

Micto/Macto

Tempo, vida e entropia

Marcelo Gleiser

especial para a Folha

O grande astrofísico britânico Arthur Eddington uma vez proclamou: "Se a sua teoria contrariar alguma lei da física tudo bem, é possível que a lei deva ser modificada. Mas se essa lei for a segunda lei da termodinâmica, pode jogar a sua teoria no lixo". A segunda lei da termodinâmica é, talvez, a lei natural mais fascinante. Em sua versão mais simples, proposta no século 19 por um médico alemão chamado Rudolf Clausius e pelo físico inglês Lord Kelvin, ela afirma que o calor sempre flui de um corpo quente para um corpo mais frio. "Que lei mais óbvia", imagino que você esteja pensando.

É, nessa versão, ela é óbvia mesmo. Mas, por trás do óbvio, está escondido o mistério da passagem do tempo, do porquê da desordem tender sempre a crescer enquanto a ordem sempre decresce, do porquê de nós envelhecermos e várias outras questões fundamentais sobre o mundo e nossas vidas.

Vamos por partes, começando com fatos que são familiares para todo mundo. Quando você põe um cubo de açúcar no café, o cubo dissolve. Uma vez dissolvido, você não verá os grãos de açúcar voltarem a formar o cubo. Se você abrir uma garrafa de perfume em um quarto fechado, você sentirá o cheiro agradável se espalhando pelo quarto. Isso ocorre porque as moléculas de perfume chocam-se

entre si, escapando da garrafa, e, aos poucos, vão se chocando também com as moléculas de ar no quarto, e o perfume vai se difundindo. Você não verá o aroma agradável desaparecer devido ao fato de todas as moléculas espontaneamente terem resolvido voltar para a garrafa.

Mais um exemplo: você quebra um ovo e prepara uma omelete. Jamais você verá a omelete se transformar de volta em um ovo. Todos esses processos mostram que existe uma direção preferencial para a passagem do tempo. Se você visse uma omelete se transformando em um ovo, você imediatamente concluiria, por mais estranho que fosse, que o tempo estaria andando para trás.

Os exemplos acima têm um aspecto em comum: todos eles começam em um estado organizado (o cubo de açúcar, a garrafa com o perfume dentro, o ovo) e terminam num estado muito mais desorganizado (o cubo dissolvido, o perfume espalhado, a omelete). Esse aumento inevitável da desordem não é uma propriedade exclusiva de cubos de açúcar, garrafas de perfume ou ovos. Ele ocorre com todos os sistemas que não trocam

essa teoria, a vida na Terra começou com seres unicelulares bastante simples e, com o passar do tempo, foi ficando cada vez mais complexa, cada vez mais organizada. Nós somos seres complicados, com um grau de organização celular muito maior do que aquele de uma ameba ou de um simples vírus. Como foi possível que formas altamente organizadas se desenvolvessem em meio a esse aumento de entropia?

A resposta se encontra na formulação da segunda lei. Conforme expliquei acima, ela diz respeito a sistemas isolados, que não trocam energia e informação com o exterior. E esse não é, certamente, o caso dos seres vivos. Qualquer animal depende de um influxo constante de energia e de alimentação para viver. A vida não é possível para um ser que exista completamente isolado dos outros: animais e do mundo. Ela só é possível quando existe um decréscimo local de entropia, um aumento local de ordem. Mas, quando consideramos as fontes de energia (o Sol, os alimentos), a entropia total sempre cresce. E o tempo, para o cosmo como um todo, continua sempre marchando para frente, indiferente às nossas inquietações existenciais.

Marcelo Gleiser é professor de física teórica do Dartmouth College, em Hanover (Estados Unidos), e autor do livro "O Fim da Terra e do Céu"

energia com o exterior. (No caso do ovo, o sistema tem de incluir a panela e a colher que bate o ovo e, se você quiser, o calor do fogão e a energia que você gasta.)

A quantidade de desordem de um sistema é representada pela sua entropia: quanto mais organizado o sistema, menor é a sua entropia. O cubo e a xícara de café do exemplo acima têm entropia menor do que os grãos de açúcar espalhados por todo o volume do café. Esse crescimento da entropia é outra expressão da segunda lei da termodinâmica: em um sistema isolado (que não troca energia com o exterior), a entropia nunca decresce, podendo apenas crescer ou permanecer constante.

E, como a segunda lei também está relacionada com a direção da passagem do tempo, podemos dizer que o tempo vai para frente porque a entropia cresce. Não existe escapatória: um sistema deixado aos seus afazeres irá sempre ficar mais desorganizado (e, consequentemente, mais "velho"). O que seria de sua casa se você nunca a limpasse?

