

12

DUAS TRADIÇÕES NA SISTÊMICA: HOLISMO ORGANICISTA E REDUCIONISMO SEPARABILISTA

*Oswaldo Pessoa Jr.**

1. Duas definições de sistema

A teoria geral de sistemas, ou sistêmica, ocupa uma zona limítrofe entre as ciências formais e empíricas, sendo que o conceito de “sistema” obviamente desempenha papel central na teoria. Olhando as definições desse termo ao longo da história, discernimos duas acepções básicas, que denotaremos pelos subscritos 1 e 2 (seguindo o estilo de Lakatos, 1979, p.217), sendo que o primeiro se dá no contexto mais formal e o segundo, no contexto empírico. O biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy, um dos arautos da “nova filosofia da natureza”, que é a “filosofia dos sistemas”, também aponta a distinção entre sistemas “conceituais” e sistemas “reais” (Von Bertalanffy, 2010, p.16).

O primeiro sentido, SISTEMA₁, é o de um discurso dedutivo (Abbagnano, 2007, p.1.076-8). Sexto Empírico (século III) usou a palavra “sistema” para se referir a um discurso organizado

* Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo (opessoa@usp.br)

dedutivamente, ou seja, que constitui um todo cujas partes derivam umas das outras. Essa acepção grega foi usada na filosofia alemã do início do XVIII por Leibniz, Wolff e Baumgarten. Para Wolff (1728), “sistema” é um conjunto de proposições “ligadas entre si e com seus princípios”. Este sentido também aparece no *Tratado dos sistemas*, de Condillac (1749). É a acepção herdada pela Lógica, ao falar em “sistema axiomático”, que envolve diversas proposições primitivas combinadas dedutivamente, e não um princípio único.

A partir desse primeiro significado básico, o idealismo alemão formulou uma acepção derivada, que chamaremos SISTEMA_{1,1}. Para Kant (1781), sistema é a unidade de múltiplos conhecimentos, reunidos sob uma única ideia. Esse filósofo afirma também que é um todo organizado de maneira finalista: uma articulação, não um amontoado. Nesse sentido, um sistema tem semelhanças com um ser vivo: ele pode crescer de dentro para fora, mas não de fora para dentro (por aposição). Para o Romantismo (Schelling, Hegel), o sistema é a “forma” da ciência. Para o hegeliano Croce (1920), “o que se pensa nunca é realmente um conceito único, mas um sistema de conceitos, o conceito”.

O termo, no sentido de SISTEMA₁, também era usado para se referir ao discurso dedutivo da ciência. No Iluminismo (século XVIII), uma teoria cosmológica era chamada de “sistema de mundo”. Lineu (1735) nomeou sua classificação ordenada e completa dos seres vivos de *Systema natura*. Porém, na França, o termo “sistema” adquiriu também sentido pejorativo, de discurso filosófico dogmático, que denominaremos SISTEMA_{1,2}. Assim, Diderot e D’Alembert falavam em sistema como “sonhos de filósofos”, e Condillac criticava os “sistemas abstratos”. Hegel se queixaria dessa acepção, que seria indício de “unilateralidade ou dogmatismo”. Mais tarde, Claude Bernard (1865) retomaria a distinção entre “teoria”, submetida ao método experimental, e “sistema”, submetido apenas à lógica.

Na ciência, o sentido de “sistema” como um discurso dedutivo foi estendido para o de um conjunto de coisas reais, uma totalidade real organizada, que denominaremos SISTEMA₂. Exemplos: sistema solar, sistema nervoso, sistema social etc.

Casos particulares das duas acepções básicas de “sistema” podem se colocar em uma relação de correspondência. Assim, podemos ter uma descrição teórica de um sistema estelar, no sentido de SISTEMA₁; porém, ao fixar certos valores de variáveis (obtendo o que os lógicos chamam de modelo), pode-se considerar que o resultante sistema abstrato denota ou refere-se a um sistema real, no sentido de SISTEMA₂, como o nosso sistema solar.

Não queremos adentrar na intrincada questão de qual é a natureza dessa relação de correspondência entre teoria e realidade, assunto da Epistemologia. Queremos apenas salientar a estreita ligação que há entre os dois sentidos de sistema, mas deixando clara a diferença que há entre um “SISTEMA₁ discursivo” e um “SISTEMA₂ real”. Algumas posturas filosóficas não admitiriam essa separação, pois o que chamamos de “real” nada mais seria do que uma construção humana, concebível apenas a partir do aparato conceitual da espécie humana (Rescher, 1982). A presente abordagem pressupõe, portanto, alguma forma de realismo epistemológico (Niiniluoto, 1999, p.10-2). Já Von Bertalanffy (2010, p.16-7), após distinguir sistemas conceituais e reais, adota uma postura antirrealista, afirmando que a distinção entre o real e o conceitual não é “tão clara e precisa como poderia parecer”, levando assim à necessidade de uma “epistemologia dos sistemas” que se contraporá a uma epistemologia fisicista (materialista) e reducionista.

O caráter do que entendemos por SISTEMA₂ naturalmente dependerá de nossas inclinações metafísicas (voltaremos a este assunto adiante). Isso leva a uma importante distinção entre duas concepções de sistemas reais, que refletem duas concepções distintas de sistema no sentido discursivo.

2. Sistemas holistas e sistemas separáveis

É muito comum, entre os partidários da abordagem sistêmica, considerar que um traço essencial de um sistema é seu caráter holista. No entanto, é possível articular uma teoria de sistemas sem a tese holista.

A propriedade de holismo está presente, no nível discursivo, no que chamamos anteriormente de SISTEMA_{1,1}, a noção kantiana de unidade de conhecimentos, reunidos sob uma única ideia. Nessa acepção, um sistema possui um atributo holista que dá unidade ao sistema, constituindo um componente de sua “essência”. Tal atributo se refere ao todo, não às partes individuais ou separadas, sendo distinto também da mera “soma” de propriedades das partes concebidas de maneira separada. O atributo holista também é geralmente associado ao aspecto “orgânico” do sistema, possuidor de uma finalidade.

Dada a definição de SISTEMA_{1,1}, pode-se caracterizar então o SISTEMA_{2,1}, uma totalidade real organizada holista, como o referente do sistema discursivo holista. O protótipo de um SISTEMA_{2,1}, na concepção holista, seria um ser vivo, quer em uma perspectiva vitalista (em que a propriedade global se identifica ou se aproxima de uma substância espiritual), quer organicista (em que a propriedade global é de ordem formal ou organizacional). Para os que associam uma finalidade a qualquer sistema (por exemplo, Bresciani e D’Ottaviano, 2000), um sistema inanimado, como o sistema solar, ou não é considerado “sistema” *stricto sensu*, ou sua finalidade é vista como a maximização (ou minimização) de grandezas físicas, como a ação (Dugas, 1988, p.254-75).

A definição de SISTEMA₁, discursiva, como um conjunto de proposições organizadas dedutivamente, pode ser formulada sem a tese holista, ou seja, sem uma tese explícita que caracterize a unidade do sistema, ou que defina uma propriedade global

irreduzível às propriedades das partes (e às suas relações), ou que estabeleça a finalidade ou *telos* do sistema. Tal sistema discursivo “separável” pode ser chamado SISTEMA_{1,2}. Denotaremos os sistemas reais que são adequadamente descritos por tal teoria ou modelo de SISTEMA_{2,2}, um sistema real de tipo separável, ou que satisfaz o “reducionismo separabilista” (o termo “mecanicista” também pode ser usado).

