

AUTO-ORGANIZAÇÃO NO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Oswaldo PESSOA JUNIOR¹

1 ADVERTÊNCIA SOCIOLOGICA

O conceito de *auto-organização* tem atraído um bom número de pesquisadores, em nosso país, onde há uma pequena *comunidade acadêmica* que se dedica ao seu estudo. Esse grupo mantém relações com outras pequenas comunidades, como as que estudam *autopoiese, redes neurais, cibernética e física da complexidade*, formando uma área maior que poderia ser chamada de "teoria dos sistemas". Cada uma dessas comunidades compartilha significados e produz textos que são compreensíveis e relevantes para seus próprios membros. Porém, para quem não faz parte da comunidade, muitas vezes as discussões travadas são consideradas sem-sentido ou irrelevantes. Ora, o leitor não acredita que existam grupos acadêmicos, profissionais ou religiosos cuja teia de significados está completamente descolada da realidade? Se isto for verdade, como saber que a comunidade da qual participamos também não sofre dessa ilusão coletiva, em algum grau?

A maneira de combater o auto-engano, naturalmente, é ser claro na definição de conceitos, na formulação de problemas e na argumentação, e buscar uma resposta que não seja um mero reflexo de nossos preconceitos e inclinações. A *escolha* de um problema é um momento crucial na pesquisa, mas muitas vezes somos convidados a explorar questões que não parecem ser especialmente frutíferas, por exemplo, o problema da conexão entre dois conceitos arbitrariamente dados. A origem deste artigo se deu dessa maneira: qual seria a relação entre a produção do conhecimento científico e a auto-organização?

2 RELEVÂNCIA DA AUTO-ORGANIZAÇÃO

Já que falamos em comunidades, vale ressaltar que, no Brasil, existe um debate, ocasionalmente travado nos corredores dos departamentos de filosofia e nas mesas de bar, a respeito da natureza da pesquisa filosófica. "Estudar ciência cognitiva é fazer filosofia?", ouve-se freqüentemente. Muitos defendem que fazer filosofia envolve necessariamente um diálogo com a tradição, e que refletir sobre um conceito mais ou menos técnico como *auto-organização* pode até ser interessante, mas tal reflexão teórica não seria propriamente filosofia.

¹ Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Departamento de Filosofia.

Apesar de não compartilhar dessa noção restrita de filosofia, creio que é possível mostrar como a reflexão sobre os princípios de organização da matéria está presente na história da filosofia, desde a Antigüidade (para não falar da história da biologia). Não tenho capacidade de fazer um trabalho exaustivo nesse sentido, mas posso indicar pelo menos dois momentos em que a questão foi relevante, na filosofia da natureza.

O questionamento grego de como explicar a *mudança*, partindo-se do princípio de que o *ser* não pode surgir do *não-ser*, já estabelecia algumas concepções a respeito da auto-organização da matéria. Empédocles concebeu quatro elementos imutáveis (terra, água, ar e fogo) que se combinariam em diferentes proporções, para gerar mudança e novas substâncias compostas. Os princípios de amor e ódio dominariam o cosmos em diferentes eras, agregando ou separando os elementos. Os animais teriam surgido a partir de órgãos que foram criados de maneira separada: olhos, trombas, caudas, rins etc. Todas as possibilidades de combinação ter-se-iam realizados, mas só aquelas que "*funcionaram*" sobreviveram. Em retrospecto, podemos considerar que essa concepção propunha um mecanismo pelo qual a matéria se organizaria espontaneamente. É verdade que tal processo de organização era regido pelos princípios espirituais de amor e ódio (localizados fora da matéria), mas esses princípios não eram *teleológicos*, ou seja, eles não postulavam uma forma ideal que dirigiria a transformação da matéria em sua direção.