Sempre que discuto a segunda lei, as pessoas me perguntam se ela não contradiz a teoria da evolução. Afinal, segundo

Tempo, vida e entropia

Marcelo Gleiser

especial para a Folha

O grande astrofísico britânico Arthur Eddington uma vez proclamou: "Se a sua teoria contrariar alguma lei da física tudo bem, é possível que a lei deva ser modificada. Mas se essa lei for a segunda lei da termodinâmica, pode jogar a sua teoria no lixo". A segunda lei da termodinâmica é, talvez, a lei natural mais fascinante. Em sua versão mais simples, proposta no século 19 por um médico alemão chamado Rudolf Clausius e pelo físico inglês Lord Kelvin, ela afirma que o calor sempre flui de um corpo quente para um corpo mais frio. "Que lei mais óbvia", imagino que você esteja pensando.

É, nessa versão, ela é óbvia mesmo. Mas, por trás do óbvio, está escondido o mistério da passagem do tempo, do porquê da desordem tender sempre a crescer enquanto a ordem sempre decresce, do porquê de nós envelhecermos e várias outras questões fundamentais sobre o mundo e nossas vidas.

Vamos por partes, começando com fatos que são familiares para todo mundo. Quando você põe um cubo de açúcar no café, o cubo dissolve. Uma vez dissolvido, você não verá os grãos de açúcar voltarem a formar o cubo. Se você abrir uma garrafa de perfume em um quarto fechado, você sentirá o cheiro agradável se espalhando pelo quarto. Isso ocorre por que as moléculas de perfume chocam-se

entre si, escapando da garrafa, e, aos poucos, vão se chocando também com as moléculas de ar no quarto, e o perfume vai se difundindo. Você não verá o aroma agradável desaparecer devido ao fato de todas as moléculas espontaneamente terem resolvido voltar para a garrafa.

Mais um exemplo: você quebra um ovo e prepara uma omelete. Jamais você verá a omelete se transformar de volta em um ovo. Todos esses processos mostram que existe uma direção preferencial para a passagem do tempo. Se você visse uma omelete se transformando em um ovo, você imediatamente concluiria, por mais estranho que fosse, que o tempo estaria andando para trás.

Os exemplos acima têm um aspecto em comum: todos eles começam em um estado organizado (o cubo de açúcar, a garrafa com o perfume dentro, o ovo) e terminam num estado muito mais desorganizado (o cubo dissolvido, o perfume espalhado, a omelete). Esse aumento inevitável da desordem não é uma propriedade exclusiva de cubos de açúcar, garrafas de perfume ou ovos. Ele ocorre com todos os sistemas que não trocam

energia com o exterior. (No caso do ovo, o sistema tem de incluir a panela e a colher que bate o ovo e, se você quiser, o calor do fogão e a energia que você gasta.)

A quantidade de desordem de um sistema é representada pela sua entropia: quanto mais organizado o sistema, menor é a sua entropia. O cubo e a xícara de café do exemplo acima têm entropia menor do que os grãos de açúcar espalhados por todo o volume do café. Esse crescimento da entropia é outra expressão da segunda lei da termodinâmica: em um sistema isolado (que não troca energia com o exterior), a entropia nunca decresce, podendo apenas crescer ou permanecer constante.

E, como a segunda lei também está relacionada com a direção da passagem do tempo, podemos dizer que o tempo vai para frente porque a entropia cresce. Não existe escapatória: um sistema deixado aos seus afazeres irá sempre ficar mais desorganizado (e, consequentemente, mais "velho"). O que seria de sua casa se você nunca a limpasse?

Sempre que discuto a segunda lei, as pessoas me perguntam se ela não contradiz a teoria da evolução. Afinal, segundo

essa teoria, a vida na Terra começou com seres unicelulares bastante simples e, com o passar do tempo, foi ficando cada vez mais complexa, cada vez mais organizada. Nós somos seres complicados, com um grau de organização celular muito maior do que aquele de uma ameba ou de um simples vírus. Como foi possível que formas altamente organizadas se desenvolvessem em meio a esse aumento de entropia?

A resposta se encontra na formulação da segunda lei. Conforme expliquei acima, ela diz respeito a sistemas isolados, que não trocam energia e informação com o exterior. E esse não é, certamente, o caso dos seres vivos. Qualquer animal depende de um influxo constante de energia e de alimentação para viver. A vida não é possível para um ser que exista completamente isolado dos outros animais e do mundo. Ela só é possível quando existe um decréscimo local de entropia, um aumento local de ordem. Mas, quando consideramos as fontes de energia (o Sol, os alimentos), a entropia total sempre cresce. E o tempo, para o cosmo como um todo, continua sempre marchando para frente, indiferente às nossas inquietações existenciais.

Marcelo Gleiser é professor de física teórica do Dartmouth College, em Hanover (Estados Unidos), e autor do livro "O Fim da Terra e do Céu".