



O darwinismo e seu outro, a teoria transformacional da evolução

Gustavo CAPONI



RESUMO

O *programa darwiniano* sempre teve que enfrentar o desafio de uma plêiade de teorias alternativas que, por compartilhar um conjunto de pressupostos fundamentais, podem ser consideradas como formulações distintas de *um único programa de pesquisa* dirigido para o objetivo de articular aquilo que, seguindo a Richard Lewontin e a Elliot Sober, podemos caracterizar como uma explicação *transformacional* da evolução, alternativa à explicação de tipo *variacional* ou *selecional* proposta por Darwin. Antes de 1859, a teoria transformacional já tinha sido entrevista, de diferentes ângulos, por Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire e Chambers. Paradoxalmente, é somente depois da publicação de *A origem das espécies* que ela parece adquirir maior plausibilidade. O próprio Owen se atreve inclusive a sugeri-la; e, a partir daí, desde Spencer e Hæckel, passando pelos defensores da *ortogênese*, pelos neo-lamarckianos americanos, e chegando até Brian Goodwin, essa obstinada *hidra epistemológica* nunca cessou de se insinuar como sendo ou uma genuína alternativa ou um necessário complemento da teoria da seleção natural.

PALAVRAS-CHAVE • Darwinismo. Teorias seletivas. Teorias transformacionais. Teorias alternativas da evolução. Tipologia.

A articulação da explicação darwiniana dos processos evolutivos exigiu a emergência desses novos objetos de experiência que são as populações e o reconhecimento dessa nova categoria causal que é a das *causas remotas* (cf. Mayr, 1998, p. 133-4; Caponi, 2001, p. 24-5). As populações substituíram os organismos enquanto objetos privilegiados das ciências da vida (cf. Jacob, 1973, p. 186-7; Guillo, 2003, p. 225; Caponi, 2003); e as causas remotas deslocaram as *causas imediatas* enquanto chaves últimas dos fenômenos estudados por essas ciências (cf. Caponi, 2002a, p. 84). Assim, sem cancelar a construção de uma *física dos organismos* (cf. Caponi, 2002a, p.70), o darwinismo subordinou esse projeto a uma *hermenêutica do vivente* (cf. Caponi, 2000, p. 84 ss.), na qual os fenômenos biológicos passaram a ser pensados como processos históricos contingentes protagonizados por *sujeitos centrais* (cf. Hull, 1984) que são as populações (cf. Caponi, 2002b).

Mas como era de esperar, este violento re-ordenamento epistemológico, ao qual se resistiu tenaz e longamente, nem mesmo hoje é plenamente aceito e compreendido.

O *programa darwiniano* sempre teve que enfrentar, e vencer, o desafio de uma plêiade de teorias alternativas que, por compartilharem um conjunto de pressupostos fundamentais, podem ser consideradas como modificações de um único *programa de pesquisa* que se organiza em torno do objetivo de articular aquilo que, seguindo a Richard Lewontin e a Elliot Sober, podemos caracterizar como uma explicação *transformacional* da evolução alternativa à explicação de tipo *variacional* ou *selecional* proposta por Darwin e Wallace.

Antes de 1859, essa *teoria transformacional* já tinha sido entrevista desde diferentes ângulos por Lamarck, por Etienne Geoffroy Saint-Hilaire e por Chambers. Mas, paradoxalmente, é depois da publicação de *A origem das espécies* que ela parece adquirir maior plausibilidade. O próprio Owen, de algum modo, atreve-se finalmente a sugerir-la (cf. Camardi, 2001) e, a partir daí, desde Spencer e Hæckel (cf. Guillo, 2003), passando por D'Arcy Thompson (cf. Medawar, 1967a), pelos defensores da *ortogênese* (cf. Bowler, 1985), pelos neo-lamarckianos americanos (cf. Gould, 1981), e chegando até Brian Goodwin (cf. Depew & Weber, 1995), essa obstinada *hidra epistemológica* nunca cessou de insinuar-se como constituindo uma genuína alternativa ou um necessário complemento da teoria da seleção natural.

