

# **Alfred Russel Wallace e a noção de causas finais na evolução<sup>1</sup>**

*Charles H. Smith*

A metodologia do empirismo, com sua ênfase na associação de causas eficientes com efeitos específicos, tem dominado a ciência por mais de trezentos anos, e o fez para um fim produtivo. Um dos outros conceitos aristotélicos originais de causação, entretanto, a noção de “causas finais”, tem sido amplamente ignorado pela comunidade científica – talvez porque ele pareça tornar necessária a teleologia ou até mesmo intervenções diretas (“causas primeiras”) vindas de fora do âmbito do processo natural.

O mais famoso exemplo da atuação de causas finais provém da Antiguidade. O escultor é descrito como se imaginasse qual vai ser o aspecto da obra quando concluída e então se esforçasse para alcançar esse fim, fazendo as devidas mudanças à medida que avança. Assume-se um papel para a percepção consciente; é muito mais difícil, entretanto, conceber processos que invoquem a causação final, mas se desdobrem na ausência de objetivos “conscientes”. Difícil, mas não impossível.

---

<sup>1</sup> Apresentado de forma abreviada em 10 de setembro de 2009, no 9º Simpósio Internacional do IHU, “Ecos de Darwin”, na UNISINOS, São Leopoldo [RS], Brasil. Texto traduzido por Luís Marcos Sander.

Os sistemas complexos são, por natureza, multicausais; isto é, seu triunfo sobre o espaço e o tempo não se dá por meio de seqüências lineares simples de ação, mas, pelo contrário, mediante reações multidirecionadas a interações complicadas de oportunidades e restrições. É fácil considerar exemplos isolados de causa e efeito individualmente e modelá-los em consonância com isso, mas é uma questão bem diferente extrair de tais detalhes princípios de ordem superior que talvez os estejam coordenando. Certamente, a percepção consciente é um desses princípios, na medida em que organiza ações com as quais, de outra forma, talvez tivéssemos de nos envolver, em grande parte, através de tentativa e erro, mas também se podem imaginar formas de controle coordenado que não impliquem diretamente a consciência. A maneira como a molécula de DNA opera em conexão com o contexto ecológico talvez seja uma dessas formas.

Em certo sentido, o DNA representa um regulador de desenvolvimento; em última análise, ele desencadeia o programa orientador que está por trás da maturação do indivíduo até se tornar um organismo adulto. Contudo, neste caso talvez também haja uma causa final atuante, porque o DNA não só é responsável por desenvolver um indivíduo adulto, mas por desenvolver um indivíduo adulto que irá, em média, adaptar-se em seu contexto ambiental da mesma forma básica como o fizeram seus ancestrais imediatos. Neste caso, o sistema ecológico dentro do qual o organismo ou a população opera apresenta uma espécie de causa final, porque o DNA evoluiu, de certo modo, recapitulando, em primeiro lugar, interações bem-sucedidas entre o organismo e o ambiente. A seleção natural geralmente consegue mediar esse equilíbrio entre função individual e continuidade ecológica, mas às vezes não o consegue – seja porque o próprio DNA não encontrou uma forma de moldar uma população de indivíduos maduros apropriadamente diversificados, seja porque o meio ambiente do organismo mudou demaseado rápido ou completamente, para permitir uma forma viável de reação orgânica. Em processos que se estendem além da população, a

seleção natural, como veremos abaixo, desempenha um papel bastante restrito; as considerações principais devem ser, pelo contrário, as seguintes: 1) até que ponto o meio ambiente constitui uma espécie de organização que incentiva, ela própria, formas promotoras de ordem de envolvimento populacional, e 2) até que ponto, e por que razões, a mudança na própria molécula de DNA é incentivada ou desincentivada por fatores latentes (isto é, o DNA é infinitamente flexível ou seu desenvolvimento ulterior é restringido por limitações *a priori*?).

Temos pouca coisa mais a dizer aqui sobre o segundo assunto (embora se trate de uma questão que talvez seja bem mais importante do que reconhecemos atualmente), mas daqui a pouco irei apresentar várias linhas de pesquisa, efetivas ou possíveis, relacionadas ao primeiro assunto. Antes disso, entretanto, temos de fazer um breve desvio histórico pelo pensamento de um pioneiro do estudo da evolução, Alfred Russel Wallace.

## O pensamento sobre causas finais na obra de Alfred Russel Wallace

**Figura 1:** “Alfred Russel Wallace, por volta de 1877. Do panfleto *Alfred Russel Wallace*, New York: D. Appleton and Company, 1891, de Edward Drinker Cope.”



ALFRED RUSSEL WALLACE

Alfred Russel Wallace nasceu no início de 1823 e morreu no final de 1913. Durante cerca de três quartos desse período de quase 91 anos, ele mergulhou no estudo da evolução: física, biológica e social. Mesmo antes de partir para a América do Sul, em 1848, em sua primeira expedição importante para a coleta de espécimes, ele já estava estudando o assunto, mas foi só em 1858, quando estava trabalhando nas regiões remotas da Indonésia, que as peças importantes se encaixaram. Não obstante, por volta de 1855 (e provavelmente antes disso – talvez já dez anos antes), ele já sabia como demonstrar que a evolução dos organismos tinha efetivamente ocorrido; suas conclusões estão relatadas no famoso texto (conhecido como Lei Sarawak) intitulado “Sobre a lei que regula a introdução de novas espécies”.<sup>2</sup> Esse ensaio, geralmente reconhecido como uma obra fundamental no então emergente campo da biogeografia, concentrava-se na ideia de que se poderia constatar que as espécies mais estreitamente relacionadas também estavam mais estreitamente associadas tanto no tempo (como parte do registro geológico) quanto no espaço (em seus âmbitos geográficos), um fato empírico que era difícil de explicar por qualquer outro meio do que uma divergência de formas ao longo do tempo.

Wallace, entretanto, não chegou a invocar uma explicação evolutiva para os padrões que descreveu; ele apenas os salientou. Assim, o texto nada dizia sobre possíveis mecanismos: lidava apenas com os *resultados* da evolução. E, de fato, ele estava tendo dificuldade de estabelecer uma conexão da macroescala com o que estava se passando no nível da função individual – em particular, com a relação entre adaptação enquanto processo e adaptação enquanto resultado. Mesmo após 1855, ele parece ter achado que as estruturas adaptativas surgiram de maneira mais ou menos aleatória, ou, no máximo, estavam “correlacionadas com” inércias evolutivas organizadas indepen-

---

2 On the Law Which Has Regulated the Introduction of New Species. *Annals and Magazine of Natural History*, v. 16 (2. s.), p. 184-196, set. 1855. [N. do T.: Há uma versão em português disponível em: <[www.scientiaestudia.org.br/revista/PDF/01\\_04\\_05\\_Wallace.pdf](http://www.scientiaestudia.org.br/revista/PDF/01_04_05_Wallace.pdf)>].

dentemente. Wallace não sabia o que, mas parecia que alguma força ambiental de grande escala – talvez a mudança climática ou geológica – estava, lenta mas inexoravelmente, guiando a evolução (possivelmente, fazendo com que estruturas adaptativas já existentes sejam favorecidas numa direção ou em outra).

