

O indeterminismo, uma das propriedades fundamentais da realidade material

Roland Charlionet¹

Todo questionamento do determinismo suscita um vazio d'alma na maioria dos cientistas. As denegações indignadas em face de tal hipótese se assemelham fortemente àquelas que podem vir de um horticultor que considera o mundo como uma grande horta ou de um militante que imagina poder fazer a felicidade do povo sem ele, quando lhes são mostradas que as coisas não se passam bem assim. Associar, então, a imprevisibilidade ao determinismo – uma das teses dessa obra – deve lhes parecer, por certo, como totalmente heréticas. Buscarei, inspirando-me do melhor modo me seja possível no pensamento dialético de Lucien Sève, chegar ainda mais longe na provocação afirmando que o indeterminismo tem um papel essencial na evolução do mundo real.

Os cientistas se esforçam corretamente para descrever e representar todas as esferas do real. Poderiam eles fazer o inventário daquilo que se afiguraria possível? O exemplo do biliar de Sinai, um aparelho concebido para gerar trajetórias díspares, fornece uma das ilustrações mais simples desse problema. As trajetórias das bolas não podem ser calculadas no longo termo se não se conhece com suficiente precisão a sua posição inicial, a arquitetura da mesa de biliar e mesmo, eventualmente, a estrutura do ambiente. Como a precisão exigida no que se refere aos parâmetros das trajetórias no jogo de biliar é de ordem do nanômetro (eis que essa precisão é necessária já que a bola experimentará sempre um grande número de rebotes), chega-se inelutavelmente a muitas incertezas ligadas notadamente à estratificação das camadas moleculares das superfícies dos materiais, fenômeno completamente independente das tacadas que as produzem. Ademais, a matéria do biliar evolui sem parar, o que altera as suas dimensões: poeira é absorvida nas superfícies, acontecem reações químicas ligadas, por exemplo, à umidade e à acidez da atmosfera ou ainda ao devir interno da própria matéria.

Se uma precisão ainda maior for exigida, da ordem do *angström*, enfrentar-se-á então incertezas ligadas à natureza vibratória das moléculas, assim como, igualmente, àquelas ligadas à influência, com certeza flutuante, do ou dos observadores. A indeterminação das trajetórias não é devida a uma incapacidade dos instrumentos de cálculo, nem à imprecisão dos aparelhos de medida, mas à própria realidade material: as moléculas têm certa dimensão, elas vibram, a atração universal atua em todos os pontos do espaço, a matéria ela mesma está em evolução constante, etc. No muito longo termo, a trajetória da bola não é apenas imprevisível, mas realmente indeterminada. É importante igualmente notar que essa indeterminação aumenta (por certo ligeiramente) a cada rebote, pois os impactos não são determináveis mesmo na medida no nanômetro, pois as estruturas se modificam com o tempo. O número de trajetórias possíveis originadas de uma mesma tacada afigura-se então como infinito em termos muito longos.

O termo 'determinista', quando é empregado para caracterizar de maneira geral os processos materiais reais, esconde o papel fundamental da aleatoriedade na realidade. Notadamente em biologia, é possível mencionar um grande número de exemplos de

¹ Texto publicado no livro *Émergence, complexité et dialectique*. Paris: Odile Jacob, 2005.

fenômenos indeterminados, assim como mostrar a sua importância na organização dos seres vivos. Eis aqui dois deles. A evolução das espécies é consequência dos acidentes que sobrevêm ao nível da molécula de ADN. Essa macro-molécula é o suporte biológico da identidade na reprodução. A replicação se faz geralmente sem problemas e ela se constitui num dos fundamentos da vida. Há certamente um ruído de fundo, isto é, flutuações aleatórias no processo, sob a forma de mutações pontuais, danos, deleções, colagens, as quais acontecem no nível dos nucleotídeos, os constituintes fundamentais do ADN. Esses acidentes, tomados individualmente, são facilmente explicados por considerações físico-químicas clássicas (ações dos raios ultravioletas, agentes químicos de vírus, etc.), mas assim que são conjugados com outros eventos do ambiente, completamente independentes (condições de vida dos organismos, sucessão de gerações etc.), eles podem modificar eventualmente (e na verdade muito raramente) a evolução das espécies.

