



FOTO: CICERO RODRIGUES

Contrariamente à nossa intuição, a maioria dos sistemas na natureza é caótica

O oratório *A criação*, de Joseph Haydn (1732-1809), começa com a representação do caos, um prelúdio orquestral que descreve musicalmente o estado sem forma e desordenado que precedeu a criação do universo, segundo o Gênesis, da *Bíblia*. Aqui, o compositor austríaco incorpora a visão newtoniana de um mundo organizado – conforme a vontade divina –, onde o caos primordial representava o elemento negativo da desordem.

Em 1888, Henri Poincaré (1854-1912) ganhou o primeiro prêmio em um concurso sobre a estabilidade do sistema solar. Poincaré logo percebeu que considerar o Sol e todos os planetas então conhecidos seria impraticável. Reduziu, então, o problema a apenas três corpos – no caso, a interação gravitacional entre o Sol, a Terra e a Lua. O matemático francês acreditou haver encontrado uma solução em que as trajetórias dos três corpos seriam previsíveis.

Porém, meses depois, Poincaré submeteu um artigo revisado em que mostrou que mesmo o problema dos três corpos não poderia ser resolvido de forma geral, pois, sob certas circunstâncias, as trajetórias seriam imprevisíveis, isto é, formariam um sistema caótico.

Em 1963, o norte-americano Edward Lorenz (1917-2008) publicou um artigo sobre meteorologia que se tornaria um clássico na literatura sobre o comportamento de sistemas caóticos. Os gráficos que mostram como tais sistemas variam com o tempo lembram as formas de uma borboleta – e é possível que isso tenha inspirado descrição mais popular de sistema caótico, algo como ‘uma borboleta bate asas na China e causa uma tempestade no Brasil’. Ou seja, uma diminuta mudança no sistema (borboleta) pode causar consequências imprevisíveis (tempestade). Essa é a chamada sensibilidade às condições iniciais.

Contrariamente à nossa intuição, forjada no estudo de sistemas mecânicos simples (lançamento de uma pedra, por exemplo), os sistemas na natureza em sua maioria são

caóticos: clima, terremotos, populações, mercado de finanças, redes de eletricidade, o próprio sistema solar... Hoje, o estudo do caos é comum em astronomia, biologia, economia e meteorologia, todas ciências aplicadas.

Todos esses sistemas – extremamente complexos e geralmente modelados como uma rede de unidades interconectadas – têm uma dinâmica mais complicada do que a que imaginariamos tomando por base cada uma das unidades. É por isso que, neles, eventos locais podem ter consequências globais muito difíceis de prever.

Nesse sentido, o caso clássico são os apagões. A rede de distribuição de energia elétrica é um sistema composto de elementos interdependentes. Um apagão pode começar quando um dos componentes falha, pois a carga dele é transferida para componentes próximos, e essa perturbação inicial do sistema aumenta a carga do sistema como um todo, possivelmente levando outros componentes a falhar também, causando problemas em cascata. Resultado: apagão.

O físico Hugo Cavalcante, da Universidade Federal da Paraíba, e colegas publicaram artigo (*Physical Review Letters*, 04/11/13), descrevendo como um sistema simples (osciladores acoplados) exibe propriedades caóticas. O ponto alto do trabalho é mostrar que, nesses sistemas, eventos extremos – conhecidos como reis-dragão (reis, por serem eventos de grande magnitude; dragões, por serem muito diferentes dos outros eventos) – puderam ser previstos e suprimidos por meio de pequenas perturbações no sistema. É a previsão e o controle do caos.

No artigo, os autores afirmam que os eventos extremos, além de serem interessantes do ponto de vista das aplicações, podem revelar princípios organizadores escondidos no sistema.

Saltando de Haydn para a banda Nação Zumbi, que, na letra de *Da lama ao caos*, diz “Que eu desorganizando posso me organizar”, hoje, o controle do caos e o emprego dos sistemas caóticos é um tema interdisciplinar de grande impacto. **EI**

JOÃO TORRES DE MELLO NETO
Instituto de Física,
Universidade Federal do Rio de Janeiro
joaodemelloneto@cienciahoje.org.br