Mas, devido às múltiplas e difusas formas que ela adotou, a unidade subjacente dessa tradição *não-darwiniana* ou passou despercebida, ou foi erroneamente identificada, por autores como Ospovat (cf. 1981, p. 146), Amundson (cf. 1998, p. 154; 2001, p. 306; 2002, p. 683) e Gould (cf. 2002, p. 251), com a perspectiva formal ou *estruturalista* que, sem dúvida, caracteriza algumas de suas manifestações, mas que não constitui, acreditamos, sua mais profunda e permanente motivação. Algumas dessas teorias ressaltam, é verdade, a existência de restrições ou constantes morfológicas que pautariam ou limitariam a evolução das formas vivas, mas, como veremos a seguir, essa insistência nas pautas morfológicas de organização é só o corolário da adoção de uma perspectiva mais geral cuja verdadeira chave reside no fato de se considerar o organismo como o *locus* privilegiado do fenômeno biológico; e é nesse ponto onde reside o que caracterizaremos como o caráter *transformacional* dessas teorias *não-darwinianas* da evolução.

As *teorias transformacionais*, conforme afirmam Lewontin (cf. 1985, p. 86) e Sober (cf. 1993, p. 149), procuram explicar a evolução de um sistema em virtude de mudanças simultâneas e conjugadas que ocorrem em todos e em cada um dos componentes do sistema. As *teorias selecionais*, entretanto, explicam as mudanças de um sistema em virtude de mudanças nas proporções de seus componentes. Estes, pensa-se, diferem entre si em certas características; e o conjunto como um todo se modifica devido a uma alteração na representação proporcional das diferentes variantes, cujas propriedades específicas permanecem inalteradas (Lewontin, 2000, p.9).

Em resumo, numa perspectiva seletional, um conjunto de objetos muda, não porque os seus membros mudem individualmente, mas sim porque sua composição não é homogênea e a proporção dos diferentes tipos ou variantes de elementos que o compõem está sujeita a alterações (cf. Sober, 1993, p. 155). Pode-se dizer, por isso, que

a característica distintiva de uma explicação variacional é um tipo de anti-reducionismo: a mudança num conjunto de objetos contrariamente a ser considerada em termos de mudanças nesses objetos, é pensada em termos de mudanças na frequência desses objetos no interior do próprio conjunto (Sober, 1993, p. 155).

Diferentemente de uma *explicação transformacional*, uma *explicação seletional* se formula em um plano irredutivelmente coletivo; e isto também pode ver-se claramente quando comparamos a *teoria transformacional* de Lamarck com a *teoria seletional* de Darwin.

Na teoria de Lamarck, “as espécies mudavam no tempo porque cada organismo individual dentro da espécie sofria as mesmas mudanças”. Nela, os organismos individuais são “os sujeitos das mudanças evolutivas”: as transformações que neles ocorrem “produzem a evolução” (Lewontin, 1985, p. 85). Assim, o incremento da resistência aos pesticidas, que pode ser detectado em uma população de insetos, seria considerado como a resultante de uma série concatenada de mudanças acontecidas nos insetos individuais. Cada indivíduo desenvolve resistência a concentrações cada vez mais altas de veneno durante sua vida, e essa adaptação fisiológica vai sendo transmitida à descendência. Assim, aquele que explique essas mudanças fisiológicas, poderia também explicar o fenômeno evolutivo simplesmente congregando as narrativas de processos individuais de desenvolvimento em uma explicação do fenômeno coletivo.

Em contrapartida, “a teoria darwiniana da evolução orgânica baseia-se em um modelo variacional de mudança” (Lewontin, 2000, p. 9), no qual o fenômeno evolutivo não pode, nem necessita, ser explicado por agregação de narrativas de processos individuais de transformação. Segundo essa teoria, uma população “modifica-se, não porque cada indivíduo passe por desenvolvimentos paralelos durante a vida, e sim porque existe variação entre os indivíduos e algumas variantes produzem mais descendentes do que outras” (Lewontin, 2000, p. 9); e, por isso, pode afirmar-se que, segundo tal ponto de vista, o organismo, como diz Lewontin (1985, p. 85), aparece “como objeto, e não como sujeito, das forças evolutivas”. Assim,

se os insetos estão ficando mais resistentes aos inseticidas não é porque cada indivíduo adquira níveis cada vez mais altos de resistência durante sua vida, mas sim porque as variantes resistentes sobrevivem e se reproduzem, enquanto os organismos suscetíveis morrem (Lewontin, 2000, p. 9).