Um SISTEMA_{2,2} envolve partes (elementos) e certa relação entre elas, geralmente considerada causal. O sistema solar pode ser considerado um protótipo desse tipo de sistema. As partes são o Sol, os planetas, os satélites, os planetoides e asteroides, eventuais cometas e outras entidades que podem ser desprezadas em uma primeira aproximação. Nesse primeiro movimento, as relações são interações gravitacionais. Adotando, nessa descrição aproximada, a mecânica clássica, as relações entre as partes são as forças gravitacionais entre os corpos.

Esse sistema é separável neste sentido:

- (1) Considerando o sistema como um todo, cada uma das suas partes pode em princípio ser analisada, em certo instante, em termos de suas propriedades materiais intrínsecas, como sua massa, rigidez e forma geométrica.
- (2) Além disso, é preciso levar em conta as propriedades extrínsecas “definidoras” do sistema que, no caso da mecânica clássica, são a posição e a velocidade de cada parte (tanto translacionais quanto rotacionais). Estas podem ser tomadas em relação a qualquer referencial inercial escolhido. Ou seja, mesmo na abordagem separabilista, é preciso levar em conta as partes e suas relações definidoras na hora de recompor o sistema.
- (3) Com essa informação, a mecânica clássica permite recompor o sistema e, em princípio, obter previsões corretas sobre a evolução dele. Ou seja, as propriedades

globais, ou as relações dinâmicas (envolvendo forças ou causas) entre as partes, não precisam ser introduzidas em separado, pois são redutíveis às propriedades dos itens (1) e (2).

O ponto chave que explicita o item (3), no caso da mecânica clássica, é a associação de um “campo” gravitacional a cada parte em separado, a partir de suas propriedades intrínsecas. Assim, por exemplo, pode-se associar um campo gravitacional ao Sol. Feito isso, pode-se calcular a força gravitacional em qualquer corpo colocado em qualquer posição (e com qualquer velocidade) do espaço. A ação do campo é “local”, ou seja, transmitida a uma velocidade finita, mas o sentido de redutibilidade descrito anteriormente também valeria para ações instantâneas (à distância). Ou seja, holismo (não separabilidade) é um conceito distinto de ação à distância (não localidade).

Na prática, sistemas gravitacionais com mais de três corpos têm uma limitação de previsibilidade expressa pela teoria do caos determinístico (Bergé et al., 1984), mas pode-se argumentar que tal limitação não é “de princípio”. É um problema da Filosofia da Física esclarecer o significado da expressão “em princípio”, usada nos parágrafos anteriores para descrever os procedimentos de decomposição e recomposição. Em Pessoa Jr. (2012, p.403-4), são indicadas duas estratégias filosóficas para esclarecer o conceito: o método das cópias e o dos demônios epistemológicos.

Retomando os passos apresentados anteriormente, dizemos que um SISTEMA₂ é separável, em certo grau de aproximação, se, dados os passos (1) e (2), segue-se (3), ou seja, obtém-se corretamente o comportamento do sistema. Se, para certo sistema real, (3) não pode ser obtido, ou seja, o comportamento do sistema real difere do comportamento do sistema analiticamente decomposto (incluindo as relações definidoras), então o sistema é holista (para outras definições, ver Healey, 2008). Em outras

palavras, um sistema satisfará o reducionismo separabilista se, em princípio, for possível decompô-lo em partes, e com essa “informação de partes separadas”, mais as relações definidoras, for possível recompor o sistema, obtendo todas as relações causais ou forças que regem o sistema global, sem perder informação sobre o seu comportamento global. O termo “mecanicismo” aplica-se nesse caso, pois as leis dinâmicas de evolução do sistema são calculáveis a partir das relações cinemáticas entre as partes (ou seja, ao recompor o sistema, só precisamos das relações espaciais e de velocidades, e não das forças entre os corpos, pois essas são fornecidas pela teoria gravitacional clássica).

Muitos críticos do reducionismo argumentam que, na redução às partes, perdem-se as relações entre elas, o que não ocorreria numa abordagem holista ou organicista. Porém, esse argumento está dirigido a um alvo falso ou distorcido (*straw man*), pois o procedimento separabilista precisa levar em conta as relações definidoras do sistema. Às vezes são citados o “atomismo grego” ou o “mecanicismo clássico” de Descartes como exemplos de separabilismo que não levariam em conta as relações entre as partes, mas isso não é verdade: para dar conta das colisões entre os corpos, é preciso considerar a posição e a velocidade relativas entre eles (El-Hani e Pereira, 1999, p.74). Ou seja, a situação é qualitativamente semelhante à da mecânica de Newton. As relações definidoras só são irrelevantes para uma abordagem reducionista em casos de redução de propriedades extensivas como o peso. Assim, na física cotidiana, o peso de um saco de grãos de painço é a mera soma dos pesos dos grãos individuais, independentemente de suas posições ou velocidades.

Em suma, o argumento holista está correto ao afirmar que a abordagem de separar analiticamente as partes não pode desprezar as relações entre elas, mas de fato a aplicação da separabilidade à mecânica clássica não negligencia as relações definidoras entre as partes.

Nesta seção, argumentamos longamente a favor do reducionismo separabilista na mecânica clássica. Por outro lado, há boas razões para defender que na Física Quântica o reducionismo separabilista fracassa, como será visto adiante. Com isso, queremos argumentar que, dado um SISTEMA₂ real, trata-se de uma questão empírica se ele é de tipo separável ou holista.

Para complicar, é preciso levar em conta as escalas em que o sistema é considerado, ou seja, é preciso estipular o grau de resolução das medições envolvidas ou o grau de aproximação das teorias utilizadas. Com escalas cada vez mais microscópicas, relações dinâmicas (forças) cada vez mais fracas devem ser consideradas e, conseqüentemente, as interações com o ambiente externo ao sistema tornam-se cada vez mais relevantes. Pode-se dizer que todo sistema natural é aberto, salvo talvez o Universo como um todo (Pessoa Jr., 1998, p.328-29). Colocando a questão do reducionismo para o Universo, podemos dizer que ele é ou holista, ou separável, da mesma maneira que dizemos que é ou estritamente determinista ou probabilista (“tiquista”). A natureza específica do Universo dependerá só dele, e dificilmente poderíamos fornecer um argumento filosófico que fechasse a questão sem sair do nosso gabinete e fazer experimentos científicos. Por outro lado, é bem possível que a questão seja muito ampla para ser decidida empiricamente pela ciência. Assim, diremos que tais propriedades são superempíricas: se o Universo as possui, isso depende de sua natureza, mas na prática a questão é muito ampla para ser decidida com segurança.

3. Duas tradições: holismo organicista e reducionismo separabilista

A competição entre as duas tradições, do holismo organicista e do reducionismo separabilista, ganhou proeminência na década de 1960, após a Cibernética:

Esses desenvolvimentos [da Cibernética] encorajaram tanto o estudo de sistemas complexos, especialmente sistemas adaptativos orientados para uma meta, “como totalidades”, e, simultaneamente, a explicação redutiva de propriedades do sistema em termos de mecanismos. O holismo foi confrontado com o reducionismo de uma maneira que nunca tinha sido possível até então, e esse confronto continua hoje na discussão filosófica de sistemas artificiais. (Simon, 1996/2008, p.2.512, tradução nossa)

Podemos afirmar que o que diferencia as duas tradições da sistêmica é a maneira como os sistemas são encarados. A tradição holista tende a adotar a definição SISTEMA₁, ao passo que a tradição mecanicista tende a adotar a definição SISTEMA₂. Tais definições são geralmente adotadas de maneira implícita, ao estilo de um paradigma kuhniano.

