

Autorização concedida ao autor pela editora para reprodução, em sua página web, dos artigos de sua autoria publicados nos Cadernos de História e Filosofia da Ciência.

Authorization granted to the author by the publisher for reproduction on your web page of articles by him published in the Cadernos de História e Filosofia da Ciência.

#### REFERÊNCIA

TOSCANO, Marcos; ABRANTES, Paulo. A evolução tecnológica seria lamarckista? **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, série 3, v. 21, n. 2, p. 429-470, jul.-dez. 2011.

Disponível em: <<http://www.cle.unicamp.br/cadernos/pdf/7%20-%20Marcos%20e%20Paulo%20100415.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2015.

CDD: 575.0162

## A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA SERIA LAMARCKISTA?

MARCOS TOSCANO

*Departamento de Filosofia  
Universidade de Brasília, UnB  
Brasília, DF, Brasil*

marcostoscano@gmail.com

PAULO ABRANTES

*Departamento de Filosofia  
Universidade de Brasília, UnB  
Brasília, DF, Brasil*

pccabr@gmail.com

**Resumo:** Este artigo discute a viabilidade de um modelo análogo para o estudo da dinâmica tecnológica, que usa a evolução biológica como fonte. Trata brevemente do papel dos modelos na investigação científica e apresenta diferentes tentativas de construção de um modelo para a evolução tecnológica. O cerne do trabalho é uma discussão acerca das desanalogias (dessemelhanças) que poderiam condenar ao fracasso a tentativa de estruturação do modelo, especialmente ao emprestar características lamarckistas à evolução tecnológica, o que o afastaria fortemente da evolução biológica.

**Palavras chave:** modelos analógicos, evolução tecnológica, evolução cultural, darwinismo, lamarckismo

**Abstract:** This paper discusses the viability of an analogical model for the study of technological dynamics, that uses biological evolution as a source. It begins with a short review of the roles played by models in scientific research and presents different attempts to come up with a model for technological evolution. The core of the work is an analysis of the disanalogies (dissimilarities) that could condemn the model, especially by ascribing Lamarckian characteristics to technological evolution, what would make this process too distinct from biological evolution.

**Key words:** Analogical models, technological evolution, cultural evolution, Darwinism, lamarckism

Como surgem e se estabelecem as novas tecnologias? Que fatores são responsáveis por seu sucesso? Porque alguns artefatos e técnicas prosperam e ganham maior complexidade, enquanto outros são descartados? Qual o papel dos inventores, dos governos, das empresas e de outros atores nas definições sobre a adoção de tecnologias?

Este artigo busca, justamente, contribuir para o esclarecimento de questões como essas. Ele faz parte de um estudo filosófico mais amplo sobre a consistência e fertilidade de um modelo darwinista aplicado à compreensão da dinâmica tecnológica, que, nas páginas que se seguem, chamaremos de *modelo de evolução tecnológica*.

A expressão *darwinista* não é um mero floreio retórico desta introdução. Ao contrário, ela traz uma pesada carga teórica e está no cerne do debate que iremos apresentar. Como o tópico será bem discutido mais a frente, cabe aqui apenas explicar que um modelo genuinamente *darwinista* aposta na ideia de que a geração de novas tecnologias ocorre por meio de um processo seletivo ou variacional, em outras palavras, não instruído pelo ambiente circundante. Em oposição, um modelo pode ser classificado como *lamarckista* ao defender que novas tecnologias surgem a partir de um processo instrucionista ou transformacional, em que informações ambientais indicam qual a melhor forma para alcançar o sucesso. Lamarckismo também poderia indicar que a dinâmica tecnológica se beneficia de herança dos caracteres adquiridos, mecanismo que Lamarck acreditava operar na evolução biológica, e mesmo de uma espécie de teleologia, um sentido pré-fixado para a dinâmica tecnológica. Esses conceitos serão melhor explorados na seção X.

É necessário, aqui, diferenciar os dois padrões de mudança. No padrão seletivo ou variacional, a evolução de uma população se dá com base na seleção de indivíduos que competem pelo sucesso; como a variação não é instruída pelo ambiente, nem todos os indivíduos exibirão

os mesmos caracteres e, portanto, alguns serão positivamente selecionados e outros serão descartados (LEWONTIN, 2002, p.15). Dessa forma, a mudança na população se dará com a alteração estatística da presença de determinados caracteres na população: “Since a Darwinian system is based on a sorting process, the change that happens on the basis of variation is a change in statistical distribution of variants” (KRONENFELDNER, 2007, p. 497).