Uma concepção puramente materialista (que não invocava princípios espirituais – ver Lange (1879) 1974, cap. 1) era a dos atomistas gregos, Leucipo e Demócrito. Imaginavam a existência de partículas indivisíveis, com diferentes formatos e tamanhos, que se organizariam espontaneamente em diferentes arranjos coletivos, juntando-se, por exemplo, através de ganchos. Buscavam explicar todas as coisas, inclusive a vida, através de mecanismos – causas eficientes – que não recorressem a uma causa final. Epicuro introduziu explicitamente eventos estocásticos, probabilistas, a que chamou *clinamen*. Temos assim mais uma concepção grega que entendia que as partes da matéria se organizavam espontaneamente, ao acaso, para produzir entidades mais complexas.

A abordagem de Platão e Aristóteles quebrou com essa tradição material-eficiente, já que eles introduziram um desígnio (causa final) para as coisas. Para o estagirita, cada coisa contém em si um *telos*, uma finalidade, desde uma pedra que cai em direção ao seu *lugar próprio*, até um órgão como o fígado, que tem certa utilidade para um animal. Um embrião se transforma em um ouriço-do-mar devido a uma forma – causa final – a ele inerente. Eis uma concepção segundo a qual a matéria

se organiza a si mesma devido a um princípio interno. No entanto, dificilmente essa visão teleológica se enquadraria na definição contemporânea de *auto-organização*, já que haveria uma forma *previamente dada*, que conduziria o processo de transformação do organismo.

Posteriormente, com a idéia de um Deus inteligente, criador das coisas e de sua ordem, a questão da auto-organização perdeu importância. O princípio de organização do mundo estaria fora dele, em Deus. A ascensão do mecanicismo, no séc. XVII, colocou novamente a questão da auto-organização na ordem do dia, especialmente no tocante à explicação da vida.

Dentre os filósofos clássicos modernos, Kant se destaca por ter investigado a questão da auto-organização da matéria usando uma terminologia próxima à que é usada hoje em dia. Na *Crítica da faculdade do juízo*, Kant (1790) examinou os problemas envolvidos com a conjunção de causas eficientes e finais, por exemplo, em um ser vivo. Tal ser é ao mesmo tempo produto natural (de uma causa eficiente) e fim natural. Teríamos um "ser organizado e organizando-se a si mesmo" (KANT, (1790) 1995, § 65 (292), p. 216; no original: *organisierter und sich selbst organisierendes Wesen*). Em que medida sua concepção se aproxima da atual é uma questão a ser examinada, mas vale salientar a importância dada para causas finais, nesse período pré-darwiniano.

3 O PAPEL DO ACASO NA AUTO-ORGANIZAÇÃO

Pode-se dividir os processos de auto-organização em dois grandes tipos (DEBRUN, 1996). A *auto-organização primária* refere-se ao processo em que emerge um tipo de organização qualitativamente diferente do existente anteriormente, como no surgimento da vida a partir da matéria inanimada. A *secundária* envolve uma alteração na organização de um sistema sem que haja uma ruptura drástica com a situação anterior, por exemplo, quando uma comunidade de cupins reconstrói seu ninho após este ser destruído.

Como é possível que a vida tenha surgido na Terra, se ela envolve um grau de organização e complexidade maior do que da matéria inanimada na Terra? Não haveria um princípio de conservação de ordem (ou de organização, ou de complexidade), de tal forma que o aumento de ordem em um dado subsistema só poderia ocorrer às custas de uma desordem igual ou maior em outra parte do sistema? E, na sociedade humana, quais as vantagens e desvantagens de uma organização descentralizada? Como medir ou caracterizar as propriedades coletivas de um sistema, e como caracterizar as mudanças de sua organização (ou de outras propriedades)? Essas são algumas questões que envolvem a noção de auto-organização.