Esses pensamentos bastante semelhantes ao tipo “*bauplan* geográfico” sobre a evolução provavelmente estavam relacionados à relutância de Wallace em atribuir influências causais particulares a estruturas adaptativas particulares; do mesmo modo, ele devia considerar esse tipo de pensamento implicasse necessariamente um envolvimento de causas primeiras – *grosso modo*, intervenções divinas. Este padrão conservador de pensamento estava muito próximo do centro de sua visão de mundo, e, em muitas ocasiões futuras<sup>3</sup>, ele advertiria que, independentemente do que vejamos e entendamos em sentido mais restrito, há sempre “forças mais recônditas” atuantes no mundo que nos cerca. Seu reconhecimento do princípio da seleção natural em 1858 não teve efeito real sobre esse ponto de vista, e pouco tempo depois ele começou a complementá-lo com um corolário: ninguém deveria esperar que um princípio reconhecido da natureza explique tudo, mas apenas os fatos relacionados a seu domínio específico.<sup>4</sup>

Na verdade, a seleção natural criou um problema considerável para a filosofia da natureza de Wallace. Ao contrário do que se supõe comumente, não há indício demonstrável de

---

3 Em 1885, Wallace escreveu o seguinte: “Igualmente absurda é a afirmação de que alguns dos fenômenos do espiritismo ‘contradizem as leis da natureza’, visto que não há lei da natureza que nos seja conhecida que não possa ser aparentemente transgredida pela ação de leis ou forças mais recônditas” (*The Medium and Daybreak*, 16, p. 809-810, neste caso p. 809). Veja também comentários em “On the Habits of the Orang-utan of Borneo”, *Annals and Magazine of Natural History*, 18 (2. s.), p. 26-32, neste caso p. 30-31, 1855.

4 Em 1867, Wallace escreveu o seguinte: “Que uma teoria não explique tudo não é, portanto, uma objeção a ela, e sim o contrário” (*Transactions of the Entomological Society of London*, 4 (3. s.), parte III, p. 301-416, neste caso p. 309). Veja também comentários em “Remarks on the Habits, Distribution, and Affinities of the Genus *Pitta*”, *Ibis*, 6, p. 100-114, neste caso p. 111, 1864; “Man and Natural Selection”, *Nature*, 3, p. 8-9, neste caso p. 9, 1870; e “Evolution and Character”, *Fortnightly Review* 83 (s. s.), p. 1-24, neste caso p. 1, 1908.

que ele jamais tenha acreditado (nem mesmo em 1858) que a seleção natural pudesse explicar os atributos mentais e éticos superiores da humanidade – embora agora tivesse um modelo que demonstrasse uma relação lógica entre causas *particulares* e resultados biológicos *particulares*<sup>5</sup>, ele ainda não podia explicar a presença de caracteres, como o pensamento matemático e o comportamento ético, que pareciam não ter conexão lógica com o processo de seleção. Não obstante, confiando que o conceito de seleção natural funcionasse dentro dos limites lógicos que tinha identificado para ele, Wallace colocou de lado a questão de que “força mais recôndita” poderia explicar suas exceções humanas e, naquele momento, seguiu adiante.

No final de 1866, Wallace tinha decidido que os fenômenos do espiritualismo forneciam a explicação apropriada das “exceções”. O espiritualismo dele nada tinha a ver com uma crença religiosa ou qualquer interesse em sensacionalismo; ele, ao contrário, simplesmente pensou ter encontrado indícios ou provas de uma extensão da causalidade natural para uma realidade a-espacial, não física. Ele ainda não achava que atos conscientes, incluindo pautas morais e o uso da lógica e matemática, pudessem ser explicados como tendo origem através do processo que Herbert Spencer tinha chamado de “a sobrevivência dos mais aptos”. O espiritualismo era, com efeito, a teoria da consciência de Wallace; através dele, podia reconhecer “forças mais recônditas” na forma de entidades espirituais que transmitiam informações potencialmente úteis a nós seres materiais através de sonhos e outras influências psíquicas sutis. Como recebedores desse *feedback*, nós poderíamos efetivamente usar essas informações ou não (mas ostensivamente muitas vezes o fazíamos, e, na maioria das vezes, com proveito) – e, assim, seu meio de transmissão não era mais determinista do que a maneira como as várias adaptações físicas

---

<sup>5</sup> Esta era a principal razão pela qual o desenvolvimento de uma teoria do mimetismo de proteção era tão importante para o sucesso da seleção natural enquanto modelo explicativo: resultados claros podiam ser vinculados, com precisão matemática, à natureza da força seletiva implicada.

incipientes eram selecionadas, a favor ou contra, num contexto biológico. Teoricamente, maus pensamentos e ideias poderiam ser lentamente removidos da população, tanto porque iríamos, em grau crescente, “cair em nós” quanto porque “cair em nós” nos levaria a uma rejeição crescente de pessoas que exibissem maus motivos e ações – sendo que estas últimas teriam cada vez mais dificuldade de encontrar machos ou fêmeas e repassar suas deficiências para a prole.

Um exame atento do enfoque que Wallace tinha da seleção natural sugere que ele adotara uma posição paralela no tocante aos aspectos mais estritamente biológicos da evolução. Importante é que, em sua opinião, a seleção natural era, mais exatamente do que a “sobrevivência dos mais aptos”, a “eliminação dos inaptos” – e ele diz isso diretamente em vários de seus ensaios.<sup>6</sup> Nesta concepção, a seleção natural é vista como um meio de manter uma população num nível satisfatório em sua relação com seu meio ambiente geral – o que é um processo ecológico, e não evolutivo. Portanto, ele reconhecia efetivamente uma diferença entre a evolução, por um lado, e a seleção natural, por outro. Em seu texto intitulado *Contributions to the Theory of Natural Selection* [Contribuições para a teoria da seleção natural], ele propõe uma derivação lógica da seleção natural na página 302, descrevendo-a, com efeito, como uma “lei”, semelhante à gravitação newtoniana, e de modo algum como teoria. Por isso, não surpreende que ele designe esse conceito de “lei da seleção natural” em muitos de seus escritos a partir de 1860.