O segundo exemplo concerne ao advento da reprodução sexuada em que converge, sucessivamente, uma série de processos independentes. Há aqueles que ocorrem no nível molecular: no seio dos precursores diplóides das células germinadoras se desenvolve, no curso da meiose, um enorme enlace de cromossomos maternos e paternos, enlace este que se superpõem ao fenômeno do rearranjo genético denominado intercruzamento (*crossing over*), assim como, também, aos acidentes pontuais que ocorrem na molécula ADN, a qual foi citada mais acima. Tudo isto conduz a uma inacreditável variação de informação genética que se distribui nos gametas, ou seja, nas células sexuais haplóides. O segundo nível é o celular e se refere já à população de gametas: estes passam por etapas de maturação, de migração e de seleção, as quais vão juntar, independentemente de seus conteúdos cromossômicos, um gameta macho e um gameta fêmeo, o que desencadeia o processo da fecundação. O terceiro nível se situa na escala dos indivíduos: este é aquele em que seres com patrimônios genéticos diferentes – os quais, encontrando-se eventualmente devido às suas estratégias utilitárias ou emocionais, independentes dos níveis anteriores – vão procurar concluir um encontro fértil com um parceiro do sexo oposto.

A maquinaria da reprodução sexuada se comporta então como uma loteria em três estágios que permite assegurar – pense-se no ser humano, por exemplo – que cada indivíduo venha a possuir um capital de informação genética, o qual vem a ser absolutamente único. Isto é resultado de um conjunto de processos de seleção que são não somente imprevisíveis, mas, sobretudo, indeterminados. Com efeito, ele aporta às espécies que dependem da reprodução sexuada uma vantagem seletiva inegável: a distribuição aleatória da informação genética ajuda as espécies animais e vegetais a sobreviverem num ambiente que muda aleatoriamente.

O ruído de fundo está presente em todos os processos materiais observáveis. Bem entendido, se fosse possível analisar os constituintes desse ruído de fundo, constatar-se-ia que cada flutuação estaria perfeitamente integrada nas leis científicas admitidas (ufa!). O ruído de fundo de um processo qualquer se inscreve, simplesmente, numa realidade material evolutiva, limitada por interfaces mais ou menos regulares, assim como mais ou menos restritivas. Existem igualmente os processos aleatórios que figuram nas dinâmicas não-lineares (...) e que são ditos, acertadamente, deterministas e não predizíveis. Em todo caso, pode-se falar de modo verás de fenômenos indeterminados quando se tem um evento constituído por um ruído de fundo ou por um processo aleatório, em que se conjugam processos meta-estáveis e/ou completamente independentes. Há, assim, a fixação de um possível dentre (um grande número) de outros possíveis. Por exemplo, a extraordinária variedade dos flocos de neve permite

visualizar, em cada um deles, uma estrutura particular dentre um número quase infinito de combinações estruturais, as quais se efetivam na cristalização das moléculas de água.

A utilização de modelos matemáticos que descrevem sistemas dinâmicos não-lineares mostra que se pode chegar a soluções múltiplas do tipo bifurcações ou caos. É aí que reside a grande novidade sublinhada por essa obra e que engendra os oximoros ‘determinista mais imprevisível’, ‘caos determinista’, etc. A escolha dentre diferentes soluções é feita na realidade por meio da intervenção de eventos exteriores normalmente insignificantes; diz-se, assim, que uma das características desses sistemas é a sua extrema sensibilidade às variações dos parâmetros de controle e às condições iniciais. Quando se passa do modelo teórico às condições existentes na realidade material, onde tais parâmetros de controle podem variar aleatoriamente de maneira infinita e onde as condições iniciais não podem ser determinadas para além de uma dada precisão, o caráter imprevisível se revela como indeterminação.

