

CAPÍTULO I

A ORDEM E A DESORDEM

(DAS LEIS DA NATUREZA À NATUREZA DAS LEIS)

O mais belo arranjo é um monte de detritos dispostos ao acaso.

HERACLITO

...Uma ordem surgira da decadência e da desordem.

HE XIU

Não nos falem mais das leis da natureza.

LÉON BRILLOUIN

I — A invasão das desordens

Não dissimulo a mim mesmo a surpresa que feriria o teu espírito ao anunciar-te a *destruição fatal do Céu e da Terra*.

LUCRÉCIO (*De Natura Rerum*, livro V)

A ordem soberana¹

A ordem, palavra-chave da ciência clássica, reinou do átomo à Via Láctea. Espalhou-se majestosamente tanto mais que a Terra se tornou um pequeno planeta (Galileu, 1610) e que o Sol regressou ao seio da galáxia (Thomas Wright, 1750). De Kepler a Newton e Laplace, ficou estabelecido que o inumerável povo das estrelas obedece a uma mecânica inexorável. Alguns cometas parecem andar a passear pelo cosmo, mas seguem, de facto, uma rota previamente traçada. A gravidade dos corpos, o movimento das marés, a rotação da Lua à volta da Terra, a rotação da Terra à volta do Sol, todos os fenómenos terrestres e celestes obedecem à mesma lei. A lei eterna que regula a queda das maçãs suplantou a lei do Eterno que, por causa duma maçã, fez cair Adão. A palavra «revolução», quando se trata dos astros e planetas, significa repetição impecável, não revulsão, e a ideia do «universo» evoca o mais perfeito dos relógios. Até à experiência de Michelson (1881), a maravilhosa máquina banhou-se no óleo, isto é, no éter...

¹ Aqui se concentram, sob a égide e o controlo do conceito de ordem, as noções de determinismo, lei, necessidade, que constituem os seus derivados ou as suas aplicações. A continuação do meu trabalho permitirá justificar esta asserção primeira.

Este universo-relógio marca o tempo e atravessa-o de modo inalterável. A sua textura, a mesma em toda a parte, é uma substância incriada (a matéria) e uma entidade indestrutível (a energia). As leis da física, até à estranha excepção do segundo princípio da termodinâmica, ignoram a dispersão, o desgaste e a degradação. O universo auto-suficiente automantém-se perpetuamente. A ordem soberana das leis da natureza é absoluta e imutável. Elas excluem a desordem desde sempre e para sempre. Apenas a fraqueza do nosso entendimento nos impede de conceber, na sua plenitude, o universal, impecável, inalterável e irrevogável determinismo. Mas um demónio, tal como Laplace imaginara, capaz de observar o universo inteiro num dado momento e de conhecer as suas leis, seria capaz de reconstituir todos os acontecimentos passados e de prever todos os seus acontecimentos futuros.

É certo que, à escala terrestre, o nosso olhar pode chocar-se com algumas desordens e riscos, com alguns alaridos e impetos. Mas estes não passam da espuma quase fantasmática da realidade. «É unicamente à superfície que reina o jogo dos acasos irracionais», dizia Hegel. A verdadeira realidade é ordem física, onde todas as coisas obedecem às leis da natureza, ordem biológica na qual todo o indivíduo obedece à lei da espécie, e ordem social na qual todo o ser humano obedece à lei da cidade.

Porém, eis que a sociedade dos homens se derrete e se transforma. Eis que, depois de 1789, a palavra «revolução» já não significa recomeço do mesmo no mesmo, mas ruptura e mudança. Eis que se descobre que a vida, longe de ter sido fixada duma vez por todas, depende da evolução. O próprio universo — como Laplace já supusera — parece saído duma «nebulosa primitiva». Mas a ideia de ordem sai aumentada, adulta: não é o sinal de que o universo passou irrevogavelmente dos limbos vaporosos para a plenitude da ordem? Que a vida, obedecendo a leis naturais de adaptação e de selecção, se desenvolveu até chegar a esta ordem racional simbolizada pelo nome *Homo sapiens*? Que as sociedades obedecem a uma lei do progresso que as faz aceder a uma ordem superior? As leis da evolução e da história ilustram e consagram o aparecimento iminente da ordem racional. Esta está a fazer os seus últimos rascunhos, tal como um artista antes da sua obra-prima. As últimas desordens, no pequeno planeta Terra, vão reabsorver-se e dissipar-se.