Partidários do movimento intitulado “sistêmica”, que incluem autores como Ludwig von Bertalanffy, Heinz von Foerster, Gregory Bateson e Ervin Laszlo, salientam que sistemas biológicos, psicológicos e mesmo físicos (salvo em casos simples) são holistas, em um sentido forte do termo. Por outro lado, a tradição reducionista inclui o que Von Bertalanffy (2010, p.14) chama de “tecnologia de sistemas”, podendo ser citados autores como Warren McCulloch, Jay Forrester, Herbert Simon e Marvin Minsky, além de Bertrand Russell do lado filosófico. As posições dos expoentes da primeira Cibernética – como Wiener, Ashby, Pask e Beer – precisariam ser mais bem examinadas para serem categorizadas, assim como outros autores mais recentes.

A partir da década de 1970, ganhou proeminência na filosofia de língua inglesa o que vem sendo chamado de “fiscismo não redutivo”, que rejeita tanto as conotações espiritualistas ou vitalistas de um holismo mais romântico quanto o reducionismo materialista. Esse “caminho do meio” defende a existência de uma “emergência forte” de propriedades (ver próxima seção),

justificada por uma estratificação da realidade em níveis distintos (Kim, 1999; El-Hani e Pereira, 1999). De acordo com a nomenclatura que estamos utilizando, eles não deixam de ser holistas, no sentido de defenderem a existência de propriedades globais “irredutíveis” (em um sentido a ser definido com exatidão) às propriedades das partes (mais suas relações definidoras). O fisicismo não redutivo retoma a tradição organicista em Biologia, descrita mais à frente.

Ambas as tradições que estamos explorando têm em comum a valorização da análise dos sistemas e a ideia de que o comportamento de um sistema depende (pelo menos parcialmente) das relações entre as partes. Assim, sistemas de naturezas diferentes (físicos, biológicos, sociais), que tenham uma estrutura semelhante de relações, apresentarão comportamentos semelhantes, expressos por equações matemáticas de mesma estrutura. Além disso, todas as correntes da sistêmica postulam o surgimento de “propriedades emergentes”, as quais não são propriamente definíveis no nível das partes (a discordância, como veremos, é relativa à natureza de tais propriedades).

Consideremos a análise que Minsky faz de um programa simples de computador chamado Construtor (em inglês, Builder), composto de sub-rotinas Encontrar, Pegar e Colocar, cada qual composta de sub-rotinas mais simples, como Segurar e Mover:

Pode parecer que todas as funções do Construtor foram “reduzidas” a coisas que partes mais simples podem fazer. Mas algo importante foi deixado de fora. Construtor não é uma mera coleção de partes, como Encontrar, Pegar e Colocar, e todo o resto. Pois Construtor só funciona se aqueles agentes estiverem ligados uns aos outros por uma adequada rede de interconexões. Você conseguiria prever o que Construtor faz apenas conhecendo uma lista [das sub-rotinas envolvidas]? Claro que não: você também precisa

saber quais agentes trabalham com quais outros. De maneira semelhante, você não poderia prever o que aconteceria em uma comunidade humana sabendo apenas o que cada indivíduo separado pode fazer; você também teria que saber como eles estão organizados – ou seja, quem fala com quem. E é o mesmo para compreender qualquer coisa grande e complexa. Primeiro, precisamos saber como cada parte separada funciona. Em segundo lugar, precisamos saber como cada parte interage com aquelas às quais está conectada. E terceiro, precisamos compreender como todas essas interações locais se combinam para realizar o que o sistema faz – conforme visto de fora. (Minsky, 1985, § 2.1)

Minsky claramente adota uma visão sistêmica, a qual se enquadra no que chamamos de tradição reducionista separabilista, apesar de ele criticar a mera redução às partes separadas, sem levar em conta as relações definidoras entre elas. Mas já vimos que nenhum reducionista poderia sustentar tal redução sem relações definidoras (o *straw man* mencionado na seção anterior). Dos três pontos que Minsky levanta, os dois primeiros são comuns a qualquer abordagem sistêmica, e correspondem aos itens (1) e (2) mencionados no exemplo do sistema solar. Nem uma abordagem “não sistêmica” negaria a validade desses dois primeiros pontos, mas apenas se concentraria em um objeto individual.

Já o terceiro ponto envolve duas afirmações distintas. Primeiro, a ideia consensual de que o funcionamento geral das partes, de suas relações e propriedades, holistas ou não, faz emergir (em sentido forte ou fraco) o comportamento global do sistema. Mas há também um detalhe que é típico da abordagem reducionista: a ênfase no que Minsky denomina interações locais. Por exemplo, no caso do cérebro (que ela considera, na continuação do texto), bastaria (em princípio) “compreender como nossas bilhões de células cerebrais estão organizadas em sociedades”.

Nas páginas seguintes de seu livro, Minsky passa a atacar abordagens que usam expressões como “holístico” ou “gestalt”, pois, segundo ele, são “pseudoexplicações” que apenas encobrem nossa ignorância a respeito de um fenômeno complexo, como a vida ou a mente. Neste ponto, gostaríamos de chamar a atenção para um elemento importante no debate entre interpretações científicas, que é o uso das emoções. O emprego de expressões como “idiota”, “bobo”, “prejudicial”, “pseudo” consolidam no aprendiz a aderência emocional a um paradigma ou programa de pesquisa. A rivalidade entre organicistas e reducionistas está geralmente repleta de elementos emocionais, que ajudam a consolidar a união dentro de cada grupo e a diminuir o diálogo entre as tradições em competição. Às vezes, não dá para entender certas discussões se não são levadas em conta as emoções, os interesses e as ideologias por trás dos atores (Pessoa Jr., 2006, p.121-2).

Pensadores da tradição mecanicista tendem a reduzir a finalidade ou teleologia a mecanismos:

Uma vez que Julian Bigelow percebeu que não importava como a informação era carregada, mas apenas que a máquina fosse informada do resultado do ato anterior, nasceu a Cibernética, e a teleologia passou a ter sua base mecânica apropriada na Engenharia e na Biologia. (McCulloch, 1965, p.364-5)

4. Emergência de propriedades

Um ponto claro de diferença entre as tradições holista-organicista e mecânico-reducionista é quanto ao estatuto das “propriedades emergentes”. Tomemos o exemplo simples da água: a água de um copo pode ser vista como sendo redutível às moléculas de H₂O, aos solutos presentes, e suas relações defi-

nidoras intermoleculares (associadas às pontes de hidrogênio, entre outros). Porém, a água que eu bebo é líquida e é “molhada”, ao passo que tais propriedades não estão presentes em uma molécula individual de H_2O . Assim, liquidez e “ser molhado” são propriedades emergentes. A discordância entre as tradições é quanto ao estatuto dessa propriedade emergente: para os reducionistas, ela pode ser concebida como uma consequência da natureza da força intermolecular (menos forte do que em um sólido) combinada populacionalmente com a presença de octilhões de moléculas de H_2O . Nesse exemplo, o holista pode até concordar (ou não) que se trata de um tipo “fraco” de emergência, mas haverá outros exemplos de emergência “forte” em que tal estratégia separabilista fracassaria em princípio, como em seres vivos, e, pior ainda, em seres vivos conscientes (para um estudo dos tipos de emergência, ver Stephan, 1999; Kim, 1999).

Costuma-se explicitar o conceito de “emergência” como a incapacidade de deduzir a propriedade emergente a partir das partes (mais as relações definidoras), ou a incapacidade de prever o comportamento do todo. Neste ponto, é preciso levar em conta a distinção, feita na primeira seção, entre visões de mundo realistas e antirrealistas. Para um realista, a questão prática de ser possível ou não prever o comportamento do todo é irrelevante: o que importa é se “em princípio” isso poderia ser feito. O reducionismo parece defensável apenas em um contexto realista, ao passo que o emergentismo forte é condizente com uma postura pragmática (ver Gatti e Pessoa, 2012, p.100; El-Hani e Pihlström, 2002). Mas, mesmo em um contexto realista, a questão de se o reducionismo é verdadeiro para certo sistema real é uma questão em aberto, uma questão superempírica.