A *auto-organização* caracteriza sistemas que se transformam, sem serem fortemente guiados por um fim pré-determinado, por um instrutor inteligente. Um dos consensos que se desenvolveu, na década de 60 (VON FOERSTER, 1960; ASHBY, 1962), é de que um componente essencial nos processos auto-organizativos é o *acaso*, ou, visto de outra maneira, é a possibilidade, em um dado instante, de o sistema evoluir para diferentes estados. Pensemos na evolução dos organismos vivos. O aumento de complexidade que vemos na evolução não é dirigido por um plano pré-determinado ou por um instrutor divino, mas por um mecanismo (não teleológico) de tentativa e erro, que resulta no mecanismo da seleção natural. O acaso é um elemento essencial nesse mecanismo de evolução, estando associado às mutações e às recombinações genéticas. Todos os outros exemplos clássicos de auto-organização em sistemas naturais também envolvem elementos aleatórios, flutuações ambientais etc.

Usaremos essa característica dos sistemas auto-organizados – o acaso – para nos guiar em nossa investigação sobre se a evolução da ciência pode ser considerada auto-organizada.

4 ACASO NA CIÊNCIA

O conhecimento científico é auto-organizado? À medida que a ciência consiste da aplicação de um conjunto fixo de métodos racionais para o desvelamento objetivo de uma realidade pré-existente, a resposta seria *não!* Em outras palavras, existe uma realidade que as ciências naturais procuram descobrir, e toda a atividade científica é guiada por esse objeto real. Essa realidade serviria como um *telos* (um “instrutor”, na linguagem das redes neurais com aprendizado) e existiriam métodos fixos para avaliar em que medida as conjecturas propostas pela ciência estão certas ou erradas.

No entanto, a atividade científica é bastante complexa e multifacetada: será que a perspectiva da auto-organização não se aplica a nenhum de seus aspectos? Ora, sigamos a sugestão da seção anterior, e nos perguntemos qual o papel que o *acaso* desempenha na ciência. Um pouco de reflexão indica que o acaso tem um papel de destaque, na ciência, apesar de esta se referir a uma realidade pré-existente. Consideremos três perspectivas para a questão.

Em primeiro lugar, o desenvolvimento da ciência está sujeito a causas externas, de natureza social, psicológica, ideológica, econômica etc. Tais fatores podem flutuar ao sabor do acaso, introduzindo um elemento aleatório no desenvolvimento histórico da ciência. A ciência é uma atividade social e criadora dos seres humanos, sujeita a negociações

em várias de suas instâncias, especialmente no tocante à escolha de seus fins, na quantidade de dinheiro investida, na concatenação com as ideologias dominantes etc. Nesse sentido, com relação a esse aspecto social, podemos dizer que a atividade científica é auto-organizada, assim como o são as atividades sociais em geral.

Em segundo lugar, podemos olhar para o lado *internalista* da ciência, examinando suas características lógicas e metodológicas. Há um certo consenso de que existe uma *subdeterminação* das teorias científicas pelos dados experimentais. Em outras palavras, dado um corpo de conhecimentos empíricos, haveria um número indefinido de teorias diferentes que poderiam dar conta desse corpo. Sendo assim, a escolha entre essas diferentes teorias científicas envolveria um elemento arbitrário, e poder-se-ia especular que o processo de escolha de uma teoria pudesse ser descrito como um processo de auto-organização. Tal escolha pode ser influenciada por fatores externos, mas há também fatores internos, ligados aos métodos adotados e às evidências disponíveis, em um certo momento.

A terceira perspectiva para a questão do acaso na ciência está relacionada às duas anteriores, e considera que a ciência poderia ter-se desenvolvido por meio de caminhos históricos diferentes, correspondendo a diferentes encadeamentos de idéias, técnicas, dados etc. Ou seja, o próprio processo internalista de constituição ou organização de teorias científicas poderia ter-se dado de maneiras diferentes, independente dos fatores externos.

Mostrar que existe acaso na ciência é suficiente para que o processo seja auto-organizado? Não. Flutuações externas, por exemplo, poderiam ter um efeito desorganizador, desagregador, para a evolução da ciência. Isso levanta então a questão de como a ciência se organiza.