No padrão instrucionista ou transformacional, por outro lado, cada indivíduo da população tende a apresentar caracteres idênticos, uma vez que o ambiente os instrui quanto à variação mais adaptativa. Assim, a população muda de maneira harmoniosa, sem competição nem seleção, havendo uma transformação total de toda ela: “On this basis, each individual of a population will automatically change in the direction of complexity and adaptation. A sorting process - be it natural selection or another kind of sorting process, like artificial selection or drift – is thus superfluous for the change of the system, even if individuals reproduce and die at different rates” (KRONENFELDNER, 2007, p. 497).

Os que defendem a idéia da evolução tecnológica pretendem revelar a inovação tecnológica como um processo de matriz selecionista ou variacional, isto é, baseado em variação, competição e seleção; querem justamente desbancar as visões tradicionais acerca da mudança tecnológica, que usualmente ressaltam o caminho harmonioso e pré-determinado do progresso tecnológico. A despeito disso, boa parte dos pesquisadores que acreditam em uma evolução tecnológica adota de maneira pouco refletida e, no mais das vezes, injustificada um pretenso lamarckismo; alguns afirmam que há um pouco de lamarckismo e de darwinismo no processo de inovação tecnológica; outros que a distinção não se aplica ao caso da tecnologia (ZIMAN, 2000, p.65; 105; 132; 173; 265 etc.).

A assunção de características instrucionistas, no entanto, pode ser fatal para a estruturação de um modelo de evolução tecnológica.

Neste trabalho concentramo-nos na investigação da extensão e natureza das desanalogias entre a dinâmica tecnológica e a evolução biológica, processo notadamente seletcionista. Abordamos, em resumo, as dessemelhanças que poderiam condenar ao fracasso a tentativa de estruturação do modelo ao afastá-lo fortemente das características da evolução biológica. O cerne da discussão será, portanto, a investigação de possíveis características instrucionistas na evolução tecnológica.

## 1. MODELOS

A pedra angular deste trabalho é a convicção de que se pode fazer grandes avanços na compreensão da dinâmica tecnológica por meio de um uso correto de certos conceitos emprestados da evolução biológica. Toda essa empreitada começa com uma metáfora e pretende terminar com um modelo, como defendia John Ziman (2000, p. 5). Metáforas em ciência podem ser definidas como uma extrapolação do uso literal de um termo qualquer, como em uma espécie de *catacrese heurística*, que alarga o campo de visão do pesquisador (ABRANTES, 2004a, p. 244). Metáforas são, contudo, um reconhecimento de similaridade muito prematuro entre dois sistemas ou fenômenos. Se essa relação de similaridade for forte o bastante para ser detalhada e utilizada com sucesso para a explicação das características de um sistema ou fenômeno menos conhecido, pode ser considerada uma analogia, assunto de que trataremos com mais precisão adiante. A conjunção de diversas analogias entre dois sistemas pode levar à estruturação de um modelo analógico, que é apenas um dos muitos tipos de modelos de que se serve a ciência.

O trabalho de Mary Hesse, que se situa no âmbito das críticas ao empirismo lógico, enfoca o papel dos modelos analógicos para o desenvolvimento de teorias. No entanto, Hesse reconhece que nem todos os modelos analógicos têm a mesma natureza e desempenham o

mesmo papel. Para tornar clara sua argumentação, a filósofa dividiu os modelos em *formais* e *materiais* (HESSE, 2001, p. 299).

Os modelos formais estariam relacionados apenas com a estrutura sintática daquilo que representam e se baseariam em analogias também denominadas formais – possuindo uma estrutura simétrica em relação às teorias. Os modelos materiais pressupõem, além disso, um compartilhamento de propriedades entre o sistema fonte e o sistema alvo, resultando em uma relação de assimetria entre os modelos e as teorias (HESSE, 2001, p. 299).

É importante ressaltar a definição de analogia adotada por Hesse. A filósofa toma a palavra ‘analogia’ para referir-se “a relações de similaridade ou diferença entre um modelo e o mundo, ou entre o modelo e alguma descrição teórica do mundo, ou ainda entre um modelo e outro” (HESSE, 2001, p. 299). Como se pode notar, portanto, as analogias podem revelar similaridades e diferenças entre dois sistemas (sistema fonte e sistema alvo), que podem ser fenômenos do mundo, teorias e modelos. Segundo Hesse, as analogias que compõem um modelo material podem ser de três tipos: positiva, negativa e neutra. As analogias positivas são as que enfeixam as características idênticas, ou expressivamente similares, entre modelo e entidade modelada; as analogias negativas enfeixam características diferentes ou expressivamente dissimilares; as analogias neutras, por fim, relacionam características que ainda não foram identificadas como similares ou dissimilares (HESSE, 2001, p. 299-300). Seria a partir de analogias neutras que um modelo apontaria caminhos para o desenvolvimento de uma teoria para a entidade ou sistema modelado.