Tomemos outro exemplo: as propriedades emergentes no “jogo da vida”. Dada uma configuração inicial, ninguém conseguiria prever a formação de padrões oscilatórios complexos após

centenas de gerações (Poundstone, 1985). Esse comportamento é às vezes chamado de “emergente”, mas isso é claramente um caso de emergência fraca. Isso porque se trata de uma simulação em um computador digital, que por construção é um sistema de partes fisicamente bem isoladas (bits de memória) que se alteram por conta das relações definidoras produzidas pelo hardware e software (sendo que este é produzido mentalmente e implementado no hardware). Em outras palavras, por construção, tudo o que ocorre em um computador digital (com exceção da ação da mente consciente, o que é outra história) é redutível às propriedades das partes e às suas relações definidoras (após a implementação do software), no sentido definido pelo reducionista realista. Trata-se, pois, de uma emergência fraca.

Em termos práticos, os reducionistas ocupam-se mais com simulações em circuitos elétricos ou computadores digitais, em uma engenharia de manipulação das partes, ao passo que os holistas tendem a ser mais teóricos, biológicos ou filosóficos em sua abordagem. Há uma distinção de estilo de pensamento, que pode estar ligada a fatores culturais e de treinamento educacional: o pensamento “analítico” de cursos de ciências exatas pode levar a uma visão de mundo mais reducionista do que o pensamento “sintético” das disciplinas de humanas.

Afora esses possíveis fatores práticos, culturais e cognitivos, seria interessante explorar as conexões dessas tradições com posições metafísicas relativas à querela dos universais (Loux, 2002, p.21-94). A tradição holista e organicista parece mais próxima de uma posição “realista” ou platônica com respeito aos universais, em especial à ideia de propriedade emergente, que seria projetada do SISTEMA_{1,1} discursivo para o SISTEMA_{2,1} real, concebida de maneira irredutível às propriedades das partes (e às relações definidoras). Por seu turno, a tradição reducionista parece pensar em termos mais nominalistas, ao partir das partes e suas propriedades e relações definidoras e conceber as pro-

priedades emergentes de maneira mais “fraca”, sem associar a elas uma essência independente. De qualquer forma, esta é uma questão complicada, que não conseguiríamos abordar satisfatoriamente aqui.

5. Variedades e domínios de redução

No sentido mais geral, “redução” denota a situação em que um domínio de fenômenos é assimilado (ou explicado) a partir de outro domínio que seria, assim, mais fundamental. Deixando de lado questões de redução na lógica, matemática e linguagem, consideraremos algumas distinções do conceito em relação ao mundo natural.

Uma distinção fundamental, de caráter filosófico, é entre o que pode ser chamado de “variedades” ou “categorias” de redução. Há várias propostas na literatura (Horgan, 1995; Silberschein, 2002; Sarkar, 2005, p.58-70; Martínez, 2011), mas, para nossos propósitos, utilizaremos a proposta a seguir.

- (I) A redução ôntica refere-se à natureza real do mundo, a como as coisas “são”, independentemente de observadores, de linguagem, de teorias. Pressupõe uma postura filosófica realista, que admite “pensar no mundo para além das categorias do pensamento”.
- (II) A redução teórica (epistemológica, conceitual) é referente à relação entre duas teorias científicas. O termo “redução ontológica” enquadra-se aqui, dado que se refere à relação entre as entidades postuladas por duas teorias.
- (III) A redução metodológica envolve a valorização da busca científica pela redução teórica, considerada um método fecundo. É uma atitude prática que não se compromete com as posições anteriores.

A questão da redução teórica ocorre na interface de vários campos científicos. A teoria das reações químicas pode ser substituída pela descrição da Mecânica Quântica? As leis da fisiologia reduzem-se à Biologia Molecular? A psicologia humana é explicada pela Neurociência? A Sociologia reduz-se à psicologia de indivíduos em interação?

Em sua variedade teórica, o reducionismo refere-se às teorias científicas construídas pelo homem, de maneira que é razoável defender que a redução, se viável, nunca será completa, dada a complexidade das ciências e as limitações cognitivas do ser humano. No caso das reações químicas, apenas cálculos quânticos aproximados podem ser implementados nos computadores, e mesmo assim usando os dados advindos da cinética química (ou seja, os cálculos e as aproximações são geralmente “cozinhados” ou direcionados para darem a resposta considerada certa). Assim, há um consenso de que a redução teórica é geralmente parcial; a discordância dá-se em relação aos motivos dessa incompletude. Os reducionistas tendem a responder que a limitação da redução teórica é apenas prática, mas não “em princípio”; nesse caso, defendem a redução ôntica. Já os emergentistas tendem a recusar que se possa defender a redução ôntica, de forma que a redução teórica não ocorre apenas por questões práticas, mas de maneira fundamental.

Retomemos agora a redução ôntica, que se refere à natureza real do mundo, a como as coisas “são”, independente de observadores, de linguagem, de teorias. Neste caso, haveria duas subvariedades básicas de redução ôntica:

- (I-1) Pela redução separabilista, examinada anteriormente, o todo se reduz às suas partes em separado (e mais as relações definidoras).
- (I-2) Há, porém, uma subvariedade de redução ôntica que é mais geral, pela qual apenas o todo na escala macro

se reduz ao todo na escala micro (não às partes em separado). Esta seria uma redução escalar (ou “redução escalar espacial”, para distingui-la da redução nas escalas temporais), que, no caso de não se restringir ao tipo (I-1), pode ser chamada de redução escalar holista (Pessoa Jr., 2012, p.406).

Uma maneira de justificar a redução escalar é afirmando que há sempre mais informação contida nas escalas microscópicas do que nas escalas macroscópicas. A própria definição de escala espacial envolveria algum procedimento de média (às vezes chamado de “grão grosso” – *coarse graining*) ao se passar de uma escala inferior (mais micro) para uma escala superior (mais macro), e esse procedimento de média envolveria perda de informação.

Além dessa classificação filosófica, como já mencionado, há diferentes “domínios” científicos em que a questão da redução (ôntica, teórica ou metodológica) aparece. Podemos destacar três deles:

- (1) Redução microscópica da Física. O comportamento de corpos macroscópicos, como um ímã, se reduz ao comportamento coletivo de suas partículas elementares? A Química se reduz à Física Quântica? Neste caso, a discussão ôntica mais interessante não é a respeito do separabilismo, pois é plausível que o domínio quântico seja holista, mas sim se o reducionismo ôntico escalar é defensável, ou se a física em diferentes escalas está “desacoplada” dos outros níveis.
- (2) Redução mente–corpo. A mente se reduz ao corpo, ou ao sistema nervoso? As qualidades fenomênicas (*qualia*) são explicáveis a partir da físico-química? Novos princípios teriam que ser descobertos? Ou a lacuna explicativa é em princípio intransponível? Nesse caso, a questão não envolve apenas escalas físicas, mas algo diferente, que

implique o conceito de “mente” ou “consciência”. Reduccionistas não parecem defender uma versão separabilista, mas se contentariam com uma redução holista, da variedade I-2.

- (3) Redução molecular da Biologia. Um organismo se reduz a seus componentes moleculares? Este é o domínio em que o programa separabilista (I-1) produz melhores resultados. Sendo assim, é uma área bastante interessante de acompanhar. Voltaremos a esse tema adiante.