O conceito de “adaptação” de Wallace surge basicamente como um espaço de estado – isto é, como uma transferência estocástica de informações entre o organismo ou uma população dele e o meio ambiente (e neste sentido é impor-

<sup>6</sup> Em 1890, ele escreve que “[a] sobrevivência dos mais aptos é, na verdade, a extinção dos inaptos” (Human Selection, *Fortnightly Review*, 48 (s. s.), p. 325-337, neste caso p. 337). Veja também comentários em “Evolution”, *The Sun*, New York, 68(114), p. 4-5, neste caso p. 5, 23 dez. 1900; e *The Colours of Animals*, *Macmillan's Magazine*, 36, p. 384-408, neste caso p. 405, 1877.

tante considerar o termo “meio ambiente” da forma mais geral possível, consistindo de todos os elementos do entorno do organismo: biológicos ou físicos, e até outros organismos da mesma espécie). Essa transferência é o que mantém o ecossistema funcionando como entidade separada enquanto a energia desce através dele, degradando-se à medida que o faz. Tudo tem de estar “no lugar certo na hora certa” para que tudo funcione. Os organismos são autômatos acionados por DNA, que passaram a existir sob o resultado tácito de que as coisas serão *grosso modo* como eram antes de permitir que a corrente continue. Portanto, a “mudança” só é possível quando o meio ambiente muda ou, no mínimo, quando há mudanças nas características da interação de um organismo (ou de uma população) com aquele meio ambiente. Muitas vezes, Wallace foi diferenciado de Darwin porque o primeiro enfatiza mais as causalidades ambientais na evolução (por exemplo, os efeitos do clima, mais do que do comportamento), mas este pensamento simplifica excessiva e significativamente as diferenças entre as abordagens dos dois. Darwin não discriminou muito entre as noções de “estar adaptado” e “adaptar-se”; em consequência disso, houve quem reclamasse que há uma debilidade tautológica em seu pensamento. (Como o formulou certa vez o biólogo Richard Lewontin: “O processo é adaptação e o resultado final é o estado de estar adaptado [...] O problema é como as espécies podem estar o tempo todo tanto se adaptando quanto adaptadas.”<sup>7</sup>) Wallace, por outro lado, foi às vezes criticado por ser hiperselecionista – isto é, por crer, aparentemente, que toda mudança adaptativa tinha de ser atribuída à ação da seleção natural (ao passo que Darwin cria que influências adicionais, como a herança de caracteres adquiridos, contribuíam para ela). Wallace sustentou efetivamente (como o fez Darwin) que toda adaptação precisava ter passado a existir por razões relacionadas a seu uso para o organismo (ou em correlação estreita com alguma estrutura que foi útil), mas o rótulo de hi-

7 LEWONTIN, R. C. 1984. Adaptation. In: SOBER, E. (ed.). *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*. Cambridge, MA: MIT Press, 1984, p. 235-251, neste caso p. 237-238.



persecionismo realmente só desvia a atenção do ponto relevante. Wallace estava consciente de que havia outras espécies de causalidade em jogo – às vezes ele se queixava, especialmente, de que, ao passo que se poderia entender que a seleção natural age sobre variações já existentes, as origens da própria variação (que agora explicaríamos principalmente através da mutação) eram completamente desconhecidas!

Mas isso é uma digressão... Se realmente queremos diferenciar entre as abordagens de Wallace e Darwin, precisamos examinar uma questão mais fundamental do que se um deles apoiou a seleção sexual<sup>8</sup> ou “seleção ambiental” mais do que o outro – mais uma vez, do ponto de vista do indivíduo, tudo que ele não é, é “o ambiente”. É o foco de Wallace na “remoção dos inaptos” que realmente distingue seu pensamento do de Darwin, o qual é permeado por alusões a árvores, filogenia e adaptacionismo: rastreamentos históricos. A ênfase ecológica de Wallace oferece uma lógica mais simples, porque não reconhece um *processo* de adaptação. Em vez disso, ela identifica um espaço de estado, ou talvez um filtro, conectando o *potencial* que as estruturas adaptativas têm de se envolver com o meio ambiente com definições independentes da maneira como o meio ambiente poderia receber tais ações.

Historicamente, ao menos dois autores importantes observaram essa singularidade da abordagem de Wallace: C. Lloyd Morgan e Gregory Bateson. Em 1888, Morgan escreveu o seguinte:

Aqueles que leram a obra recém-publicada *Life of Charles Darwin* talvez se lembrem de uma nota de rodapé em que o Sr. A. R. Wallace critica a expressão “seleção natural”. “O termo ‘sobrevivência dos mais aptos’”, diz ele, “é a simples expressão do fato; ‘seleção natural’ é uma

---

8 Dever-se-ia observar, neste contexto, que as diferenças de Wallace e Darwin no tocante à importância da seleção sexual se reduzem a uma discordância sobre um mecanismo específico, e não constituem um cisma filosófico: a seleção sexual é, em última análise, apenas uma forma de seleção natural. Na compreensão mais geral (ou seja, de Wallace) de seleção natural, “o meio ambiente” proporciona a fonte do efeito seletivo, e, em termos filosóficos, não faz diferença se o seletor imediato é um agente físico ou biológico.

expressão metafórica dele, e, até certo ponto, indireta e incorreta, já que a natureza, a rigor, não seleciona variedades especiais, mas extermina as mais desfavoráveis.” [...] O termo “sobrevivência dos mais aptos”, de Herbert Spencer, diz o Sr. Wallace, é a simples expressão do fato; “seleção natural” é uma expressão metafórica dele. Sim, mas, em primeiro lugar, a expressão do Sr. Spencer não dá uma ideia do processo pelo qual essa sobrevivência é produzida; e, em segundo lugar, é questionável que qualquer expressão que assim indique o processo possa escapar da acusação de ser até certo ponto metafórica. Portanto, o ferrão da crítica do Sr. Wallace parece se situar (apropriadamente) na cauda, onde ele salienta que a natureza, menos do que selecionar variedades especiais, extermina as mais desfavoráveis. Isto me parece ser uma crítica válida, a que o Sr. Darwin não se opõe suficientemente e que ainda continua de pé.<sup>9</sup>

Ela continua de pé. Na sequência, Morgan propõe a expressão “eliminação natural” como forma de nos manter alerta para essa debilidade, mas o termo nunca pegou.

Na década de 1970, o antropólogo Gregory Bateson retomou a discussão. Em 1972, em seu célebre livro *Steps to an Ecology of the Mind*, ele comentou uma analogia usada por Wallace em seu ensaio de 1858 para ajudar a explicar o modo como a seleção natural agia (“A ação desse princípio é exatamente como a do regulador centrífugo da máquina a vapor, que verifica e corrige quaisquer irregularidades quase antes de elas se evidenciarem; e, da mesma maneira, nenhuma deficiência desequilibrada no reino animal pode jamais atingir qualquer magnitude perceptível, porque ela se faria sentir já no primeiro passo, tornando a existência difícil.”<sup>10</sup>):

A máquina a vapor com um regulador é simplesmente um trem de engrenagens circular de eventos causais, tendo em algum lugar um elo nessa corrente de tal modo que, quanto mais há de uma coisa, tanto menos haverá da pró-

9 MORGAN, C. Lloyd. Elimination and Selection. *Proceedings of the Bristol Naturalists' Society*, v. 5, n. 3, s. s., 273-285, neste caso p. 273-274, 1888.