O modelo de evolução tecnológica, tema deste artigo, é claramente um modelo analógico material, isto é, tem como base similaridades entre características de um sistema fonte e de um sistema alvo, similaridades essas que não se restringem ao campo formal. A fonte de nosso modelo é a evolução biológica e a dinâmica da inovação tecnológica, nosso alvo explicativo.

De acordo com Hesse, encontraremos sempre analogias positivas, negativas e neutras entre os dois sistemas (alvo e fonte). A expectativa do pesquisador que estrutura o modelo é de que as analogias neutras acabem sendo identificadas como positivas ao final do trabalho construtivo. Como a própria Hesse afirma, “a linha divisória entre os três tipos de analogia muda de acordo com o avanço da pesquisa – se o modelo for bom, a maior parte das analogias neutras vai se revelando como positiva, ao passo que, se o modelo for pobre, as analogias neutras vão se mostrando negativas” (HESSE, 2001, p. 300).

## 2. A IDÉIA DE UMA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

Para que se possa estudar a viabilidade de um modelo de evolução tecnológica é preciso, antes, deixar claro o que se está tomando por tecnologia. Abaixo listamos os mais comuns enfoques ontológicos sobre tecnologia, segundo Langdon Winner (1977, p. 22) e Carl Mitcham (1980, p. 305-316).

A maneira mais óbvia e intuitiva de se encarar a tecnologia é tomando-a por *artefatos*, objetos palpáveis como computadores, martelos, carros, impressoras, escadas etc. E é assim que boa parte dos pesquisadores da tecnologia define o objeto de seu estudo, como é o caso de Basalla (1988) e Petroski (2007). Trata-se de uma visão parcial do fenômeno, uma vez que os artefatos são apenas a parte mais facilmente apreensível do complexo existente de tecnologias, sendo inegável que muitas delas não têm uma interface corpórea. Mesmo encarando os artefatos como parte fundamental do universo de tecnologias, portanto, é preciso saber que os mesmos são apenas uma faceta do fenômeno. Além dos artefatos, as *técnicas* são encaradas como parte essencial do universo das tecnologias. Técnica é um conjunto de procedimentos logicamente seqüenciados para se atingir um determinado fim. Cirurgias plásticas, linhas de montagem, métodos pedagógicos, técnicas de *design*, engenharia genética, *webdesign* etc. - alguns dos mais importantes ramos

da moderna tecnologia -, entram nessa categoria, que compreende entidades de ordem imaterial.

Os artefatos e técnicas estão em constante modificação. Tomo como exemplo a trajetória dos telefones móveis: há uma diferença radical entre os primeiros protótipos de telefones via rádio da década de 50 e os aparelhos móveis lançados na atualidade. Mas não é necessário voltar tanto no tempo, já que telefones celulares da década passada não tinham grande parte das funções dos modelos atuais. A força da inovação tecnológica é, da mesma maneira, visível em quase todos os campos da atividade humana: as técnicas agrícolas, médicas e educacionais, os artefatos eletrônicos, a maquinaria industrial...

No ano de 2005, vale dizer, a *World Intellectual Property Organization* registrou algo em torno de 1.660.000 pedidos de patenteamento. O número é fabuloso e está em franco crescimento. Cada um desses pedidos representa um reconhecível acréscimo criativo em uma técnica ou artefato pré-existente. George Basalla (1988, p. 2), por sua vez, avalia que nos últimos 200 anos algo em torno de cinco milhões de patentes foram conferidas somente nos Estados Unidos. Note-se que essas estatísticas não representam, de forma alguma, a totalidade das inovações concebidas em um ano no mundo ou em dois séculos nos EUA, já que nem todas são patenteadas, seja por desídia do inventor, seja por inviabilidade econômica. O número real de inovações, especialmente se se considera as que não chegam (ou não visam) a atingir sucesso comercial, é esmagador.

Há uma série de estudos, nos mais diversos campos do saber, que pretendem enfrentar essas questões a partir da visualização da dinâmica tecnológica sob um prisma evolutivo. São essas incursões teóricas multidisciplinares que este estudo pretende fortalecer ao escrutinar a consistência filosófica de um modelo evolutivo para a tecnologia e ao avaliar o seu potencial explicativo.

É inegável a influência do pensamento selecionista na compreensão moderna do fenômeno tecnológico. Um bom exemplo da

afirmação precedente é a economia evolucionária. A história da tecnologia (e a história em geral), os estudos de previsão tecnológica e os estudos de antropologia também vêm explorando, gradativamente, perspectivas próximas ao pensamento evolutivo.