5 A ORGANIZAÇÃO INTERNA DA CIÊNCIA

Diferentes concepções sobre a ciência postulam diferentes estruturas para ela. A chamada *visão recebida*, por exemplo, faz uma separação nítida entre termos de observação (empíricos) e termos teóricos. Os primeiros teriam base segura, ligada à observação, enquanto que os segundos teriam seu sentido fornecido parcialmente por regras de correspondência com os termos de observação, e parcialmente de maneira *implícita*, através de sua relação com os outros termos teóricos (ver, por exemplo, SUPPE, 1977, p. 16-53). Tais relações entre termos teóricos constituiriam leis teóricas, ao passo que os termos de observação estariam relacionados por leis empíricas.

Não precisamos entrar no mérito dessa concepção de ciência. Ela apenas serve como ilustração para o que seria a *organização* da ciência.

Teríamos elementos, como os termos teóricos e de observação, que estariam relacionados por regras de correspondência e leis. Qualquer alteração nessas regras e leis ou nos elementos resultaria em uma alteração da organização (estrutura) da ciência.

A visão recebida não se esmerou em estudar como a estrutura de uma determinada teoria científica veio a se estabelecer. A concepção sugerida por alguns autores é essencialmente cumulativista (SUPPE, 1977, p. 53-56), ao passo que KUHN ([1962] 2001) salientou que pode haver mudanças radicais na organização interna de uma teoria, em períodos *revolucionários*.

Nossa questão, então, é determinar se tais alterações na organização de uma teoria científica podem ser consideradas auto-organizativas. Para tanto, apresentarei a seguir uma abordagem um tanto quanto diferente para as teorias científicas.

6 AVANÇOS LIGADOS POR RELAÇÕES CAUSAIS

Ao invés de salientar a estrutura lógica entre elementos de uma teoria científica, um olhar nos livros de história da ciência sugere que tais elementos surgem pela primeira vez em conseqüência da existência de outros elementos. Chamando tais elementos de *avanços*, teríamos que o surgimento de um determinado avanço é *causado* pela existência prévia de outros avanços (PESSOA, 2000).

Avanços constituem um conjunto que inclui idéias, dados, técnicas experimentais e matemáticas, definições, derivações, explicações, colocações de problemas, conhecimentos tácitos, comparações entre dados e teoria etc. Podem ser caracterizados como *unidades de conhecimento científico*, que são passadas de cientista para cientista, em artigos, palestras ou pessoalmente (PESSOA, 2004). Noção semelhante é considerada pela corrente da filosofia da ciência conhecida como *epistemologia evolutiva* (BRADIE, 1986), de forma que os avanços podem ser definidos como *memes cognitivos*, para usar a terminologia introduzida por Dawkins (1976).

A história da ciência pode ser descrita por meio de uma rede de avanços conectados por relações de causa e efeito. Por exemplo, a formulação de Ampère de sua lei da eletrodinâmica necessitava da existência prévia da bateria voltaica e da descoberta de Oersted do efeito de uma corrente elétrica em uma agulha magnética. Sem bateria voltaica, não haveria lei de Ampère. Nesse sentido, podemos dizer que a bateria voltaica foi uma das muitas *causas* dessa lei. (No exemplo dado, a bateria seria uma condição necessária para a lei de Ampère, mas uma causa não precisa ser necessária.)

Em geral, há um grande número de fatores causais que afetam o surgimento de um avanço. Há os fatores externalistas, sociais, e há os internos à ciência, que são as outras unidades de conhecimento. Uma causa internalista pode ser forte ou fraca. Uma causa "forte" seria uma condição necessária (como a bateria voltaica para a lei de Ampère) ou, de maneira mais geral, uma condição necessária de um conjunto suficiente para gerar o efeito (condição "INUS"), com uma certa probabilidade (comparativamente alta). Uma causa "fraca" seria uma condição que aumentasse levemente a probabilidade de um conjunto de causas necessárias (PESSOA, 2003).

7 HISTÓRIAS CONTRAFACTUAIS

Uma das utilidades da concepção de ciência apresentada acima é a possibilidade de se postularem *histórias contrafactuais*, isto é, histórias possíveis que não se realizaram. Se conhecermos com algum detalhe a rede causal de um campo científico, e tivermos uma estimativa de quais avanços foram mais prováveis e quais foram menos, podemos fazer a seguinte pergunta: o que teria acontecido se um certo avanço (menos provável) tivesse surgido apenas vários anos depois? Será que uma certa descoberta poderia ter sido feita através de outro caminho?