6. Um apanhado da discussão na Física

O debate entre concepções reducionistas e holistas iniciou-se na Grécia antiga. Os atomistas, como Demócrito e Epicuro, defendiam que tudo se reduz a átomos indivisíveis em movimento no vazio. Cada átomo teria uma forma e um tamanho e sua organização coletiva se daria em seu “arranjo” espacial. Tratava-se de uma concepção mecanicista separabilista em que as relações dinâmicas entre as partes aconteciam por colisões, e também por coesão, envolvendo ganchos entre os átomos. Do lado holista, podemos mencionar Aristóteles, para quem cada coisa teria matéria e forma (“hilemorfismo”). Defendia que o todo precede as partes: assim, o todo de uma pedra não teria partes reais, atuais, apenas partes em potência, que só se tornariam atuais se a pedra fosse quebrada.

Já foi mencionado neste texto o projeto mecanicista clássico de Descartes (1644). No domínio da matéria, as únicas causas que atuariam seriam colisões entre os corpos, que são as causas eficientes. Os corpos seriam “inertes”, sem potências internas. No mundo material, não haveria propósitos, não haveria causas finais. Esses existiriam apenas na substância pensante do homem e em Deus. Newton (1687) introduziu a força gra-

vitacional agindo à distância. Apesar de ressaltar, na segunda edição de sua obra *Principia*, que evitaria “inventar hipóteses” a respeito da natureza dessas forças, o fato é que seu trabalho estimulou a elaboração de uma visão de mundo realista, com forças de atração e repulsão entre partículas pesadas e sem peso que explicariam os fenômenos da gravidade, da luz, do calor, da eletricidade, do magnetismo e da química. O auge dessa “visão astronômica da natureza” se deu com Laplace (1800) e sua escola (Harman, 1982), uma visão consistente com o reducionismo separabilista (conforme o exemplo do sistema solar da segunda seção) e com o determinismo estrito.

A questão do reducionismo (em suas três variedades) ganhou importância a partir da formulação da Termodinâmica, em 1852, uma teoria cujas leis envolvem grandezas macroscópicas, como temperatura e pressão de um gás. Vários físicos mostraram que seria possível reduzir essas grandezas a grandezas microscópicas: a temperatura, por exemplo, seria proporcional à média das energias cinéticas das moléculas do gás. O grande problema do programa de redução teórica da Termodinâmica à mecânica das moléculas foi a grandeza entropia. Boltzmann conseguiu uma solução satisfatória, em 1877, com sua concepção probabilista de entropia. Para os que aceitaram essa solução, tinha-se um caso exemplar de redução interteórica entre a Termodinâmica (teoria reduzida) e a Mecânica Estatística (teoria redutora).

O projeto reducionista na Física foi levado adiante com a confirmação experimental da existência do átomo (Perrin, em 1909), a descoberta de seus componentes e de sua estrutura (Rutherford e Bohr, em 1911-1913) e, finalmente, com a formulação da teoria quântica, em 1926, e, em momento posterior, com suas versões que incorporaram os resultados da teoria da relatividade restrita. O físico inglês Paul Dirac enunciou o projeto da redução teórica à Física de Partículas da seguinte maneira:

As leis físicas subjacentes necessárias para a teoria matemática de uma grande parte da Física e de toda a Química estão, portanto, conhecidas completamente, e a dificuldade é apenas que a aplicação exata dessas leis leva a equações complicadas demais para serem solúveis. (Dirac, 1929, p.714)

Uma descrição do debate entre reducionistas e emergentistas na Física do século XX é apresentada em Gatti e Pessoa Jr. (2012). Aqui, nos limitaremos a mencionar algumas novidades conceituais que servem de base para a posição emergentista na Física.

Em primeiro lugar, podemos mencionar a noção formulada por John Stuart Mill (1843, cap. VI) de que duas causas podem se somar de maneira linear (soma “homopática”) ou de maneira não linear (soma “heteropática”). Um exemplo da primeira é o impulso dado em uma bola de bilhar por um taco. Se houver dois tacos simultaneamente gerando impulsos na mesma bola em diferentes direções, então os efeitos de cada tacada se somarão vetorialmente para gerar o efeito resultante. Um exemplo de uma soma heteropática, dada por Mill, é o de uma combinação química entre duas substâncias líquidas, uma transparente e outra azul. Se a soma das causas fosse linear, seria esperado que o líquido resultante tivesse cor azul-claro, mas, dependendo das substâncias, ele pode ser vermelho. Nesse caso, o efeito cromático da combinação não é a soma linear das cores dos produtos.

Na teoria de sistemas dinâmicos, Poincaré (1890) descobriu que sistemas regidos por leis não lineares estão sujeitos a sensibilidade extrema às condições iniciais, fenômeno redescoberto em 1963 pelo meteorologista Edward Lorenz. Na prática, isso significa que não podemos fazer previsões precisas sobre o comportamento de sistemas não lineares a longo prazo. Mesmo assim, tais sistemas podem ser deterministas, no sentido de que, “em princípio”, o estado futuro deles é determinado pelo estado

presente (supondo, é claro, que o sistema seja isolado do ambiente e que as leis da Física sejam deterministas e completas). Esse é o já mencionado campo do caos determinístico (Bergé et al., 1984).

A ideia de que não linearidades impedem a previsão do comportamento futuro de um sistema foi aplicada à questão da redução teórica, argumentando-se que mesmo o conhecimento exato do estado microscópico não levaria à possibilidade de previsão acurada do estado macroscópico do sistema (Schweber, 1993, p.35-6). Para uma exploração das analogias entre a determinação temporal (determinismo) e a determinação escalar (reducionismo), ver Pessoa Jr. (2012, p.402-4).

Outro avanço importante foi a teoria dos fenômenos críticos, desenvolvida na Física da Matéria Condensada em 1970 por Kenneth Wilson, em que interações em todas as escalas passam a ser importantes, e sistemas de diferentes tipos (como gases simples e materiais magnéticos) se comportam de maneira “universal” (Wilson, 1979). Trata-se de um exemplo em que a natureza do substrato material deixa de ser importante, e apenas as relações entre as partes do sistema são relevantes para o comportamento global dele.

Outro argumento usado em defesa do emergentismo na Física da Matéria Condensada é encapsulado no conceito de “quebra espontânea de simetria”. Um exemplo didático disso é uma barra de ferro flexível, perfeitamente simétrica, colocada em repouso no chão, na posição vertical. Se pequenos pesos são adicionados à parte de cima da barra, ela mantém seu formato rígido e simétrico. Porém, se o peso colocado passar de certo limite, a barra irá vergar ou “flambar” para a direita ou para a esquerda.

Em termos práticos, o sentido da flambagem é um processo aleatório, e diz-se que a simetria inicial foi quebrada. Os emergentistas argumentam que é impossível prever esse sentido a partir do conhecimento exato do estado microscópico da barra

de ferro, de maneira que o projeto reducionista fracassa. Os reducionistas reconhecem que há aí uma limitação prática, mas insistem que “em princípio”, numa concepção realista, o estado macroscópico da barra é resultado dos estados microscópicos dos átomos da barra, das moléculas componentes do ar em volta da barra e dos processos causais envolvendo essas partículas (Gatti e Pessoa Jr., 2012, p.99-100).

7. Holismo na Física Quântica

Para finalizar nosso apanhado de ideias em discussão nas ciências físicas, sublinhamos novamente que, na Física Quântica, um sistema “emaranhado” de duas partículas é concebido de maneira holista, não separável (Healey, 2008).