10 WALLACE, A. R. On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely From the Original Type. *Journal of the Proceedings of the Linnean Society: Zoology*, v. 3, n. 9, p. 53-62, neste caso p. 62, 20 ago. 1858.

xima coisa no circuito [...] Se cadeias causais com essa característica geral ganham energia, o resultado será [...] um sistema autocorretivo. Wallace, na verdade, propôs o primeiro modelo cibernético. [...] Basicamente, esses sistemas são sempre *conservadores* [...] nesses sistemas, mudanças ocorrem para conservar a verdade de alguma afirmação descritiva, algum componente do *status quo*. Wallace viu a questão corretamente, e a seleção natural atua primordialmente para manter as espécies invariantes [...].<sup>11</sup>

Em sua coletânea intitulada *Mind and Nature: A Necessary Unity*, de 1979, Bateson acrescentou: “Se tivesse sido Wallace em vez de Darwin [que deu início à tendência], atualmente teríamos uma teoria da evolução muito diferente. Todo o movimento cibernético poderia ter ocorrido cem anos antes em decorrência da comparação feita por Wallace entre a máquina a vapor com um regulador e o processo de seleção natural [...].”<sup>12</sup>

Infelizmente, poucos outros observadores reconheceram a lógica inerente ao pensamento de Wallace, e, como resultado disso, ainda estamos sobrecarregados pelas deselegâncias filosóficas e metodológicas do “pensamento genealógico” e “adaptacionismo” darwiniano.

Em suma, na visão de mundo de Wallace há tanto princípios organizadores materiais convencionais quanto princípios que ele atribuía a um “reino do espírito” ou possivelmente à consciência em geral. Wallace, porém, não tinha nada a ver com “causas primeiras” criacionistas: ele pensava que tanto a realidade material quanto a não-material funcionassem com base em propriedades investigáveis. Isto é, tanto os processos com extensão espacial quanto os processos não físicos eram “naturais” e “baseados em leis” na acepção convencional destes termos. De momento não está em pauta saber se Wallace tinha razão quanto aos detalhes; o que é mais interessante é o

11 BATESON, G. *Steps to an Ecology of Mind*. San Francisco: Chandler, 1972, p. 435.

12 BATESON, G. *Mind and Nature: A Necessary Unity*. New York: Dutton, 1979, p. 43. [Ed. bras.: *Mente e natureza*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986].

fato de que ele usou esta concepção para produzir um conjunto de ideias que mostraram ser corretas, e outras cuja incorreção ainda tem de ser provada. Por isso, é apropriado que sejam feitas algumas tentativas reais de lidar com sua visão de mundo, já que ela pode levar a outras linhas de pensamento que simplesmente não nos ocorreram ainda.

Wallace foi muitas vezes acusado de introduzir o pensamento teleológico no empreendimento científico, e, embora parte dessa crítica seja justa, deve-se lembrar que “teleologia” e “causas finais” não são exatamente a mesma coisa. Até o supermecanicista August Weismann reconheceu isso, como ressaltou Wallace numa recensão da 3ª Parte de sua obra *Studies in the Theory of Descent*, em 1882:

O segundo e último ensaio, intitulado “On the Mechanical Conception of Nature”, ocupa-se principalmente com uma inquirição a respeito do verdadeiro caráter da variação como o fator principal na evolução e da importância comparativa das condições externas, bem como da constituição do organismo na determinação da direção particular do transcurso do desenvolvimento; seu objetivo é mostrar que tudo acontece de acordo com leis fixas sem a interferência de qualquer “princípio teleológico”, seja na forma de uma “força vital filética” ou da interposição de qualquer “poder de projeção”. Os autores cujas concepções sobre esses assuntos são combatidas são von Hartmann e Karl Ernst von Baer, e, após uma argumentação refinada e, muitas vezes, sutil, o Dr. Weismann conclui que os fatos podem ser todos explicados com base em “princípios mecânicos”, ou, como deveríamos dizer, pela ação de leis fixas. Entretanto, ele tem o cuidado de acrescentar que isso não implica uma concepção materialista da natureza. “Aqueles que defendem o desenvolvimento mecânico não serão compelidos a negar um poder teleológico, só que, junto com Kant, teriam de concebê-lo da única maneira em que pode ser concebido, a saber, *como uma Causa Final*. E, acerca da grande questão sobre a natureza e origem da consciência, ele se expressa do seguinte modo: “Caso se pergunte, contudo, como aquilo

que em nós e no restante do mundo animal é *intelectual* e *perceptivo*, que *pensa* e *quer*, pode ser atribuído a um processo mecânico de desenvolvimento – ou se o desenvolvimento da mente pode ser concebido como resultado de leis puramente mecânicas? Eu respondo afirmativamente, sem hesitar, junto com o materialista puro, embora não concorde com ele quanto à forma como deriva esses fenômenos da matéria, já que o pensamento e a extensão são coisas heterogêneas, e uma não pode ser considerada produto da outra”. E ele sugere que a noção fundamental da matéria consciente poderá nos tirar da dificuldade. Como quer que isso seja, o autor sustenta que a teoria da seleção de modo algum leva – como sempre se supõe – à negação de uma Causa Universal teleológica e ao materialismo, mas só à crença de que qualquer modo de interferência por parte de um poder teleológico diretivo, que não pelo estabelecimento das forças que produzem o fenômeno, é inadmissível para o naturalista. “O resultado final e principal deste ensaio se encontra, portanto, na demonstração, aqui tentada, de que a concepção mecânica da natureza admite perfeitamente ser unida com uma concepção teleológica do universo.”<sup>13</sup>

## Podemos reconhecer causas finais específicas na natureza?

Tendo esses pensamentos wallaceanos em mente, podemos passar agora a uma descrição de alguns contextos naturais (especialmente geográficos) que, em potencial, convidam para um pensamento em termos de causas finais. Todos eles implicam minha própria pesquisa; parte disso foi publicado, ao longo dos anos, em locais convencionais, e parte, por ser mais exploratória, só é descrita em vários *sites* que tenho mantido na internet por vários anos. Meu envolvimento nesse tipo de trabalho assumiu três formas.

---

13 WALLACE, A. R. Review of *Studies in the Theory of Descent Pt. III* by August Weismann. *Nature*, v. 26, p. 52-53, neste caso p. 53, 18 maio 1882.

## Pode haver resistência à seleção por um contrapropósito interveniente?

Desde a década de 1980, tenho estado interessado na noção de que pode haver forças intervenientes de grande escala no meio ambiente às quais coisas vivas podem ter dificuldade de se adaptar. Seguem-se dois exemplos desse tipo de pensamento.