Enfoques evolutivos do fenômeno tecnológico datam de tempos remotos. Bernard Mandeville, pensador do início do séc. XVIII, descreveu o aperfeiçoamento “da tecnologia de marinha de guerra como o acúmulo incremental de adições e modificações ao longo de muitos anos, sem que qualquer programação prévia guiasse essa evolução” (NELSON, 2007, p. 76). Adam Smith, já no último quarto do séc. XVIII, apostou em uma lenta e gradual sofisticação das tecnologias de divisão do trabalho, ausente qualquer coordenação maior desse processo (NELSON, 2007, p. 76). Vale ressaltar que ambos os autores antecedem Darwin.

Apesar desses e de outros antecedentes históricos, é no séc. XX, após a consolidação da teoria sintética da evolução, que ocorreram a extensão e o aprofundamento da utilização do pensamento selecionista para a compreensão da dinâmica tecnológica. Obras mais amplas de economistas como Hayek e Schumpeter, filósofos como Popper e psicólogos como Donald Campbell abriram caminho para uma aplicação mais clara dos conceitos selecionistas à epistemologia e aos objetos de estudo das ciências sociais e à própria dinâmica tecnológica. No campo da história da tecnologia, o pensamento evolutivo também começa a florescer de maneira independente: George Basalla (1988, p. 21) cita os nomes de William Ogburn, S.C. Gilfillan e Abbot Payson Usher, todos do início do séc. XX, como precursores da aplicação das idéias de continuidade, gradualismo e ausência de plano prévio no melhoramento das tecnologias, já fazendo alusões explícitas à evolução biológica.

A partir da década de 80, os estudos evolutivos da tecnologia começam a se multiplicar, surgindo autores como Nelson, Winter, Dosi, Basalla, Vicenti, Mokyr, Ziman, Petroski etc. (NELSON, 2007, p. 78), que defendem a idéia em campos diversos do conhecimento. A

esmagadora maioria da literatura produzida por esses pesquisadores, no entanto, não se caracteriza pela preocupação em estabelecer relações claras entre a evolução tecnológica e a biológica, mapeando quais analogias seriam positivas, negativas ou neutras, por exemplo.

Para que se entenda a relação entre a evolução biológica e a maior parte dos estudos sobre evolução cultural e tecnológica, vale utilizar uma interessante classificação proposta por Richard Nelson (2007, p. 74 - 75). De acordo com ela, é possível distinguir três orientações intelectuais que envolvem darwinismo e cultura:

1. a que pretende estender a aplicação da evolução darwinista *stricto sensu* à cultura, como fazem a memética e a teoria da dupla herança, abordagens voltadas para explicar a evolução humana;

2. a que pretende formular um darwinismo ou selecionismo genérico, aplicável a diversos objetos, como à cultura, ao sistema nervoso, à tecnologia etc. Cada aplicação requer uma especificação de parâmetros que são particulares a cada um desses domínios ou tipos de fenômenos;

3. e a que simplesmente utiliza conceitos e noções evolutivas em campos específicos da ciência social, sem grandes rigores no uso de analogias e sem esclarecimentos da sua relação com a evolução biológica.

“Os autores que parecem se encaixar na orientação 2, como Dennett e Campbell, costumam se referir à tecnologia em breves passagens de suas obras, usualmente para fins de exemplificação, mas não pretendem explorar profundamente o fenômeno. Portanto, à exceção de John Ziman e alguns dos membros do grupo de estudos que liderava (The Epistemology Group), todos os autores que escreveram especificamente sobre evolução tecnológica se encaixam na orientação 3. Há, no entanto, uma série de deficiências em seus modelos, especialmente no que concerne à consistência das analogias entre dinâmica tecnológica

e evolução biológica. Com efeito, mesmo as analogias mais básicas são vagas ou apostam em similaridades deficientes.”

A ausência de reflexões mais profundas e bem embasadas acerca das relações de similaridade entre a evolução tecnológica e a biológica empobrecem e dificultem as tentativas de estruturação de modelos evolutivos adequados à tecnologia.

### **3. LAMARCKISMOS, DESANALOGIAS E DEPURAÇÕES NO MODELO DE EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA**

O grosso das discussões sobre a viabilidade de modelos darwinistas de evolução cultural, analogicamente constituídos, se dá em torno das sempre renovadas acusações de lamarckismo por parte dos críticos da idéia. Há controvérsias a respeito de quais traços lamarckistas efetivamente estariam presentes nesses modelos evolutivos e críticas que focam nos prejuízos que haveria em reconhecer certo lamarckismo na evolução cultural. Embora a imensa maioria das considerações exaradas neste artigo abarque a generalidade dos modelos evolutivos aplicados a itens culturais, é prudente ressaltar que o foco é indiscutivelmente a tecnologia; a extrapolação das conclusões para a totalidade dos itens culturais, sem dúvida, requer cautela.