Um partícula quântica é geralmente descrita por uma “função de onda” $\Psi(\mathbf{r}_1)$, considerada a descrição mais completa dessa partícula. Mesmo assim, essa descrição fornece apenas probabilidades para os resultados de diferentes medições. Um sistema emaranhado de duas partículas é descrito por uma função de onda $\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$ que não pode ser separada em duas partes $\Psi_1(\mathbf{r}_1)\Psi_2(\mathbf{r}_2)$. Apesar de o resultado de uma medição feita em uma das partículas ser probabilista, conhecendo esse resultado é possível prever com certeza o resultado da medição correspondente feita na outra partícula. Ou seja, a função de onda $\Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$ carrega em si as correlações entre as duas partículas. No entanto, se tentarmos separar o sistema em suas duas partes e examinar as funções de onda individuais, $\Psi_1(\mathbf{r}_1)$ e $\Psi_2(\mathbf{r}_2)$, não teremos a informação das correlações. A rigor, a melhor descrição de cada partícula individual (sem a informação da outra partícula) não é mais uma função de onda, mas um operador de densidade, porém mesmo nesse caso a informação das correlações é perdida. Assim, esse sistema de duas partículas emaranhadas é considerado holista ou não separável.

A tentativa de associar a cada partícula um campo, ao estilo da Física Clássica, leva à interpretação dualista realista de David Bohm, pela qual os campos são explicitamente não locais, ou seja, atuam instantaneamente a grandes distâncias. Resta examinar em que medida tal descrição é ou não é holista (ver, por exemplo, Huggett e Vistarini, 2010), mas, como essa interpretação tem poucos adeptos, é razoável concluir que a Física Quântica, como é entendida atualmente, indica que sistemas emaranhados são holistas.

São razões desse tipo que levaram o físico de partículas Steven Weinberg a reformular sua posição reducionista anterior. Ele mantém sua concepção básica de que as “setas da explicação”, na Química e na Física da Matéria Condensada, convergem para o nível mais fundamental de explicação, que envolve a teoria das partículas elementares. Continua assim a defender uma redução a princípios (*grand reductionism*), mas não mais uma redução a entidades (*petty reductionism*), ou seja, às partículas elementares, por razões relacionadas ao holismo quântico, mas específicas à teoria quântica de campos relativísticos (Weinberg, 2001, p.111-2).

Vale notar que qualquer ligação química envolve o emaranhamento de elétrons, então qualquer tentativa de implementar um reducionismo separabilista só poderá ser feita a partir de moléculas inteiras, desprezando-se os detalhes do que ocorre em uma reação química. Veremos adiante que esse projeto está atualmente em franco progresso na Biologia Molecular.

8. O debate entre mecanicistas e organicistas na Biologia

Desde o século XVII, após o trabalho de Descartes, discutia-se se o fenômeno da vida poderia ser entendido em termos

mecanicistas ou, pelo contrário, se haveria necessidade de princípios vitalistas. Um dos debates em que essa oposição se manifestou de maneira mais clara foi na embriologia, na disputa entre a teoria da preexistência (ou pré-formação) e a da epigênese. A concepção mecanicista da preexistência (Bonnet, Haller) defendia que o germe seria uma miniatura do adulto, ao passo que a epigênese (Wolff) era a tese pela qual a forma orgânica era produzida, na concepção, a partir de matéria homogênea, que se diferenciaria e se auto-organizaria, guiada por uma força vital. Essa concepção foi elaborada por Blumenbach (1781), com sua noção de um “impulso de formação” não material que guiaria o desenvolvimento do ser vivo.

Após a reformulação da Química iniciada por Lavoisier, incluindo seus estudos sobre a respiração, e o estabelecimento da Química Orgânica no século XIX, a Fisiologia passou cada vez mais a ser entendida em termos químicos. Em Berlim, Johannes Müller liderou um destacado projeto experimental de redução da Fisiologia às ciências físicas, que incluiu, entre seus alunos, Carl Ludwig, Ernst von Brücke, Emil du Bois-Reymond e Hermann von Helmholtz. Na Inglaterra, T. H. Huxley defendia que a Fisiologia era a “engenharia mecânica dos seres vivos”. Na Embriologia do final do século, a concepção mecanicista foi fortemente defendida pelo alemão Wilhelm Roux (1890), em seu programa de *Entwicklungsmechanik* (mecânica do desenvolvimento). Nos Estados Unidos, Jacques Loeb, que ficou conhecido pelo experimento de indução de partenogênese artificial, em que o ovo se divide sem espermatozoide, também defendeu explicitamente o reducionismo em seu livro de ensaios *A concepção mecanicista da vida*:

Se nossa existência é baseada no jogo de forças cegas e somente uma questão de acaso; se nós mesmos somos apenas mecanismos químicos – como pode haver uma ética para nós? A resposta é que

nostros instintos são a raiz de nossa ética, e que os instintos são tão hereditários quanto a forma de nosso corpo. (Loeb, 1912, p.31)

Outros destacados defensores da proposta mecanicista, no início do século XX, foram o bioquímico Frederick Hopkins e o fisiologista Lancelot Hogben (Sarkar, 2005, p.8).

Em contrapartida a esse programa mecanicista, havia os herdeiros da tradição romântica, que postulavam algo como uma força vital a guiar o desenvolvimento dos seres vivos, e os que se punham a meio caminho entre o mecanicismo e o vitalismo, como o fisiologista francês Claude Bernard (1865). Bernard é um bom exemplo de um antirreducionista ôntico e teórico, mas que pode ser classificado como um reducionista metodológico, por valorizar o método experimental e levar até onde fosse possível as explicações mecanicistas. Porém, acreditava que a vida é irredutível aos princípios da força e da matéria, lançando a ideia de que o essencial na vida é a manutenção da “constância do meio ambiente interno”, o que viria a ser chamado de homeostase ou autorregulação. Bernard enunciou claramente uma concepção holista organicista, mas não vitalista:

Recordarei aqui somente que os fenômenos são apenas a expressão das relações dos corpos, donde resulta que, ao dissociar as partes de um todo, cessam os fenômenos, por conta da destruição das relações. Resulta ainda que, na fisiologia, a análise que nos ensina as propriedades das partes organizadas elementares isoladas não nos fornece, contudo, nada mais do que uma síntese ideal muito incompleta. [...] Em uma palavra, quando se reúnem os elementos fisiológicos, veem-se aparecer propriedades que não eram apreciáveis nos elementos separados. [...] Tudo isso prova que esses elementos, enquanto distintos e autônomos, não desempenham o papel de simples associados, e que sua união exprime mais do que a soma de suas propriedades separadas. (Bernard, 1865, parte II, cap. II, §1)

Em sua concepção mecanicista, Roux (1888) defendera que os determinantes da hereditariedade do ovo seriam distribuídos desigualmente nas diferentes partes do embrião, já que a destruição de uma célula em um embrião de duas ou quatro células gerava um adulto deformado. Trabalhando em Nápoles com ouriços-do-mar, Hans Driesch (1895) dividiu o embrião de poucas células e mostrou que cada uma em separado gerava um embrião normal. A diferença em relação aos resultados de Roux era que o material da célula destruída prejudicava o seu crescimento. Esse resultado falseou a teoria mecanicista de Roux e levou Driesch a interpretar seu resultado de maneira holista, atribuindo ao sistema uma “entelequia”, uma forma não material, igualmente presente em todas as partes do embrião, que o guiaria ao seu estado final. Sua teoria vitalista, porém, não foi bem aceita, e experimentos de Hans Spemann mostraram que, após as fases iniciais de divisão, as células se diferenciavam de maneira irreversível. Spemann ficaria famoso pelos seus experimentos de “indução”, em que uma parte separada de um embrião induzia crescimento em outro. Ele explicou a ação desses “organizadores” por meio de um campo morfogenético, de propriedades finalistas, o que foi rejeitado nos anos 1930 por Thomas Morgan, com o conceito de genes, e por embriologistas como Needham e Waddington, que mostraram que a indução é feita por agentes químicos.