Da degradação da energia à degradação da ordem: o aparecimento da desorganização

Ora subitamente, no decurso do século XIX, forma-se uma pequena bolsa de desordem precisamente no âmago da ordem física. Inicialmente confinada num recipiente fechado e nutrindo-se exclusivamente de gás, esta bolsa torna-se omnívora e vai ganhando terreno até ameaçar o universo inteiro.

Corrói aquilo que se tornou o invariável motor da física e o termo-chave da era industrial: a energia. O primeiro princípio da termodinâmica reconhece na energia uma entidade indestrutível, dotada dum poder polimorfo de transformações (energia mecânica, eléctrica, química, etc.). Assim, este princípio oferece ao universo físico uma garantia de auto-suficiência e de eternidade para todos os seus movimentos e trabalhos.

O segundo princípio, esboçado por Carnot e formulado por Clausius (1850), introduz a ideia, não de perda — que contradiria o primeiro princípio —, mas de *degradação* da energia. Enquanto todas as outras formas de energia podem transformar-se integralmente umas nas outras, a energia que toma a forma de calor não pode reconverter-se inteiramente, e perde assim uma parte da sua aptidão para efectuar um trabalho. Ora toda a transformação, todo o trabalho libertam calor, contribuindo assim para esta degradação. Esta diminuição irreversível da aptidão para transformar-se e para efectuar um trabalho, própria do calor, foi designada por Clausius por *entropia*.

A partir daí, se considerarmos um sistema que não seja alimentado por energia exterior, isto é, um sistema «fechado», toda a transformação realizada no seu interior faz-se acompanhar necessariamente dum aumento de entropia e, de acordo com o segundo princípio, esta degradação irreversível não pode parar de crescer até ao máximo, que é um estado de homogeneização e de equilíbrio térmico, no qual desaparecem a aptidão para o trabalho e as possibilidades de transformação².

O espanto é que o princípio de degradação da energia de Carnot, Kelvin e Clausius se tenha transformado em princípio de degradação da ordem, no decorrer da segunda metade do século XIX, com Boltzmann, Gibbs e Planck.

Boltzmann (1877) elucida a originalidade energética do calor situando a sua análise a um nível até então ignorado: o das micro-unidades ou moléculas constituindo um dado sistema. O calor é a energia própria aos movimentos desordenados das moléculas no seio deste sistema, e todo o aumento de calor corresponde a um aumento da agitação e a uma aceleração destes movimentos. É, portanto, pelo facto de a forma calorífica da energia comportar desordem nos seus movimentos que há uma inevitável degradação da aptidão para o trabalho.

Assim, todo o aumento de entropia é um aumento de desordem interna, e a entropia máxima corresponde a uma desordem molecular total no seio dum sistema, o que se manifesta ao nível global pela homogeneização e o equilíbrio.

O segundo princípio já não se formula unicamente em termos de trabalho. Formula-se em termos de ordem e desordem. Formula-se em termos de organização e desorganização, visto que a ordem dum sistema é constituída pela organização que combina num todo os elementos heterogéneos.

Assim, a entropia é uma noção que significa simultaneamente:

Degradação da energia	}	<i>Desordem molecular, homogeneização macroscópica, equilíbrio térmico, impossibilidade de transformação.</i>
Degradação da ordem		
Degradação da organização		

Significa, ao mesmo tempo, que esta tripla degradação obedece a um processo irreversível no seio dos sistemas físicos fechados.

² Carnot mostrara que, para obter trabalho a partir do calor, eram necessárias duas fontes de calor, de diferentes temperaturas, de tal modo que uma fracção do calor extraído da fonte quente possa transformar-se em trabalho. A partir do momento em que faltarem esta heterogeneidade calorífica e este desequilíbrio térmico, deixa de haver trocas ou transformações concebíveis.

Ainda neste ponto Boltzmann desenvolve um contributo inteiramente novo: o da probabilidade estatística. O número das moléculas e as configurações que podem adquirir no seio dum sistema são enormes, e só podem depender duma apreensão probabilística. Dentro desta perspectiva, as configurações desordenadas são as mais prováveis e as configurações ordenadas as menos prováveis. A partir daí, o aumento da entropia torna-se a passagem das configurações menos prováveis às configurações mais prováveis³. Ou seja, por outras palavras, *a desordem e a desorganização identificam-se com a maior probabilidade física no caso dum sistema fechado*.

Clausius não hesitara em generalizar o alcance do segundo princípio ao conjunto do universo que, concebido como um todo que dispõe duma energia finita, podia ser considerado como um megassistema fechado. Assim, segundo a sua fórmula, «a entropia do universo tende para o máximo», ou seja para uma «morte térmica» inelutável, o que significaria, segundo a perspectiva aberta por Boltzmann, para a desorganização e a desordem.