Por exemplo, tomemos o campo da Psicologia.

Se Sigmund Freud tivesse se tornado um zoólogo marinho (área em que se iniciou), a Psicanálise teria sido desenvolvida por outro médico? Ou, considerando os primórdios da Psicologia Cognitiva: a descoberta de George Miller, em 1956, de que a memória de curto prazo retém em torno de sete itens, poderia ter sido feita no início do século?

Em Pessoa (2000), examinamos o caso das origens da Física Quântica. Suponhamos que, no ano 1800, cem cópias exatas da Terra fossem feitas e espalhadas por sistemas estelares semelhantes ao solar. Mesmo partindo do mesmo estado histórico inicial, pequenas flutuações levariam os diferentes mundos a evoluir de maneira diferente. A grande maioria chegaria, mais cedo ou mais tarde, à Física Quântica (à quantização de energia ou à dualidade onda-partícula). Eliminemos de nossa consideração aqueles mundos que, por alguma razão (guerras, cataclismos), nunca chegassem à Física Quântica. A questão então seria: quais caminhos seriam trilhados por esses diferentes mundos, para se chegar à Física Quântica, e quais destes seriam mais prováveis? Concluímos que haveria quatro caminhos mais prováveis. O mais provável seria através da investigação de Efeitos Ópticos; o caminho de fato trilhado, o da Radiação Térmica, seria também bastante provável. Menos prováveis seriam o caminho da Espectroscopia e o dos Calores Específicos dos Sólidos.

8 A CIÊNCIA SE AUTO-ORGANIZA?

No final da seção 4, argumentamos que a possibilidade de haver diferentes histórias possíveis mostraria que o *acaso* tem um papel relevante na ciência, no próprio processo internalista de organização de teorias científicas. Não só a proposição de idéias tem um elemento aleatório, como também a escolha de quais dados medir, que instrumentos privilegiar, que perguntas formular, que simplificações introduzir etc.

A atividade do cientista é guiada por um conjunto não muito bem definido de metas, entre as quais se inclui a busca por uma "adequação" entre as previsões da teoria e os dados experimentais. Cada cientista tem uma visão apenas parcial da atividade de toda comunidade científica. De maneira análoga a um cupim que executa tarefas limitadas que resultam na "emergência" do cupinzeiro (sem que qualquer cupim tenha uma representação global do cupinzeiro) (CAMAZINE et al., 2001, cap. 18), a ciência como um todo também emerge da ação coletiva dos cientistas individuais (tomo "emergência" aqui no sentido "fraco" de STEPHAN, 1998).

Há, porém, diferenças marcantes entre a atividade de um cupim e a de um cientista. Cada cupim segue regras simples que são codificadas em seu "hardware" cerebral, como resultado do longo processo de evolução, baseado na seleção natural. Essas regras *não* foram implementadas no seu sistema nervoso *com a finalidade* de construir cupinzeiros, mas pelo processo cego de seleção natural (que inclui eventos aleatórios). Nesse sentido, a atividade coletiva dos cupins é considerada auto-organizada.

Por contraste, *se* o cientista seguisse *unicamente* regras metodológicas fixas, desenvolvidas *com a finalidade* de otimizar a produção científica, então claramente sua atividade *não* seria uma auto-organizada, já que a "organização" dessa atividade científica seria resultado de regras que teriam sido desenvolvidas especificamente para atingir a meta de otimização.