O primeiro diz respeito a uma lebre que adquire pelagem branca no inverno, *Lepus americanus* (e seus parentes próximos na Eurásia). Sabe-se muito bem que suas populações passam por ciclos drásticos em termos de número nas florestas coníferas setentrionais tanto do Novo quanto do Velho Mundo. Esses ciclos têm um período de cerca de nove ou dez anos, e, embora se tenha feito progresso na compreensão da dinâmica e demografia local desse fenômeno, seja ela relacionada à cadeia alimentar ou outra qualquer, fez-se menos progresso na compreensão do quadro maior. Este é um sistema altamente organizado, e levantamentos detalhados em nível continental de tendências anuais<sup>14</sup> mostraram que ondas repetidas de aumento e diminuição se espalharam por áreas imensas. Este foi o caso na América do Norte, ao menos, desde o início da colonização europeia.

Investigadores procuraram em vão alguma espécie de influência climática ou astronômica (p. ex., ciclos de manchas solares) que tenha um ciclo com o mesmo período; isto, é claro, poderia proporcionar uma cadeia simples de causalidade. Enquanto isso, também se observou que populações de outras criaturas envolvidas direta ou indiretamente com as lebres

<sup>14</sup> Nas décadas de 1930 e 1940, um levantamento anual das tendências populacionais variantes das lebres alpinas era realizado em todo o seu âmbito, principalmente sob a direção de Charles Elton e Dennis Chitty. Os resultados eram publicados anualmente nos periódicos *Canadian Field-Naturalist* e *Journal of Animal Ecology*. Veja também SMITH, C. H. Spatial Trends in Canadian Snowshoe Hare, *Lepus americanus*, Population Cycles, *Canadian Field-Naturalist*, v. 97, n. 2, p. 151-160, 1983.

como parte de sua cadeia alimentar têm ciclos com períodos de dez anos. Uma grande bibliografia se desenvolveu em torno da questão, sendo que a maioria dos estudos se concentra em características demográficas das populações à medida que elas aumentam e diminuem.<sup>15</sup>

Mas é duvidoso que explicações demográficas possam, por si sós, dar conta de um processo que ocorre com tanta regularidade em dois continentes; deve-se considerar que a onda de aumento/diminuição viaja muito mais depressa (quase mil milhas por ano) do que os próprios organismos individuais poderiam fazê-lo. Parece mais provável que alguma espécie de interação quase harmoniosa entre a população e o meio ambiente esteja implicada, embora isto não implique necessariamente uma força causal que tenha, ela própria, um ciclo. Poderíamos considerar, em vez disso, uma justaposição de várias influências de longo prazo e grande escala.

Suponha-se, por exemplo, que os recentes períodos glaciais tenham forçado as populações de lebres a ir para áreas ao sul em que a utilidade da cor branca e a resistência a alimentos pigmentados fotossensíveis deixaram de ser fatores de seleção, e elas tenham perdido essas adaptações. Ao retornarem para o norte, onde o campo geomagnético canaliza mais partículas de energia elevada que fluem a partir do espaço cósmico para a superfície, a mudança de cor delas e sua perda de resistência acarretam distúrbios metabólicos e fisiológicos fundamentais que alteram seus hábitos de vida alimentares, e em última análise a estabilidade das cadeias alimentares. A prova: 1) o fato de que as porções mais afetadas das áreas das populações coincidem muito estreitamente com as magnitudes afins do campo geomagnético; 2) o fato de que historicamente um dos sintomas mais relatados do comportamento das lebres durante esses ci-

---

<sup>15</sup> Veja as recensões de KEITH, L. B. *Wildlife's Ten-Year Cycle*. Madison: University of Wisconsin Press, 1963; ID. *Demography and Ecology of a Declining Snowshoe Hare Population*. Washington, D.C.: Wildlife Society, 1987; e BERRYMAN, A. *Population Cycles: The Case for Trophic Interactions*. New York: Oxford University Press, 2002.

clos é a incidência do que foi chamado de “doença do choque”, cujos sintomas são muito semelhantes aos sintomas de transtornos de fotossensibilidade, como eczema, p. ex. – e disso, aliás, pode-se obter alguma proteção tendo uma pele de cor escura. Teoricamente, até que o conjunto de genes identifique uma solução para ambas as pressões seletivas, podemos esperar que o ciclo continue (cujos detalhes podem, então, ser entendidos por meio da demografia das relações do ciclo de vida e da cadeia alimentar). Observe-se que temos aqui um possível caso de uma causa final (radiação cósmica) que gera um estado de saúde através da imposição de circunstâncias intervenientes.

A forma de determinar se essa teoria é convincente seria examinar a cadeia alimentar da lebre em busca de pigmentos fotossensíveis, relacionando isso com quaisquer possíveis transtornos de fotossensibilidade. É interessante que há conexões conhecidas entre a fotossensibilidade e a reprodução em lagomorfos<sup>16</sup>, e talvez uma ruptura na sequência normal da reprodução – causando taxas mais elevadas de reprodução, ou em épocas diferentes do ano, servindo para evitar predadores ou usar alimentos diferentes, por exemplo, ou...? – seja o mecanismo desencadeador para um ciclo populacional. Além disso, sugeriu-se<sup>17</sup> que o ciclo talvez esteja relacionado com duas morfologias diferentes dentro da população que estejam disputando, por assim dizer, a dominância, e as duas morfologias talvez estejam reagindo ao estresse da fotossensibilidade de maneira diferente em pontos diferentes do ciclo (p. ex., a prole de uma das duas morfologias talvez sobreviva melhor do que a da outra sob o estresse de elevados níveis populacionais).

Se os ciclos da lebre alpina podem ser relacionados com um regime de seleção sob condições espaçotemporais singu-

16 Veja, por exemplo, BEN SAAD, M. M.; MAUREL, D. L. Long-day Inhibition of Reproduction and Circadian Photogonadosensitivity in Zembra Island Wild Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Biology of Reproduction*, v. 66, n. 2, p. 415-420, 1º fev. 2002.

17 SINCLAIR, A. R. E.; CHITTY, D.; STEFAN, C. I.; KREBS, C. J. Mammal Population Cycles: Evidence for Intrinsic Differences During Snowshoe Hare Cycles. *Canadian Journal of Zoology*, v. 81, p. 216-220, 2003.



lares, o desaparecimento dos dinossauros poderia representar algo mais comum na história da vida. A teoria de que sua extinção teria sido causada pelo impacto de um asteroide perto do limite entre os períodos cretáceo e terciário, proposta por Walter Alvarez e colegas em 1980<sup>18</sup>, tem estado em voga há mais de duas décadas; entretanto, ainda há vozes discordantes, e teorias alternativas continuam a surgir. Alguns dos fatos ainda não fecham inteiramente; há indícios, por exemplo, de que os dinossauros já se encontravam num declínio considerável na época da colisão.<sup>19</sup> Um fato amplamente negligenciado diz respeito à natureza das vítimas da extinção: embora criaturas de grande porte tenham sido severamente vitimadas, um número considerável delas sobreviveu; mas, o que é mais notável ainda, grupos inteiros com grande número de espécies foram extintos, incluindo grupos que tinham muitas espécies de porte médio ou pequeno (nem mesmo os dinossauros eram todos gigantes). A tendência de que a extinção tenha afetado grupos inteiros – ou seja, tenha seguido linhas filogenéticas – incita a explicações mais ligadas à fisiologia do que à ecologia. Talvez neste caso algumas características comuns tenham demonstrado ser fatais, sendo os resultados exacerbados secundariamente por relações na cadeia alimentar.