Deste modo, o segundo princípio fomentaria um atentado contra a ordem cósmica. Mas a profecia de Clausius fora contestada nas suas premissas: a legitimidade de transferência da noção de sistema fechado à escala cósmica. Será possível considerar o universo não apenas como fechado ou aberto, mas propriamente como um sistema? A inadequação da extrapolação parecia evidente num ponto essencial: nos sistemas fechados da termodinâmica, os estados de ordem/organização são simultaneamente iniciais e improváveis. Se a ordem e a organização eram improváveis, como teria sido possível enumerar até ao infinito os átomos, as moléculas e os astros? Como é que a progressão irreversível da desordem podia ser compatível com o desenvolvimento organizador do universo material, e, em seguida, da vida, que conduz ao *Homo sapiens*?

De resto, à escala humana e social, a corrosão do segundo princípio fora compensada com os benefícios técnicos e científicos extraídos dele, benefícios que constituem uma vitória da ordem científica (sob o aspecto da mecânica estatística) e da organização tecno-industrial sobre a desordem calorífica. O princípio de Carnot permitia calcular as condições do rendimento máximo do trabalho duma máquina. A fórmula de Boltzmann permitia medir e prever a evolução da desordem, e portanto, num determinado sentido, controlá-la. A química, que se desenvolve a partir daqui, integra a entropia na definição de energia livre, de entalpia livre e de afinidade química. A noção de entropia contribui para o desenvolvimento da teoria das máquinas térmicas e da termoquímica. A entropia aparece assim não como uma regressão da ordem, mas como um progresso da ciência.

Finalmente, Maxwell descobre o calcanhar de Aquiles do segundo princípio; a experiência imaginária do «demónio de Maxwell⁴» mostra que a predi-

³ Boltzmann define a entropia de um sistema (variável macroscópica) em relação ao número de complexões ou configurações microscópicas que os átomos ou as moléculas podem adquirir no seu seio, segundo a fórmula:

$$S = K \log P$$

Entropia total Constante Probabilidade
do sistema de Boltzmann termodinâmica

⁴ Maxwell introduz um pequeno demónio, dotado de sentidos muito subtis, dentro dum recipiente de gás separado em duas partes, A e B, que podem comunicar através da abertura duma válvula, e on-

ção de homogeneização e de equilíbrio pode ser desmentida precisamente no seio dum sistema fechado, ou seja, sem o fornecimento externo de energia ao sistema.

Deste modo a corrupção da desordem, longe de invadir tudo, foi minada logicamente (pelo demónio de Maxwell), controlada cientificamente (pela teoria de Boltzmann) e utilizada produtivamente (pelas máquinas térmicas); dissolveu-se num enorme ponto de interrogação cósmico assim que quiseram encará-la à escala do universo. Tropeçava na evidência contrária da evolução física, biológica e antropológica. A ordem parecia pois restaurada.

Todavia, como em toda a restauração, tinha-se desmoronado um pilar da ordem antiga e a própria ideia de ordem fora problematizada. A partir do momento em que se estabelecera que os estados de ordem e de organização são, não apenas degradáveis, mas também improváveis, a evidência ontológica da ordem e da organização é derrubada. O problema já não consiste em saber por que razão existe desordem no universo se nele reina a ordem universal. Consiste em saber por que razão existe ordem e organização no universo. A ordem e a organização, deixando de ser evidências ontológicas, tornam-se problema e mistério: têm de ser explicadas, justificadas e legitimadas.

A questão só concerne os «sistemas fechados»? De modo nenhum, visto que os «sistemas abertos» trabalham e que todo o trabalho suscita o problema do aumento da entropia. Assim a questão amplia-se e desenvolve-se: *Que são estes sistemas abertos? Como se organizam? De que modo evitam a desorganização? Acabam por evitá-la? Como se explica o aparecimento, a existência e a evolução da organização biológica? E social? Existirá, como sugeriu Bergson⁵, o qual teve o mérito de enfrentar o problema (embora só tenha sabido formulá-lo numa alternativa maniqueísta), uma «matéria viva» além da matéria física que escapa aos efeitos da degradação? Uma virtude própria à organização viva? Foi preciso esperar muito tempo para tirar estas questões da sua letargia. Entretanto a ordem abafara a sua impertinência com o seu peso esmagador. É incrível que estes problemas tenham sido abafados, como sempre acontece quando a confrontação de dois princípios contrários conduz a uma tensão explosiva ou a uma total incoerência; a partir daí, o princípio culturalmente mais forte anula a questão formulada pelo outro. Assim aconteceu durante decênios com incríveis questões suscitadas pela problemática boltzmaniana.*