Como vemos, “diferentemente da história desenvolvimentista, o enfoque seletional não explica o fato no âmbito populacional por agregação de explicações individuais” (Sober, 1993, p. 155). “Ao invés de reunir narrativas dos desenvolvimentos individuais em uma única explicação de um fato populacional, Darwin colocou a questão em um âmbito irredutivelmente populacional” (Sober, 1993, p. 150); e, nesse sentido, a *teoria seletional* pode ser considerada como uma teoria não-reducionista. Mas este não-reducionismo tem a ver fundamentalmente com a peculiaridade do seu *objetivo explanatório* (cf. Thagard, 1999).

Na teoria lamarckiana, tal como em qualquer outra *teoria transformacional* da evolução que se possa oferecer, o que em definitivo se explica é como os organismos de um determinado tipo chegaram a ter a forma que de fato eles têm. Na teoria darwiniana, ao contrário, o que se procura explicar é a composição da população. Ou, dito de outro modo, aquela explica perfis orgânicos, esta explica perfis populacionais. A dimensão ou a perspectiva populacional não é, nesse sentido, um mero recurso metodológico da biologia evolutiva, não é uma estratégia à qual se apela perante a inviabilidade de outras alternativas. A perspectiva populacional é a própria condição de possibilidade dessa ciência e constitui sua característica definidora.

Diferentemente da teoria de Lamarck, e de todo discurso biológico precedente, a teoria darwiniana fala primariamente de fatos demográficos e biogeográficos e não de fenômenos orgânicos; e o faz com predicados populacionais e não com predicados fisiológicos. Com Darwin, como dissemos ao início, as populações emergem e constituem-se em objetos de experiência especificamente biológicos, deslocando o organismo e a perspectiva fisiológica do centro da cena. A razão de ser do fenômeno biológico devia ser procurada, não mais no funcionamento e na constituição do organismo individual, mas na história e na dinâmica das populações; e foi a rejeição dessa subordinação à fisiologia que motivou todas as tentativas de articular uma teoria alternativa da evolução.

Apesar de Mayr (cf. 1976; 1979; Sober, 1994), o verdadeiro eixo de ruptura entre o darwinismo e a biologia precedente não passa pela oposição entre uma perspectiva populacional ou *variacional* e uma perspectiva *tipológica* ou *essencialista*; mas pela oposição entre essa perspectiva populacional e a perspectiva fisiológica que, desde Aristóteles até Cuvier, passando por Lamarck e Geoffroy Saint-Hilaire, regeu as ciências da vida. Segundo esse modo de ver as coisas, a cena privilegiada do fenômeno biológico não podia ser outra do que o próprio organismo; sendo, portanto, no organismo individual, onde, em última instância, deviam mostrar-se e registrar-se todos os fenômenos biológicos relevantes. E era isso precisamente o que a perspectiva populacional darwiniana deixava de fazer. Desde que foi proposta e respondendo a seus próprios objetivos cognitivos, a explicação seletional darwiniana entendia a evolução como um fenômeno que só podia registrar-se e analisar-se no nível populacional.

A fisiologia, até esse momento a disciplina diretora de todo o campo das ciências da vida (cf. Guillo, 2003, p. 227 ss.), parecia cega àquilo que agora se pretendia erigir como chave de todos os fenômenos biológicos: a evolução; o que não era algo facilmente aceitável. Era necessário dar uma resposta em defesa da autoridade da fisiologia. Parecia necessário articular ou uma teoria da evolução definitivamente alternativa ao darwinismo, ou uma complementação do mesmo que restituísse as prerrogativas à perspectiva fisiológica. Foi isso o que, em geral, procuraram sem sucesso as teorias transformacionais da evolução. Elas não punham em dúvida a existência da seleção natural mas tendiam a minimizar seu papel e sua capacidade para produzir e *guiar* as grandes mudanças evolutivas. Outras forças deveriam ser apontadas e elas deveriam ser visíveis para o fisiólogo.