O fisiologista John Scott Haldane (pai do igualmente renomado J. B. S. Haldane) foi um dos que desenvolveram a abordagem organicista de Bernard, que Nicholson (2010, p.55-6) chama de “vitalismo naturalizado”. Para Haldane (1917), a “organização” do organismo, expresso como uma coordenação dinâmica e uma regulação de seu ambiente interno, é a responsável pela irreduzibilidade dos seres vivos. Uma compreensão dos fenômenos biológicos da finalidade, autorreprodução, plasticidade, adaptação etc. só poderia se dar do ponto de vista do organismo como um todo, e tais processos não seriam redutíveis a conceitos físicos e químicos. Na Inglaterra, o conceito de “evolução emer-

gente” foi desenvolvido por Lloyd Morgan e outros biólogos e filósofos, e Jan Smuts (1926) cunhou o termo “holismo” para defender semelhantes ideias organicistas.

Os seguintes biólogos são mencionados por Nicholson (2010, p.62) como tendo contribuído, na década de 1930, para o programa organicista e para o esclarecimento do conceito de organização: os ingleses J. H. Woodger e Joseph Needham, os estadunidenses W. E. Ritter e L. J. Henderson, e os austríacos Paul Weiss e Ludwig von Bertalanffy. Outra personagem interessante é o físico Max Delbrück, que, influenciado pelo conceito de “complementaridade” do físico quântico Niels Bohr, buscou estabelecer uma relação de complementaridade entre mecanicismo e vitalismo.

No entanto, o crescimento da Biologia Molecular em torno de 1950 restaurou o projeto reducionista, agora com uma concepção quântica da natureza das moléculas, e a busca por descrever todos os processos biológicos em termos de moléculas e macromoléculas. A elucidação da estrutura do DNA por Watson e Crick (1953) inaugurou outro projeto reducionista, o de reduzir a base biológica do fenótipo aos genes (em paralelo, é claro, aos reconhecidos efeitos ambientais e culturais sobre o organismo).

9. O sucesso da redução à Biologia Molecular

Para finalizar, seguiremos a exposição de Sahotra Sarkar, em seu livro *Molecular models of life* (2005), que argumenta que o programa de reducionismo genético fracassou porque os genes não são os únicos fatores causais importantes que atuam no organismo, mas o programa de redução mais geral da Biologia Molecular mantém-se progressivo. Ou seja, prospera o reducionismo separabilista que busca dar conta de todos os processos biológicos em termos de moléculas que interagem localmente, incluindo macromoléculas que interagem e se modificam por meio da regra da

chave e fechadura, e que explica a função de complexos biológicos a partir de sua estrutura físico-química (Sarkar, 2005, p.9-10).

Um exemplo de processo biológico que recebeu uma explicação holista ou organicista, e que foi considerado irreduzível a um modelo mecanicista, foi explorado pelo fisiologista Christian Bohr (1904), pai do físico Niels Bohr (Sarkar, 2005, p.7, 10-1). O fenômeno em questão é a ligação da molécula de oxigênio à molécula de hemoglobina, no interior de uma hemácia. As baixas concentrações de oxigênio no sangue, o oxigênio disponível tem dificuldade de se ligar à hemoglobina. Porém, quando uma molécula de oxigênio liga-se à macromolécula, fica mais fácil para outras moléculas juntarem-se, até completar os quatro lugares disponíveis na hemoglobina. Essa é a situação que ocorre mais facilmente quando a quantidade de oxigênio disponível no sangue é alta. O resultado desse processo é a otimização do carregamento de oxigênio em regiões ricas em oxigênio, e o não carregamento em regiões com pouco oxigênio (o descarregamento nessas regiões é suscitado pela alta concentração de dióxido de carbono). Esse processo não linear seria análogo a mesas de quatro assentos em um restaurante escolar, onde as crianças, ao se sentarem, preferissem aquelas nas quais houvesse colegas em uma mesa vazia. Para Christian Bohr, haveria de fato uma “cooperação” entre as moléculas, mostrando que o todo é maior do que a soma das partes. Uma satisfatória explicação mecanicista desse fenômeno só surgiu com a descrição do mecanismo de “alosterismo”, por Monod, Wyman e Changeaux (1965). Sabia-se que proteínas possuem sítios ativos, em que ocorrem ligações com outras moléculas, mas elas também podem possuir sítios alostéricos, nos quais outra molécula se liga e altera a conformação da proteína, desativando (ou ativando, conforme o caso) o sítio ativo. No caso da hemoglobina, a primeira molécula de oxigênio leva à ativação dos outros sítios.

Atualmente, parece não haver mais grandes problemas para a explicação mecanicista de fenômenos simples na Fisiologia,

restando apenas o desafio de explicar fenômenos complexos envolvendo um número imenso de moléculas. A própria seleção natural se enquadra bem no reducionismo mecanicista, apesar de ser um processo histórico (em que fatos particulares e contingentes desempenham papel essencial). No entanto, o fenômeno da consciência permanece basicamente inexplicado para as abordagens materialistas ou fisicistas, e os melhores exemplos de emergência forte vêm desse campo.

Até o início da década de 1950, os biólogos buscavam explicar a produção do fenótipo com base em “genes clássicos” não observados, mas inferidos. Com o modelo da estrutura do DNA de Watson e Crick (1953), o gene clássico passou a ser identificado ao “gene molecular”, e aprofundou-se o projeto do reducionismo genético de considerar as causas internas do fenótipo como sendo os genes, ao lado, é claro, das causas externas ambientais e culturais. A explicação da transmissão genética clássica foi bem-sucedida pela genética molecular. Porém, a tentativa de explicar a expressão do gene, na produção do fenótipo, encontrou problemas intransponíveis, e o Projeto Genoma Humano acabou evidenciando a “inesperada complexidade da genética eucarionte” (Watson et al., 1992).

Sarkar (2005, p.94, 192-3) aponta os seguintes problemas do programa de reducionismo genético, que resultaram no que pode ser considerado o “fracasso” do programa.

- (I) O código genético não é completamente universal, ou seja, há códons que levam à produção, por exemplo, de um aminoácido em mitocôndrias, mas que codificam o encerramento da transcrição nas outras células dos mais variados organismos.
- (II) Um mesmo DNA pode ser lido de várias maneiras, devido a mutações que alteram o marco de leitura (*frameshift mutations*).

- (III) Mesmo em regiões codificadoras, há regiões transcritas mas não traduzidas (introns).
- (IV) Boa parte do DNA eucarionte parece ser apenas “lixo”, ou seja, não tem papel estrutural ou regulador.
- (V) Às vezes, há grandes modificações no RNA mensageiro. Em suma, o gene, como segmento do DNA, é um instrumento molecular que exerce variadas funções no organismo, mas não é o agente único e exclusivo da geração do fenótipo.

O fracasso do reducionismo genético, porém, não se estende ao programa de reducionismo molecular (Sarkar, 2005, p.96-98). A Biologia Molecular teve mais sucesso do que a Genética Clássica, almejando a explicação de todos os fenômenos biológicos com base nas propriedades físicas de suas partes constituintes, na escala molecular e macromolecular. O uso de modelos moleculares tridimensionais foi inaugurado por Linus Pauling em 1950, com seu modelo da hélice α para a estrutura secundária de proteínas. Essa abordagem acabou levando ao modelo de especificidade baseado na estrutura molecular com sítios ativos: a forma da molécula explica sua função, com base na regra de encaixe chave-fechadura.