Em particular, pode-se imaginar uma espécie de cenário em que a seleção natural é impotente para salvar grupos inteiros da extinção. Poder-se-ia pensar que isso fosse *a priori* impossível, mas pode haver circunstâncias em que as mudanças necessárias para sobreviver são reações fisiológicas a condições ambientais, e os únicos ajustes viáveis possíveis conflitam com propósitos ecológicos contrários.

De acordo com uma estimativa recente<sup>20</sup>, os níveis de oxigênio na atmosfera subiram quase sem cessar durante todo o

---

18 ALVAREZ, L. W. et al. 1980. Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction. *Science*, 208, p. 1.095-1.108, 1980.

19 Macleod, N. et al. 1997. The Cretaceous-Tertiary Biotic Transition. *Journal of the Geological Society*, London, 154, p. 265-292, 1997.

20 LANE, N. *Oxygen: The Molecule That Made the World*. New York: Oxford University Press, 2002.

período da existência dos dinossauros (chegando a aproximadamente o dobro do que eram em seus primórdios). Parece que ninguém considerou a possibilidade de que o plano de jogo fisiológico inicial dos dinossauros não fosse apropriado para se alterar a fim de lidar com esse estresse: lembrem-se de que o oxigênio é um veneno corporal que, embora seja vital para o metabolismo, também exige proteção quando é um agente direto. Adaptar-se a tal mudança poderia ser muito difícil, porque significaria efetivamente criar estruturas destinadas a reduzir a utilização de oxigênio, um resultado que poderia estar em conflito com a necessidade de permanecer ecologicamente robusto. Há várias linhas de indícios ou provas que podem ser usadas para apoiar essa teoria.<sup>21</sup> Aqui, podemos ao menos listar brevemente algumas das mais interessantes: 1) todos os dinossauros eram ao menos relativamente grandes (e, assim, todos teriam sido afetados); 2) a razão da sobrevivência de aves, mamíferos e outros répteis (não endotérmicos) se torna clara; 3) a expansão de populações de dinossauros para climas mais frios no período cretáceo (uma forma de mudar o regime de regulação do calor do corpo); 4) o número crescente de peculiaridades morfológicas nos dinossauros posteriores (cristas, barbatanas etc.), que podem ter ajudado a regular o calor; 5) a extinção de famílias e classes inteiras (o que sugere traços fisiológicos comuns, mais do que causas ecológicas), 6) e a tendência de representantes vivos primitivos de grupos antigos a serem bastante lentos e/ou estarem associados com ambientes pobres em oxigênio.

## **Seleção natural em conjunção com regimes de ciclos biogeoquímicos**

Os cenários precedentes representam possíveis circunstâncias sob as quais a seleção natural é tornada ineficaz

<sup>21</sup> Elas se encontram resumidas num texto que disponibilizei *online* em um de meus *sites* na internet - <http://people.wku.edu/charles.smith/once/welcome.htm>.

ou é forçada a operar em propósitos contrários em decorrência de acidentes históricos. Outros cenários assim podem, sem dúvida, ser imaginados; no mínimo, vale a pena se perguntar se a evolução sempre “se move para a frente” ou, pelo contrário, em alguns casos reage a reversões ocasionadas por eventualidades com defasagem de tempo. Isso se aplica, sem dúvida, a muitos contextos: na geomorfologia, por exemplo, um trabalho feito na década de 1980 sugeriu que, por causa de limitações de preenchimento de espaços, a evolução de sistemas de correntes muitas vezes não segue uma forma simples do mais provável estado de desenvolvimento.<sup>22</sup>

Ainda assim, provavelmente é verdade que a maioria das sequências de mudança orgânica na superfície do planeta seja menos episódica, estreitamente relacionada com as restrições e oportunidades diretas da existência cotidiana e possa ser referida a probabilidades que se desdobram lentamente. Mas também neste caso podemos imaginar a possível existência de causas finais que tenham um impacto sobre a forma como a evolução avança. Há alguns anos, explorei a noção de que os organismos podem se dispersar, de maneira mais ou menos uniforme (ainda que em taxas diferentes), em direções preferenciais, e os resultados disso podem contribuir para a redução da ineficiência da operação de ciclos biogeoquímicos locais e globais.<sup>23</sup> Começando com a postura de Wallace a respeito da “eliminação dos inaptos” e os pontos destacados por Bateson, sustentei que a seleção natural poderia ser vista como o elemento de *feedback* negativo num processo que leva à evolução a longo prazo. Nesta concepção, mais uma vez, as adaptações são vistas como estruturas que criam um *potencial* para a evolução; isto é, elas medeiam o envolvimento com o meio ambiente exemplificado pela ingestão de alimentos, da busca

22 ABRAHAMS, A. D. Channel Networks: A Geomorphological Perspective. *Water Resources Research*, v. 20, n. 2, p. 161-188, 1984.

23 SMITH, C. H. *The Dynamics of Animal Distribution: An Evolutionary/Ecological Model*. 1984. Tese (de Doutorado) – Dept. of Geography, University of Illinois at Champaign-Urbana, 1984; ID. A Contribution to the Geographical Interpretation of Biological Change. *Acta Biotheoretica*, v. 35, n. 4, p. 229-278, 1986.

de abrigo e outros comportamentos. Se, de fato, esse envolvimento implica um movimento preferencial – migração, dispersão etc. – em direção a lugares que facilitem inerentemente os tipos de seleção que incentivam mudanças perpétuas – em contraposição à elevada especialização de um tipo muito restrito (“estar no lugar certo na hora certa”), que resultará mais provavelmente em extinção –, então isto é automaticamente evolução. A própria seleção natural maximiza a eficiência desse processo, assegurando que, em termos probabilísticos, os indivíduos mais apropriados permaneçam para operacionalizar a reunião.