É certo que um novo parceiro saltara para fora da caixa fechada da termodinâmica: *um princípio de degradação irreversível sempre activo onde quer que haja trabalho e transformação no universo*. O despontar da desordem era, ao mesmo tempo, limitado (na bolsa física dos «sistemas fechados») e ilimitado

de há equilíbrio térmico, ou seja entropia máxima. O demónio vigia o movimento das moléculas que se agitam ao acaso. Logo que uma molécula rápida de A se dirige para B, o demónio abre a válvula e a molécula passa para B. Logo que uma molécula lenta em B se dirige para A, o demónio torna a abrir a válvula. Assim, com a continuação, a parte B, cheia das moléculas mais rápidas, tornou-se quente e a parte A tornou-se fria. Há desequilíbrio e heterogeneidade: o trabalho é possível. Assim, inverte-se o segundo princípio sem que o sistema adquira ou gaste energia e sem que a sua natureza física seja modificada. Evidentemente, só se pode escapar à probabilidade do segundo princípio com a ajuda dum ser muito improvável: um demónio.

⁵ Em *L'Évolution créatrice*, 1907.

(no sentido em que acompanha todo o trabalho, mesmo num sistema «aberto»).

Mas esta desordem que irrompeu no rasto do segundo princípio não passa dum parasita, dum subproduto, dum residuo do trabalho e das transformações produtivas. Não tem nenhuma utilidade e nenhuma fecundidade. Só traz degradação e desorganização. O lugar que lhe compete são, portanto, as latrinas da *physis* e do cosmo. A ordem pode continuar a reinar no mundo.

O desregramento microfísico

Subitamente, em 1900, abre-se uma brecha formidável nos fundamentos microfísicos da ordem. No entanto, o átomo não traíra a ordem física deixando de ser o objecto primeiro, irreductível, insecável e substancial: Rutherford transformara-o num pequeno sistema solar constituído por partículas gravitando em torno dum núcleo, tão maravilhosamente ordenado como o grande sistema astral. A ordem microfísica parecia assim ser simétrica da ordem macrocómica, quando se deu o desastre. O vírus da desordem, alimentado por Boltzmann e Gibbs, teve repentinamente descendência microfísica com a noção descontínua de *quantum* de energia (Max Planck) e espalhou-se no subsolo da matéria.

As partículas que aparecem já não podem ser consideradas como objectos elementares claramente definíveis, assinaláveis e mensuráveis. A partícula perde os atributos mais seguros da ordem das coisas e das coisas da ordem. Confunde-se, dissocia-se, indetermina-se, polidetermina-se sob o olhar do observador. A sua identidade divide-se, partilhada entre o estatuto de corpúsculo e o estatuto de onda. A sua substância dissolve-se e o elemento estável torna-se acontecimento aleatório. Já não tem uma localização fixa e inequívoca no tempo e no espaço. Uma delirante massa subatómica de fotões, electrões, neutrões e protões desintegra tudo o que nós entendemos por ordem, organização e evolução. É certo que tudo volta à ordem, ao nível estatístico. É certo que o átomo continua a ser uma entidade organizada, um sistema, que um formalismo matemático coerente traduz. Portanto, a desordem permanece nas camadas inferiores do microcosmo. Aparentemente não surge à nossa escala do espírito e da realidade. É a realidade microfísica que escapa ao nosso conceito de ordem, por escapar à ordem dos conceitos, ou é o nosso espírito que não consegue conceber esta outra ordem, a qual não pode passar sem aquilo a que chamamos «desordem»?

Ora esta desordem está presente no microtecido de todas as coisas, sóis, planetas, sistemas abertos ou fechados, coisas inanimadas ou seres vivos. É completamente diferente da desordem ligada ao segundo princípio da termodinâmica. Não é uma desordem de degradação e de desorganização. É uma desordem constitucional, que faz necessariamente parte da *physis*, de todo o ser físico. Faz parte — mas como? — da ordem e da organização, não sendo nem ordem nem organização!

Assim, portanto, a desordem soou pela segunda vez. Pela segunda vez, a ordem física já não é a evidência que suporta todas as coisas. Pela segunda vez, a ordem e a organização causam problemas e tornam-se um enigma. Desta segunda vez, a desordem é uma desordem que, em vez de degradar, faz existir.