Assim, seguindo o caminho anteriormente notado por Lamarck (1986[1802]; 1994[1809]) e sugerido também por Geoffroy Saint-Hilaire (1998a[1822]; 1998b[1830]), as teorias transformacionais tentaram explicar a evolução em virtude de forças e de fatores atuantes e observáveis no próprio vivente individual (cf. Balan, 1979, p. 408-11; Tassy, 1998, p. 61-3; Padian, 2004, p.59-60). Seria o organismo individual que se modificaria de início e paulatinamente; de modo que a soma e a concatenação desses fenômenos fisiologicamente verificáveis explicaria a evolução geral das formas orgânicas. Se o fato da evolução devia ser aceito, e Darwin parecia não deixar outra alternativa, então ele devia ser *visível* e explicável em termos fisiológicos. Ele devia ser compreensível e analisável como resultante de causas imediatas atuantes em e sobre os organismos individuais. A própria defesa do *transformismo* parecia exigí-lo e assim o entenderam, inclusive, autores como Hæckel (1947[1879]) e Spencer (1891; 1898).

Além disso, preservando a primazia da perspectiva fisiológica e atribuindo a evolução a causas imediatas atuantes em e sobre os organismos individuais, as explicações transformacionais aludiam a fatores que, *prima facie*, eram mais facilmente assimiláveis ao padrão newtoniano de *vera causa* do que a fugidia seleção natural. A primazia da fisiologia propugnada pelas teorias transformacionais também parecia ancorada em razões de ordem metodológica: as causas próximas fisiológicas eram causas que, ao operar no plano do vivente individual, se não podiam ser experimentalmente manipuladas, pelo menos sua ação podia ser verificada por procedimentos de observação consagrados, tais como as viviseções do fisiólogo ou as dissecações do anatomista. Coisa que estava muito longe de ocorrer com as forças aceitas pelo darwinismo.

As evidências empíricas, sobre as quais Darwin se apoiava para reforçar sua hipótese sobre o mecanismo da evolução, eram primeiramente os registros dos criadores de variedades domésticas de vegetais e animais e, secundariamente, certas observações biogeográficas que pareciam reforçar a idéia de luta pela existência; entretanto, essas evidências pareciam fracas e indiretas, se comparadas com as que utilizava o

fisiólogo. Não porque efetivamente o fossem, mas porque eram essas evidências empíricas, sobretudo as da fisiologia e da embriologia experimentais, aquelas que tinham terminado por conquistar o maior reconhecimento no domínio das ciências da vida.

A prova definitiva da existência de uma força ou de um mecanismo tinha que ser experimental, de modo que um experimento biológico não podia ser outra coisa do que um experimento fisiológico. Teremos que esperar a década de 1940 para que o uso das *caixas de população*, orientado pelos modelos matemáticos da genética de populações (cf. Gayon, 1992, p. 370 ss.), permitisse desenhar experimentos biológicos não-fisiológicos capazes de mostrar a eficácia e o possível alcance da seleção natural como agente da mudança evolutiva (Caponi, 2003). Só então, quando as populações se transformaram em objeto de experimentação, é que os direitos e os poderes da seleção natural foram definitivamente reconhecidos.

Por outro lado, as teorias transformacionais tinham a *virtude* de apresentar a evolução como um processo não-contingente que seguia direções previsíveis. Direções passíveis, inclusive, de serem consideradas como progressivas (cf. Medawar, 1967b); e isso, além de representar um valor ideológico, constituía também um valor epistemológico. Conformer-se com a imagem da evolução proposta pelo darwinismo, como sendo um conjunto de processos contingentes, podia ser considerado uma claudicação (cf. Bowler, 1989, p. 216-7; Gould, 1990, p. 336-9; Martínez, 1997, p. 139-41). Superá-la, tornando previsíveis as seqüências evolutivas concretas ou a evolução como um todo, não podia ser senão uma conquista (cf. Ghiselin, 1998, p. 184); o que seria algo que as teorias transformacionais pareciam oferecer (cf. Bowler, 1996, p. 16). A questão, entretanto, é entender como e por que podiam oferecê-lo.

Acreditamos, nesse sentido, que essa relação deriva do simples fato de pensar os fenômenos evolutivos dessa perspectiva fisiológica que, conforme dissemos, é inerente às teorias transformacionais. Se o que hoje chamamos *evolução* obedece a forças atuantes em e sobre o organismo individual, nada pode ser mais adequado do que considerar que essas forças transformadoras guardam uma estreita relação com as forças implicadas no desenvolvimento (ontogênese) desse mesmo organismo. É por isso que, numa perspectiva transformacional, as chaves da filogênese devem ser procuradas na embriologia e, assim, nosso modo de entender a evolução dependerá de nossa forma de entender a ontogênese. Se a embriologia for a de Meckel e Serres, nossa imagem da evolução aproximar-se-á da propugnada por Haeckel; e se a embriologia é a de von Baer, nossa imagem da evolução aproximar-se-á da propugnada por Spencer (cf. Canguilhem et al., 1962, p. 10-28; Gould, 1977, p. 33-114; Dupont & Schmitt, 2004, p. 35-70; Tassy, 1998, p. 54-63). Da perspectiva de uma teoria transformacional, a evolução segue e aprofunda os caminhos e as seqüências do desenvolvimento ontogenético