Um elemento importante desse modelo é a noção de que os estresses que restringem o desenvolvimento comunitário são bidirecionais: isto é, que são igualmente significativos o fato de haver “demais” de um recurso crucial (em particular, água) quanto o fato de haver “de menos”. Assim, as florestas tropicais, a despeito de suas temperaturas elevadas e altos níveis de umidade, são ambientes tão altamente estressados quanto o são os desertos, já que há tantas formas pelas quais o excesso de água contribui para uma redução no potencial evolutivo de longo prazo quanto há formas pelas quais sua ausência faz isso. É claro que, num caso, fica-se com uma estrutura comunitária repleta de espécies altamente especializadas em interações com outros organismos, enquanto que, no outro, a especialização se dá mais em reação ao meio ambiente físico – mas cada uma delas ainda é uma especialização, e é provável que resulte ou numa rápida extinção ou numa irradiação rica em espécies de formas estreitamente semelhantes das quais não podem surgir novas linhas generalistas. Em contraposição a isso, ambientes ricos em produtividade, como, p. ex., gramados em latitude mediana, que, em termos de umidade, são de estresse baixo, forçam relativamente menos adaptações limitadoras do futuro: isto é, a seleção que ocorre se concentra menos em preocupações referentes a “tempo e lugar específico”. Teoricamente, isso faz com que também seja mais fácil para elas acomodar-se em populações que estejam se dispersando.

A partir de tudo isso, conjecturei que a evolução avança como função da tendência de (todas as) populações a se dispersar em direções de estresse mais baixo (em termos de umidade) – mais uma vez, primordialmente porque é mais fácil para populações que estão se dispersando selecionar características adaptativas funcionais nessas áreas. Visto que o meio ambiente está, assim, efetivamente “orientando” as populações de uma maneira “espacialmente” não randômica, a evolução está acontecendo *ipso facto* porque as adaptações que aí surgem têm maior probabilidade de contribuir para mudanças sustentadas. Para meu projeto de tese de doutorado<sup>24</sup>, fiz uma análise das distribuições de conjuntos de vertebrados na região central dos EUA e efetivamente encontrei indícios ou provas de que uma das deduções importantes derivadas de tal compreensão de “estresse” – de que as fronteiras dos conjuntos (em expansão) deveriam tender a ser paralelas a isolinhas de estresse mapeadas – era patentemente verdadeira. Num recente estudo informal (também disponibilizado *on-line*<sup>25</sup>), usando os mesmos dados, descobri que havia uma alta correlação ( $r = -.89$ ) entre o nível de estresse em termos de umidade e o número de subespécies reconhecidas encontradas em todo o conjunto de mamíferos encontrados numa amostra de locais; isto sugere que o potencial de divergência/biodiversidade final está relacionado com o modelo de estresse que se tem. Num artigo recentemente publicado em *Progress in Physical Geography*, um autor descreve esse trabalho como “talvez a mais robusta teoria da evolução na escala ecossistêmica e biosférica, compreendendo argumentos termodinâmicos e energéticos, e levando especificamente à maximização das taxas tanto do fluxo de energia quanto do ciclo biogeoquímico”.<sup>26</sup> Entretanto, que eu saiba, ninguém tentou desenvolvê-lo mais ainda.

---

24 Ibid.

25 <http://people.wku.edu/charles.smith/once/dissadds.htm>.

26 PHILLIPS, J. D. Goal Functions in Ecosystem and Biosphere Evolution. *Progress in Physical Geography*, v. 32, n. 1, p. 51-64 [p. 56], 2008.

## O aspecto último em causas finais: restrições da expressão estrutural no espaço estendido

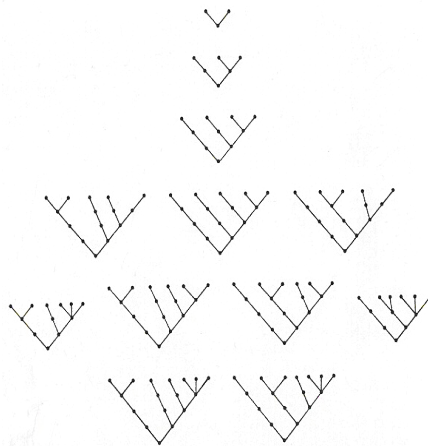
Uma terceira forma de examinar o possível papel de causas finais na evolução se afasta inteiramente do âmbito da biologia. Numa carta ao editor referente à discussão contínua sobre a “quarta dimensão”, Wallace disse certa vez: “Sustento não apenas que a existência da suposta quarta dimensão do espaço não pode ser provada, mas que ela não pode existir. A falácia toda está baseada na suposição de que nós conheçamos o espaço de uma, duas e três dimensões. Isto é o que nego [...]”.<sup>27</sup> O que Wallace quer destacar deve ser depreendido das entrelinhas: ele nega que o “espaço” deva ser considerado um conceito limitado pela geometria. Eu concordo com ele. Por mais de vinte anos venho examinando, ainda que lentamente, a ideia de que o espaço evolui em virtude de seus elementos componentes, e, em particular, que seus componentes não podem se expressar *como* espaço, existindo, portanto, como entidades materiais, a menos que exibam um plano específico de subsistemização. Isso quer dizer que pode haver “regras” de intercâmbio de energia/informação entre os subsistemas que são comuns a todos os sistemas naturais – individualmente (e provavelmente como um todo) – e o espaço tridimensional representa a projeção de tais intercâmbios equilibrados.

Esta noção parece ser algo proveniente dos escritos de Benedict de Spinoza, e de fato é exatamente daí que veio a ideia. Em sua *Ética*, Spinoza deduziu sua versão do sistema natural, oferecendo provas para suas conclusões que, aparentemente, ninguém entende plenamente. Na realidade de Spinoza, existe uma existência subjacente, transcendente, que ele chama de “Substância” e não é perceptualmente acessível a meros mortais, expressando-se apenas de modo indireto, através de dois (super)atributos que ele denomina de “Pensamento” e “Extensão Espacial”. Estes, entretanto, não são “atributos”

<sup>27</sup> WALLACE, A. R. The Fourth Dimension. *Light*, London, 14, p. 467, 29 set. 1894.

do tipo que concebemos normalmente, mas o que se poderia descrever como “regras de ordem” que, em última análise, são responsáveis por organizar a Substância em realidade tangível. Teoricamente, é a operação dessas “regras de ordem” que produz entidades individuais, mensuráveis – que Spinoza chama de “modificações”.

Em dois textos de 1986<sup>28</sup>, sugeri que o modelo de Spinoza poderia, efetivamente, ser explorado se suas “regras de ordem” representassem regras de subsistemização igualmente aplicáveis a todos os sistemas naturais existentes. Nesses textos, elaborei uma forma de subsistemização do tipo “universo preguiçoso” através de uma matemática combinatória simples; o resultado disso foi uma série de três estruturas, reproduzidas na Figura 2.



