve ou mais pesado do que a água? Uma grande quantidade de isopor certamente irá pesar mais do que uma gota de água. Na comparação devemos usar volumes iguais de água e de isopor. Essa é a idéia de *massa específica ou densidade*: é a razão da massa pelo volume de um material. Um litro de água tem 1000 gramas, e um litro de isopor,

apenas 10 gramas, a densidade da água é 1kg/l, e a densidade do isopor 0,01kg/l. A densidade é importante para saber se um objeto flutua ou não em determinado líquido.

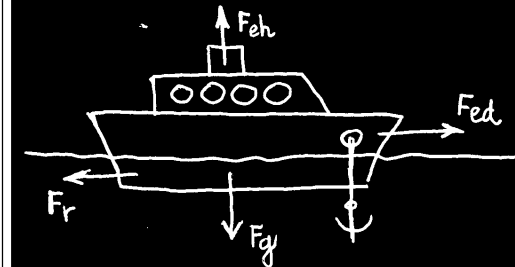
O formato também influi na flutuação de um objeto, porque está ligado à quantidade de água que ele desloca. Um corpo volumoso desloca muito mais água do que um corpo pequeno.

Se você possui uma certa quantidade de massa de vidro, pode moldar um objeto que flutue. Como a massa de vidro tem uma densidade maior que a água, ela pode afundar ou flutuar, dependendo do seu formato. Uma bolinha, será um objeto pouco volumoso, que deslocará pouca água, e portanto irá afundar. Mas se você fizer um objeto no formato de uma caixinha oca ele poderá flutuar, pois irá deslocar mais água, e portanto sofrerá um empuxo maior quando colocado na água. Tente!

## No navio

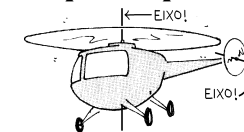
Identifique as forças presentes num navio em movimento no mar, dizendo também qual é o corpo que as aplica sobre a embarcação e represente-as por meio de vetores.

A Terra atrai o navio pela força gravitacional  $F_g$ . O navio não afunda devido à presença da força de empuxo hidrostático  $F_e$  aplicada pela água. O movimento da embarcação para a frente é garantido por uma força  $F_{ed}$ .



Essa força é aplicada pela água e não pelo motor ou pela hélice. Na verdade, a hélice "força" a água para trás e a água "empurra" o navio para a frente. Mas a água também dificulta o movimento, através da força de resistência da água  $F_r$ . Essa força é aplicada no sentido oposto ao do movimento.

## Helicóptero "parado"



Que força segura um helicóptero no ar?

Desenhe, através de vetores, as forças agindo sobre um helicóptero pairando no ar.