e, por isso, é previsível que este último, de algum modo, nos informe sobre os caminhos e as seqüências dessa evolução.

Mas um organismo, diferentemente de uma população, é um sistema cujas partes guardam certa coesão e cujo desenvolvimento e história necessariamente segue certos canais ou caminhos preestabelecidos: o desenvolvimento é *organização temporalizada* (cf. Guillo, 2003, p. 22 e ss.). Nem tudo pode ocorrer a um organismo e as mudanças ou transformações possíveis devem sobrevir em seu devido momento e por etapas predeterminadas. Por isso, se as mudanças evolutivas ocorrerem primeiro nos próprios organismos individuais, essa coesão interna, essas etapas e essa canalização dos processos de desenvolvimento acabarão limitando e, de certo modo, guiando o próprio caminho da evolução. Se o desenvolvimento orgânico só pode ocorrer dentro de um *morfoespaço* relativamente limitado, essa limitação acabará afetando a própria evolução (cf. Goodwin, 1998, p. 140-3; Webster & Goodwin, 1996, p. 247-8). Assim, estudando ou analisando as limitações, as direções e as etapas do desenvolvimento de um organismo individual, conheceremos também as limitações, as direções e as etapas às quais a evolução da espécie deverá ajustar-se (cf. Goodwin, 1998, p. 189).

É digno de ser ressaltado, por outra parte, que uma *teoria transformacional da evolução* precisa postular a existência de restrições, muito definidas e estritas, ao desenvolvimento do organismo individual. Para que a multiplicidade de condições ambientais, semelhantes mas jamais idênticas, às quais estão submetidos os diferentes organismos de uma população, possa fazer que toda a população sofra mudanças homogêneas, orientadas numa mesma direção e segundo uma ordem ou seqüência comum, é preciso pressupor que essas restrições sejam muito fortes e capazes de impor-se às contingências ambientais. Para que a explicação transformacional seja possível, essas contingências só podem servir como estímulos capazes de desencadear ou retardar processos de mudança que, de alguma maneira, estejam previstos e preordenados na própria estrutura de todos os organismos em questão (cf. Sober, 1993, p. 153). A ontogênese, dito de outro modo, deve ser um processo estável, *robusto*.

Em síntese, se nem tudo pode ocorrer no desenvolvimento de um organismo individual, nem tudo pode ocorrer na história evolutiva da espécie, de modo que estudar os limites e os caminhos possíveis desse desenvolvimento é, em última instância, o mesmo que estudar os limites e os caminhos possíveis da evolução. O desenvolvimento de um organismo está limitado e orientado por certas pautas morfológicas e essas pautas limitam e orientam o próprio caminho da evolução. A postulação de restrições ou de coerções, que limitariam e pautariam os possíveis caminhos da evolução, surge, como dissemos no começo, da própria adoção de uma perspectiva transformacional.

E a constatação dessa relação entre ambas as idéias mostra como a contraposição entre teorias transformacionais e teorias seletivas constitui uma chave para entender a história da biologia muito mais geral e esclarecedora do que a já mencionada distinção, proposta por Ospovat, Gould e Amundson, entre teorias *formalistas* ou *tipológicas* e teorias *adaptacionistas* ou *funcionalistas*. O que tais autores caracterizam como uma perspectiva *tipológica* mais atenta às restrições morfológicas do que às exigências ecológicas (Sterelny & Griffiths, 1999, p. 230) é, insistimos, uma consequência de pensar a evolução a partir de uma perspectiva transformacional. ♻

Gustavo CAPONI

Professor Adjunto do Departamento de Filosofia da
Universidade Federal de Santa Catarina,
pesquisador do CNPq.
caponi@cfh.ufsc.br

