

## A Segunda Lei de Newton

Imagine a seguinte situação: você em um carro que está percorrendo a marginal do rio Pinheiros. Em determinados momentos a velocidade do carro aumenta, em outros ela diminui e ainda pode ficar constante (ou muito próximo disso) por alguns instantes, ou seja, com o passar do tempo a velocidade *varia*. Já vimos que a velocidade é uma grandeza física obtida a partir da *taxa de variação* da posição com o tempo:  $v = \frac{dx}{dt}$ .

Ótimo! E o que isso tem a ver com a variação da velocidade? Como a velocidade está variando no tempo, podemos obter a sua taxa de variação seguindo um raciocínio semelhante:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2x}{dt^2}$$

Esta é uma definição da Cinemática e a esta altura você pode estar se perguntando: derivei  $x$  uma vez e obtive a velocidade, derivei outra vez e tenho a aceleração, onde isso vai parar? Para nós, o processo acaba aqui. Acontece que o conceito de aceleração não fica restrito à Cinemática, ele tem um importante papel na Dinâmica naquilo que conhecemos como *Segunda Lei de Newton*. Em sua forma original, a Segunda Lei é representada da seguinte forma:

$$F_{\text{resultante}} = \frac{dp}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dv}{dt} = ma,$$

com as duas últimas igualdades válidas apenas para corpos de massa constante. A grandeza  $p = mv$  mede o quanto há de movimento no corpo e por isso é chamada de quantidade de movimento.

A Segunda Lei nos diz que as forças agindo sobre um objeto causam uma aceleração diretamente proporcional à intensidade da resultante dessas forças. A massa inercial  $m$  é o coeficiente de proporcionalidade entre as duas; em nosso dia a dia estão presentes objetos de massas tão pequenas como um grão de poeira ( $10^{-15}$  kg) até tão grandes quanto a do Sol ( $2 \cdot 10^{30}$  kg). Perceba que o termo  $dv/dt$  – a taxa de variação da velocidade com o tempo – surge naturalmente como resultado de havermos considerado constante a massa do objeto. Devemos ter cuidado ao escrever uma equação como essa, pois nesse caso consideramos  $m$  constante, o que normalmente é uma excelente aproximação, mas nem sempre verdadeira. Essa lei também não corresponde a uma definição de força, uma vez que as leis de força dependem de outras propriedades da matéria e, à exceção da força gravitacional, sequer estão ligadas à massa do objeto.

Outra característica importante dessa lei é que ela é muito semelhante à lei de movimento dos corpos que não constituam pontos materiais. Assim, a aplicação da 2ª lei de Newton termina sendo muito mais ampla do que parece neste momento, em que estamos nos restringindo a pontos materiais movendo-se ao longo de uma reta.