**Figura 2:** A figura mostra uma hierarquia em desenvolvimento dentro da qual todas as séries de inclusão obedecem a critérios de estados mais prováveis. Por exemplo, dentro das árvores que contêm  $n =$  sete elementos de classe iniciais, esses sete mais provavelmente se agrupam em elementos de quatro classes no padrão 2-1-1-3; de modo semelhante, cinco elementos iniciais mais provavelmente se agrupam em duas classes no padrão 2-3, e quatro elementos iniciais mais provavelmente se agrupam em duas classes no padrão 3-1. Esses tipos de relações não podem ser estendidos além da condição de  $n = 7$ .

28 SMITH, C. H. A General Approach to the Study of Spatial Systems (parts one and two). *International Journal of General Systems*, v. 12, n. 4, p. 359-400, 1986.

Embora essa formulação pudesse ter relevância para o estudo de como os sistemas surgem em sentido histórico (por exemplo, para o desenvolvimento embriológico humano ou para a inter-relação de placas tectônicas ao longo do tempo), ela não parece ter uma conexão implícita com quaisquer possíveis restrições em relação à extensão espacial efetiva dos sistemas. Ou seja, que espécie de “regras de organização” poderia estar subjacente à expressão como uma estrutura “espacialmente estendida” do mundo físico? Alguns anos depois dos textos de 1986, uma hipótese se apresentou: que fluxos de energia/informação entre alguns poucos subsistemas (que, na soma, constituem o sistema todo) poderiam se auto-organizar como um processo de maximização de entropia. A chave, neste caso, era imaginar uma forma de maximização de entropia que pudesse se projetar como um espaço tridimensional.

Ocorre que esses pensamentos se prestam a algumas simulações bastante fáceis de executar que indicam se tal teoria poderia ser convincente. Especificamente, pode-se realizar uma série de operações de maximização de entropia com base em matrizes  $n$  por  $n$  preenchidas com números aleatórios e determinar se qualquer uma das soluções “se projetará” como um conjunto de relações interpretáveis como um espaço tridimensional. Constatou-se que só as matrizes de ordem  $n = 4$  farão isso. Cerca de 0,2% das dezenas de milhares de matrizes que examinei produz resultados desse tipo, mas isso é suficiente para sustentar um sistema em evolução com variações infinitas!

O mesmo método básico pode ser aplicado à análise de sistemas reais, embora o segredo seja encontrar alguma medida de função sistêmica que, tirada como amostra no espaço, seja igualmente aplicável na totalidade do sistema. Ao longo dos anos, realizei uma série de análises-piloto em sistemas do mundo real que parecem preencher esses requisitos; todos esses estudos enfocaram as propriedades de autocorrelação espacial com algum caráter diagnóstico na medida de sua variação



em magnitude no espaço.<sup>29</sup> Os estudos envolveram: 1) bacias de rios (neste caso, a variável medida foi a elevação acima do nível do mar, uma medida de energia gravitacional em potencial em cada ponto da bacia); 2) o zoneamento interior da Terra (neste caso, as localizações espaciais relativas do núcleo, do núcleo exterior, da manta e da crosta constituem a base da análise); 3) um sistema urbano regional (as densidades variáveis da população humana em toda a região, com base em amostras pontuais); 4) padrões de cores em asas de borboletas; 5) preenchimento de camadas de valência dentro de algumas moléculas simples; e 6) o perfil topográfico da superfície da terra. Todos oferecem ao menos algum apoio para a teoria, sendo que os dois primeiros mencionados produzem resultados particularmente intrigantes.<sup>30</sup>

Embora se deva admitir que este trabalho é derivado de um ponto de partida incomum, as recompensas seriam consideráveis caso se pudesse provar que ele tem efetivamente méritos no sentido pretendido. Antes de mais nada, ele daria um veredicto final a respeito da antiga pergunta da razão pela qual existimos num mundo tridimensional – a última palavra em causas finais! Mais do que isto, entretanto, poderia proporcionar um ponto de partida para estudos teóricos e aplicados que melhorem abordagens já existentes reconhecendo certas restrições muito fortes em relação à gama de resultados possíveis em qualquer ponto dado da trajetória individual da existência de um sistema. Seria possível, por exemplo, criar modelos muito detalhados da geometria da superfície da terra ao longo do tempo geológico mediante a combinação dos resultados dos estudos 2) e 6) mencionados acima (e estudos recentes

---

29 Para preencher as matrizes 4 por 4 para a análise de maximização entrópica, a amostra da variável do sujeito é primeiramente tirada espacialmente (grade) e, depois, analisada como conjunto em classes com base na magnitude variável (em alguns casos, a estrutura de classe já é evidente). A seguir, os coeficientes de autocorrelação espacial são calculados para expor a proximidade relativa média no espaço de cada classe com cada outra classe. Seria melhor ter medidas dos próprios fluxos (em contraposição aos padrões espaciais dos *resultados* dos fluxos), mas até agora não tive condições de encontrar dados apropriados.

30 Veja <http://people.wku.edu/charles.smith/once/writings.htm#2> .

sugerem que um terceiro aspecto do problema, as contiguidades espaciais relativas dos quatro constituintes primordiais da zona superficial – atmosfera, oceano e crostas oceânica e continental –, também se encaixa no modelo). O mais intrigante de todos, penso eu, é o potencial para aplicação no âmbito das imagens para fins médicos. Uma amostragem de malha fina de características como, por exemplo, a temperatura do cérebro (ou, possivelmente, sua atividade elétrica), seguida por análises de segunda ordem do tipo a que aludi acima, poderia identificar diferenças sistêmicas entre indivíduos sadios e enfermos – e até entre indivíduos que são sadios e aqueles que estão nos estágios muito iniciais de alguma espécie de deterioração.<sup>31</sup> Em suma, um auxílio muito eficaz para a medicina preventiva poderia se tornar disponível.

## Conclusão

Este texto examinou a questão das causas finais na natureza. No século XIX, uma das poucas pessoas que estavam fazendo o tipo de trabalho que se prestava a estudos científicos que invocasse a causação final era Alfred Russel Wallace. Wallace acreditava que havia forças cada vez mais recônditas implicadas na operação da natureza, e estava disposto a seguir na direção para a qual os indícios ou as provas levavam. Esse estilo de pensamento não está mais em voga, e passamos a ficar satisfeitos – talvez satisfeitos demais – com explicações da natureza que lidam com causas e efeitos de escala limitada. De modo geral, abandonamos a ideia de que sistemas complexos talvez estejam baseados em propriedades mais complicadas do que as que podem ser identificadas em termos reducionistas. Dei exemplos de algumas espécies de causalidade que acho que poderiam estar atuantes; é cedo demais para dizer se, em

<sup>31</sup> A metodologia produz estatísticas descritivas resumidas que podem ser usadas para identificar mudanças na eficiência da estrutura interna de uma dada subsistemização.

última análise, qualquer dessas ideias será corroborada, mas elas visam a fazer parar para pensar. Certamente, outros cenários semelhantes podem ser imaginados.