ABSTRACT

The *darwinian program* has always had to face the challenge of a constellation of alternative theories that, for having a common set of fundamental presuppositions, they can be considered, all of them, as modifications of *only one research program* directed to the objective of articulating what, following Richard Lewontin and Eliot Sober, we can characterize as a *transformational* explanation of evolution alternative to the *variational* or *selective* explanation proposed by Darwin. Before 1859, that transformational theory had been suggested, from a different point of view, by Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire and Chambers; but, paradoxically, it is only after the publication of *On the origin of the species* that this theory won greater plausibility. Owen himself suggested it; and from Spencer and Haeckel, passing through the defenders of the *orthogenesis*, the American neolamarckists, and arriving to Brian Goodwin, that obstinate *epistemological hydra* never stopped to be presented as a genuine alternative or as a necessary complement of natural selection theory.

KEYWORDS • Darwinism. Selective theories. Transformational theories. Alternative theories of evolution. Typology.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMUNDSON, R. Typology reconsidered: two doctrines on the history of evolutionary biology. *Biology and Philosophy*, 13, p. 153-77, 1998.
- _____. Adaptation and development. In: ORZACK, S. & SOBER, E. (Ed.). *Adaptationism and optimality*. Cambridge, Cambridge University Press, 2001. p. 303-34.
- _____. Phylogenetic reconstruction then and now. *Biology & Philosophy*, 17, p. 679-94, 2002.
- BALAN, B. *L'ordre et le temps*. Paris, Vrin, 1979.

- BOWLER, P. *El eclipse del darwinismo: teorías evolucionistas antidarwinistas en las décadas en torno a 1900*. Barcelona, Labor, 1985.
- _____. *Evolution: the history of an idea*. Berkeley, University of California Press, 1989.
- _____. *Life's splendid drama: evolutionary biology and the reconstruction of life's ancestry, 1860-1940*. Chicago, University of Chicago Press, 1996.
- CAMARDI, G. Richard Owen, morphology and evolution. *Journal of the History of Biology*, 34, p. 481-515, 2001.
- CANGUILHEM, G. et al. *Du développement à l'évolution au XIX^e siècle*. Paris, PUF, 1962.
- CAPONI, G. Cómo y por qué de lo viviente. *Ludus Vitalis*, 7, 14, p. 67-102, 2000.
- _____. Biología evolutiva vs biología funcional. *Episteme*, 12, p. 23-46, 2001.
- _____. Explicación seleccional y explicación funcional: la teleología en la biología contemporánea. *Episteme*, 14, p. 57-88, 2002a.
- _____. La sabiduría de las especies: las poblaciones biológicas como sistemas cognitivos. *Ludus Vitalis*, 10, 18, p. 3-26, 2002b.
- _____. Experimentos en biología evolutiva: ¿Qué tienen ellos que los otros no tengan? *Episteme*, 16, p. 61-97, 2003.
- CERIC (Ed.). *Lamarck et son temps, Lamarck et notre temps*. Paris, Vrin, 1981.
- DEPEW, D. & WEBER, B. *Darwinism evolving*. Cambridge, MIT Press, 1995.
- DUPONT, J. & SCHMITT, S. *Du feuillet au gène: une histoire de l'embryologie moderne*. Paris, Rue d'Ulm, 2004.
- EVOLUCIÓN. Barcelona, Los Libros de Investigación y Ciencia, 1979.
- GAYON, J. *Darwin et l'après-Darwin*. Paris, Kimé, 1992.
- GHISELIN, M. The failure of morphology to assimilate darwinism. In: MAYR, E. & PROVINE, W. (Ed.). *The evolutionary synthesis*. Cambridge, Harvard University Press, 1998. p. 180-92.
- GOODWIN, B. *Las manchas del leopardo*. Tusquets, Barcelona, 1998.
- GOULD, S. *Ontogeny and phylogeny*. Cambridge, Harvard University Press, 1977.
- _____. The rise of neo-lamarckism in America. In: CERIC (Ed.). *Lamarck et son temps, Lamarck et notre temps*. Paris, Vrin, 1981. p. 81-92.
- _____. *Vida maravilhosa*. São Paulo, Companhia das Letras, 1990.
- _____. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, Harvard University Press, 2002.
- GUILLO, D. *Les figures de l'organisation*. Paris, PUF, 2003.
- GUYADER, H. le (Ed.). *Étienne Geoffroy Saint Hilaire, un naturaliste visionnaire*. Paris, Belin, 1998.
- HÄECKEL, E. *Historia de la creación de los seres organizados según las leyes naturales*. Buenos Aires, Ed. Americana, 1947 [1879].
- HOOKEYWAY, C. (Ed.). *Minds, machines and evolution*. Cambridge, Cambridge University Press, 1984.
- HULL, D. Historical entities and historical narratives. In: HOOKEYWAY, C. (Ed.). *Minds, machines and evolution*. Cambridge, Cambridge University Press, 1984. p. 17-42.
- JACOB, F. *La lógica de lo viviente*. Barcelona, Laia, 1973.
- LAMARCK, J. *Recherches sur l'organisation des corps vivants*. Paris, Fayard, 1986 [1802].
- _____. *Philosophie zoologique*. Paris, Flammarion, 1994 [1809].
- LEWONTIN, R. The organism as subject and object of evolution. In: _____ & LEVINS, R. *The dialectical biologist*. Cambridge, Harvard University Press, 1985. p. 85-106.
- _____. *The triple helix*. Cambridge, Harvard University Press, 2000.
- _____. & LEVINS, R. *The dialectical biologist*. Cambridge, Harvard University Press, 1985.
- MARTÍNEZ, S. *De los efectos a las causas*. México, Paidós, 1997.
- MAYR, E. *Evolution and the diversity of life*. Cambridge, Harvard University Press, 1976.
- _____. Typological versus population thinking. In: _____. *Evolution and the diversity of life*. Cambridge, Harvard University Press, 1976. p. 26-9.