Dito de outro modo, parece que se passa do imprevisível para o indeterminado porque, na realidade, os parâmetros de controle e a posição inicial variam aleatoriamente, enquanto que, no modelo teórico, eles são valores, eventualmente simbólicos, escolhidos pelo analista. Nos dois casos, porém, a contradição é fundamentalmente a mesma. A irrupção do mundo exterior ao seio mesmo do modelo teórico, sob a forma de parâmetros de controle e de condições iniciais, ilustra o fato de que não existem leis desencarnadas. Uma lei não pode ser formulada sem estar inscrita na realidade (não existe, ademais, realidade material sem interações das partes componentes e daí, sem leis que registrem essas interações). Na realidade material, os todos são constituídos por partes que, num outro nível, podem elas mesmas ser consideradas como todos constituídos por partes, etc. Do mesmo modo que as leis que registram as interações entre as entidades dum certo domínio estão ligadas às entidades de um domínio adjacente ou subjacente por meio de outras leis que, elas mesmas, por seu turno, estão ligadas a outras leis, etc. Não existem processos isolados. Todo fenômeno real é uma sucessão de processos, os quais podem ser completamente independentes uns dos outros, o que responde pelo caráter aleatório das variações observadas. Na rede de processos, alguns podem ser negligenciados, outros têm um papel considerável em certos momentos: eles aparecem sob a forma de parâmetros (fatores exteriores, parâmetros de controle ou estado inicial) nos modelos teóricos. Tais parâmetros, nas representações que se fazem dos sistemas dinâmicos reais, traduzem o paradoxo de que o universal está sempre no singular.

Para caracterizar o conjunto dos fenômenos reais, a formulação de Lucien Sève, segundo a qual ‘*tudo é explicável, mas nem tudo é previsível*’, parece-me perfeitamente adequada. Ela respeita plenamente a categoria dialética de causalidade e sublinha, ao mesmo tempo, que as representações que podem ser feitas da realidade, por mais fieis que possam ser, não a esgotam jamais. Depois do *big bang*, as diferentes formas de condensação da energia que apareceram – e que se tornaram diferentes formas da realidade material – representaram, ponto a ponto, escolhas entre cursos de evolução possíveis muitos numerosos. O indeterminismo fundamental da matéria é provavelmente responsável pelo fato de que, independentemente de qualquer intervenção divina, nosso universo tenha uma história particular e que ela poderia ter sido totalmente diferente.²

² NT: A exposição de Charlionet pode ser resumida por meio de um juízo quase dialético: aquilo que, *ex-post*, se afigura para os cientistas como um processo determinado, vem a ser, *ex-ante*, um processo indeterminado. O acontecido está determinado e por isso pode ser lido deterministicamente, o que ainda está para acontecer está em alguma medida indeterminado. Ora, a dialética diz que os pólos dessa

Pequeno glossário para resumir essa exposição

Ser explicável vem a ser aquilo que entra na categoria dialética de causalidade. No mundo real, tudo é explicável (mas nem tudo, certamente, está explicado).

Ser determinável vem a ser aquilo se submete às leis formuláveis ou que se possam descobrir, as quais concernem às interações entre entidades materiais. Essas leis possuem domínios de aplicação limitados. São lineares ou não-lineares. No último caso, eventualmente aparecem bifurcações ou estados caóticos de tal maneira que os processos assim descritos, ainda que sejam perfeitamente deterministas, não se afiguram como previsíveis.

São não-deterministas aqueles fenômenos ligados a uma **sucessão de processos**, eles próprios deterministas, sob a condição de que ao menos um deles seja independente dos outros e/ou em domínios de aplicação de leis que não se sobrepõem. Como não existem processos isolados, pode-se dizer que em todos os fenômenos reais há uma parte (em geral, ínfima) que é indeterminada. Em consequência, um dos procedimentos fundamentais das ciências experimentais consiste precisamente em estabelecer as condições experimentais que permitem, depois de submetidas à análise, apresentar a evidência de leis, isentas agora de sua ganga material de indeterminação.

Os universais estão, assim, sempre no coração da ciência. Sustento que se deve começar a aprofundar o seguinte: o determinismo e o indeterminismo são propriedades indissoluvelmente ligadas na realidade material.