No entanto, a atividade do cientista não consiste exclusivamente da aplicação de regras fixas. Talvez *uma parte* de sua atividade consista da aplicação mecânica de regras metodológicas otimizadas, como no teste de hipóteses ou de teorias. Todavia, há toda uma atividade criativa envolvida no processo de descoberta, no uso de analogias, na escolha de hipóteses etc., de forma que não existe um método fixo que reja o desenvolvimento da ciência. Neste ponto, tanto empiristas lógicos (com seu "contexto da descoberta") quanto falseacionistas (com a liberdade de escolha de hipóteses) concordam; e muito mais os defensores de posturas relativistas, como o "vale tudo"

do anarquismo científico. O “modelo reticulado de racionalidade científica” (LAUDAN, 1984) também exprime bem as dependências mútuas entre teoria, método e valores, indicando que não há regras metodológicas fixas.

Assim, concluímos que a atividade científica é, no geral, auto-organizada. Mesmo que se argumente que a ciência possua uma meta global (por exemplo, atingir a verdade, refletindo uma realidade “objetiva”) e que ela utilize métodos fixos escolhidos com a finalidade de otimizar a obtenção dessa meta, mesmo assim há todo o domínio da criatividade científica – da maneira como os avanços são ordenados e concatenados para o surgimento de novos avanços – que foge ao comando de um centro organizador, e faz com que consideremos a ciência auto-organizada.

O rumo que a história da ciência de fato toma “emerge” de um processo coletivo que inclui fatores aleatórios. É possível estimar quais são os caminhos possíveis dessa dinâmica. Assim, a atualização de um desses caminhos pode ser considerada como uma etapa de auto-organização (secundária) da evolução da ciência.

REFERÊNCIAS

- ASHBY, W.R. Principles of the self-organizing system. In: VON FOSTER, H.; ZOPF, JR.; G.W. (Org.). *Principles of self-organization*. Oxford: Pergamon, 1962. p. 255-78.
- BRADIE, M. Assessing evolutionary epistemology. *Biology and Philosophy*, v.1, p. 401-59, 1986.
- CAMAZINE, S. et al. *Self-organization in biological systems*. Princeton: Princeton University Press, 2001.
- DAWKINS, R. *O gene egoísta*. Tradução de G.H.M. Florsheim. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Edusp, [1976] 1979.
- DEBRUN, M. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M.E.Q.; PESSOA JR, O. (Org.). *Auto-organização: estudos interdisciplinares em filosofia, ciências naturais e humanas, e artes*. Campinas: CLE, 1996. p. 3-23. (Coleção CLE, n. 18).
- KANT, I. *Crítica da faculdade do juízo*. Tradução V. ROHDEN e A. MARQUES. Rio de Janeiro: Forense Universitária, [1790] 1995.
- KUHN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução de B.V. Boeira e N. Boeira. São Paulo: Perspectiva, [1962], 2001.
- LANGE, F.A. *History of materialism and criticism of its present importance*. Tradução de E.C. Thomas. Nova Iorque: Arno Press, [1866] 1974.
- LAUDAN, L. *Science and values: the aims of science and their role in scientific debate*. Berkeley: University of California Press, 1984.
- PESSOA JUIOR, O. *Histórias contrafactuais: o surgimento da física quântica*. *Estudos avançados*, v. 14, n. 39, p. 175-204, 2000.

PESSOA JUIOR, O. Modelos causais em história da ciência. ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA DO CONE SUL, 3, Águas de Lindóia, 2002. *Anais...* 2003. .

_____. Unidades de conhecimento na teoria da ciência. *Principia*, 2004. (No prelo).

STEPHAN, A. Varieties of emergence in artificial and natural systems. *Zeitschrift für Naturforschung*, v. 53c, p. 639-656, 1998.

SUPPE, F. The search for philosophic understanding of scientific theories. In: _____. (Org.). *The structure of scientific theories*. 2. ed. Urbana: University of Illinois Press, 1977. p. 1-241.

VON FOERSTER, H. On self-organizing systems and their environments. In: YOVITS, M.C.; CAMERON, S. (Org.). *Self-organizing systems*. Oxford: Pergamon, 1960. p. 31-50.

**A UNIVERSIDADE ENTRE O
CONHECIMENTO E O TRABALHO**

o dilema das ciências



Marcos Del Roio

ORGANIZADOR

Unesp
Marília
Publicações