- MAYR, E. La evolución. In: EVOLUCIÓN. Barcelona, Los Libros de Investigación y Ciência, 1979. p. 3-12.
- _____. *Así es la biología*. Madrid, Debate, 1998.
- _____. & PROVINE, W. (Ed.). *The evolutionary synthesis*. Cambridge, Harvard University Press, 1998.
- MEDAWAR, P. *El arte de lo soluble*. Caracas, Monte Ávila, 1967.
- _____. D'Arcy Thompson y crecimiento y forma. In: _____. *El arte de lo soluble*. Caracas, Monte Ávila, 1967a. p. 25-48.
- _____. Herbert Spencer y la ley de la evolución general. In: _____. *El arte de lo soluble*. Caracas, Monte Ávila, 1967b. p. 49-82.
- ORZACK, S. & SOBER, E. (Ed.). *Adaptationism and optimality*. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
- OSPOVAT, D. *The development of Darwin's theory*. Cambridge, Cambridge University Press, 1981.
- PADIAN, K. *De Darwin aux dinosaures: essai sur l'idée d'évolution*. Paris, Collège de France/O. Jacob, 2004.
- SAINT-HILAIRE, E. G. Discours préliminaire (texte complet) à la Philosophie anatomique des monstruosités humaines. In: GUYADER, H. le (Ed.). *Étienne Geoffroy Saint Hilaire, un naturaliste visionnaire*. Paris, Belin, 1998a [1822]. p. 53-63.
- _____. *Principes de philosophie zoologique* (texte complet). In: GUYADER, H. le (Ed.). *Étienne Geoffroy Saint Hilaire, un naturaliste visionnaire*. Paris, Belin, 1998b [1830]. p. 129-237.
- SOBER, E. *The nature of selection*. Chicago, Chicago University Press, 1993.
- _____. *From a biological point of view*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- _____. Evolution, population thinking, and essentialism. In: _____. *From a biological point of view*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994. p. 201-32.
- SPENCER, H. *The principles of biology*. New York, Appleton, 1891. v. 1.
- _____. *The principles of biology*. New York, Appleton, 1898. v. 2.
- STERELNY, K. & GRIFFITHS, E. *Sex & death*. Chicago, University of Chicago Press, 1999.
- TASSY, P. *L'arbre à remonter le temps*. Paris, Diderot, 1998.
- THAGARD, P. Explanation. In: WILSON, R. & KEIL, F. (Ed.). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. Cambridge, MIT Press, 1999. p. 300-1.
- WEBSTER, G. & GOODWIN, B. *Form and transformation*. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.
- WILSON, R. & KEIL, F. (Ed.). *The MIT encyclopedia of the cognitive sciences*. Cambridge, MIT Press, 1999.