O reducionismo molecular, que abrange tanto as proteínas quanto os ácidos nucleicos, continua sendo um programa de pesquisa fecundo e poderoso, apesar de apresentar diversas dificuldades específicas.

10. Conclusão

O propósito deste capítulo foi argumentar que há duas tradições da sistêmica, uma holista ou organicista, outra reducionista separabilista, e que essa distinção pode ser caracterizada a partir de duas definições distintas de “sistema”. O sucesso de cada

programa é uma questão superempírica, e depende do domínio da natureza investigado e do grau de resolução ou aproximação considerado.

Como a tradição reducionista tem menos ênfase nas discussões sobre a sistêmica, exploramos alguns exemplos de reducionismo separabilista, salientando que as relações definidoras não podem ser eliminadas nesse tipo de abordagem, ao contrário do que argumentos simplistas costumam sugerir.

A Física Quântica é um domínio em que o reducionismo separabilista parece fracassar, mas esse resultado não afeta a plausibilidade de um reducionismo ôntico de variedade holista. Essa posição, por sua vez, é atacada por emergentistas da Física da Matéria Condensada, a partir do argumento de que a natureza é efetivamente estratificada em suas diferentes escalas.

Outro domínio de feroz batalha envolve o problema mente–corpo, que não exploramos aqui. Preferimos descrever brevemente o projeto separabilista na Biologia Molecular, que se opõe à vigorosa tradição organicista ou do fisicismo não redutivo.

Esperamos, com este capítulo, estimular o interesse pelo debate holista–reducionista, ao salientar que não há soluções fáceis para esse problema superempírico. Deixando as preferências emocionais de lado, cada domínio em que o problema apresenta-se leva se não a soluções definitivas, pelo menos a uma melhor compreensão do mundo em que vivemos.

11. Referências bibliográficas

- ABBAGNANO, N. *Dicionário de Filosofia*. Tradução de A. Bosi e I. C. Benedetti. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- BERGÉ, P.; POMEAU, Y.; VIDAL, C. *L'ordre dans le chaos*. Paris: Hermann, 1984.
- BERNARD, C. *Introduction à l'étude de la Médecine Expérimentale*. Paris: Baillière, 1985. Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/cache/epub/16234/pg16234.html>>. Acesso em: 12 maio 2015.

- BRESCIANI FILHO, E.; D'OTTAVIANO, I. M. L. Conceitos básicos de sistêmica. In: D'OTTAVIANO, I. M. L.; GONZALES, M. E. Q. (Orgs.). *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Coleção CLE, v.30. Campinas: CLE/Unicamp, 2000. p.283-306.
- DIRAC, P. A. M. Quantum mechanics of many-electron systems. *Proceedings of the Royal Society of London*, A123, p.714-33, 1929.
- DUGAS, R. *A history of mechanics*. Tradução de J. R. Maddox. Nova York: Dover, 1988.
- EL-HANI, C. N.; PEREIRA, A. Reduccionismo ou holismo? Desperguntando a questão. *Ideação* (Feira de Santana), v.3, p. 69-100, 1999.
- _____; PIHLSTRÖN. Emergence theories and pragmatic realism. *Essays in Philosophy*, v.3, n.2, artigo 3, 2002.
- GATTI, F. G.; PESSOA JR., O. O debate entre as interpretações reducionista e emergentista da Física. In: SILVA, C. C.; SALVATICO, L. (Orgs.). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul: seleção de trabalhos do 7º Encontro da AFHIC*. Porto Alegre: Entrementes, p.93-101, 2012.
- HARMAN, P. M. *Energy, force, and matter: the conceptual development of nineteenth-century physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- HEALEY, R. Holism and non-separability in physics. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2008. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/physics-holism/>>. Acesso em: 15 maio 2015.
- HORGAN, T. E. Reduction, reductionism. In: KIM, J.; SOSA, E. (Orgs.). *A companion to Metaphysics*. Oxford: Blackwell, 2005. p.438-40.
- HUGGETT, N.; VISTARINI, T. Entanglement exchange and Bohmian mechanics. *Manuscrito*, v.33, p.223-42, 2010.
- KIM, J. Making sense of emergence. *Philosophical Studies*, v.95, p.3-36, 1999.
- LAKATOS I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Orgs.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p.109-243.
- LOEB, J. *The mechanistic conception of life: biological essays*. Chicago: University of Chicago Press, 1912. Disponível em: <<http://archive.org/details/mechanisticconc01unkngoog>>. Acesso em: 15 maio 2015.
- LOUX, M. J. *Metaphysics: a contemporary introduction*. 2.ed. Londres: Routledge, 2002.
- MARTÍNEZ, S. F. Reduccionismo em Biologia: uma tomografia da relação biologia-sociedade. In: ABRANTES, P. et al. *Filosofia da Biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2011. p.37-52.

- MCCULLOCH, W. S. A historical introduction to the postulational foundations of experimental epistemology. In: *Embodiments of mind*. Cambridge: MIT Press, 1965. p.359-72.
- MILL, J. S. (1843). *A system of logic*. Trad. J. M. Coelho. São Paulo: Abril Cultural, 1979. (Coleção Os Pensadores).
- MINSKY, M. *The society of mind*. New York: Simon & Schuster, 1985.
- NICHOLSON, D. J. *Organism and mechanism: a critique of mechanistic thinking in Biology*. Tese (Doutorado) – Universidade de Exeter, 2010.
- NIINILUOTO, I. *Critical scientific realism*. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- PESSOA JR., O. Can the decoherence approach help to solve the measurement problem? *Synthese*, v.113, p.323-46, 1998.
- _____. Mapa das interpretações da teoria quântica. In: MARTINS, R. A.; BOIDO, G.; RODRÍGUEZ, V. (Orgs.). *Física: estudos filosóficos e históricos*. Campinas: AFHIC, 2006. p. 119-52.
- _____. Definição de propriedades “superempíricas” como relações entre fatias do universo. In: SILVA, C. C.; SALVATICO, L. (Orgs.). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul: seleção de trabalhos do 7ª Encontro da AFHIC*. Porto Alegre: Entrementes, 2012. p.401-7.
- POUNDSTONE, W. *The recursive universe*. Oxford: Oxford University Press, 1985.
- RESCHER, N. *Conceptual idealism*. Washington: University Press of America, 1982.
- SARKAR, S. *Molecular models of life*. Cambridge: MIT Press, 2005.
- SCHWEBER, S. S. Physics, community and the crisis in physical theory. *Physics Today*, v.46, n.11, p.34-40, 1993.
- SILBERSTEIN, M. Reduction, emergence and explanation. In: MACHAMER, P.; SILBERSTEIN, M. (Orgs.). *The blackwell guide to the philosophy of science*. Oxford: Blackwell, 2002. p.80-107.
- SIMON, H. A. Alternative views of complexity. In: BEDAU, M. A.; HUMPHREYS, P. (Orgs.). *Emergence: contemporary readings in philosophy and science*. Cambridge: MIT Press, 2008. p.249-58.
- STEPHAN, A. Varieties of emergentism. *Evolution and Cognition*, v.5, p.49-59, 1999.
- VON BERTALANFFY, L. *Teoria geral dos sistemas*. Tradução de F. M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 2010.
- WEINBERG, S. *Facing up*. Cambridge: Harvard University Press, 2001.
- WILSON, K.G. Problems in physics with many scales of length. *Scientific American*, v.241, n.2, p.140-57, 1979.