Nas seções seguintes, serão debatidos os pretensos lamarckismos da evolução tecnológica. Cada um dos tópicos trata de uma modalidade de lamarckismo – herança dos caracteres adquiridos, teleologia e instrucionismo – conjugando uma investigação acerca da própria manifestação do traço lamarckista com uma apuração do impacto que desanalogias (mesmo que parciais) podem ter na viabilidade e configuração de um modelo selecionista para a dinâmica tecnológica.

#### **3.1. HERANÇA DOS CARACTERES ADQUIRIDOS**

Há duas maneiras, radicalmente diversas, de se encarar a assertiva de que há herança dos caracteres adquiridos na dinâmica tecnológica. Pode-se:

a) enfocar as técnicas e artefatos como os caracteres adquiridos e herdados por indivíduos biológicos (neste caso, seres humanos);

b) enxergar também as próprias tecnologias como entidades que herdam caracteres adquiridos.

A primeira perspectiva não é, absolutamente, do interesse deste trabalho. O modelo de evolução tecnológica aqui analisado difere, largamente, de outros modelos evolutivos em que os itens culturais, incluindo a tecnologia, são caracteres *veiculados* por seres biológicos. Nesse caso, aliás, Hull e Kronenfeldner, dois autores que analisaram a questão com profundidade, convergem para a conclusão de que o fato de haver herança de caracteres culturais adquiridos é trivial (HULL, 1984, p. lix-lx; KRONENFELDNER, 2007, p. 502), uma vez que a barreira weismanniana trata meramente da herança biológica (genética) e que a cultura, nesse sentido, é exemplo incontestado de herança de caracteres adquiridos.

Para este estudo, é relevante apenas a segunda perspectiva acerca da herança de caracteres adquiridos, qual seja, aquela em que as tecnologias estão no centro do processo evolutivo e que, presumidamente, herdariam os caracteres adquiridos em sua vida útil. Kronenfeldner (2007, p. 502) afirma, acertadamente, que se trata de um emprego metafórico do termo, já que o mesmo foi originalmente cunhado para se referir à herança biológica. A idéia geral da herança de caracteres adquiridos na evolução tecnológica é enganosamente simples: um artefato ou técnica é modificado e suas versões posteriores herdam a nova característica. Kronenfeldner dá um exemplo do que considera como um caso de herança dos caracteres adquiridos utilizando a fabricação de potes. Um artesão usualmente faz potes sem asas:

“One day, while making the traditional pot, he added a handle to

the pot. Since then, he informs his apprentices to make pots with handles. Inheritance of acquired characteristics prevails, if an apprentice, who receive the information from the potter, copies the changes of the potter's work that are 'acquired', i.e., that were not part of the original pot" (KRONFELDNER, 2006, p. 503).

Sua intrigante conclusão, a partir do exemplo acima exposto, é a de que a evolução cultural, no caso a tecnológica, pode ser ou não lamarckista! Tudo irá depender dos aprendizes do artesão copiarem ou não os novos caracteres do pote. Caso copiem, haverá herança de caracteres adquiridos, segundo a autora. Esse exemplo, e suas conseqüências, nos interessam sobremaneira, especialmente porque o pote de cerâmica é um artefato. As palavras exatas de Kronfeldener são as que seguem:

"The important point is that the modifications that cultural items acquire can be inherited, but at the same time they do not have to be inherited. It depends on each individual case whether the changes are inherited or not. Although there are other factors as well, two important factors that determine whether the 'acquired' changes are transmitted are the decisions made by the apprentice and those made by teacher. (...) Human beings can decide whether inheritance is Lamarckian or not" (KRONFELDNER, 2006, p. 503).

A argumentação da autora é interessante e coerente, mas há um sério problema com o exemplo por ela adotado. O fato é que a modificação apontada pela autora não é de forma alguma *adquirida*. Se assim fosse, deveria ter surgido durante o tempo de vida útil do artefato, nunca no momento de sua concepção. Lewens é preciso ao tratar da herança de caracteres adquiridos na evolução tecnológica:

"At best, it would seem to mean that alterations to an artifact, say, would be read back into the process or ideas that initially gave rise to it. So we might imagine drawing a blueprint for an artifact,

*building the artifact, finding some accidental and useful change occurs to the artifact during its lifetime, and then revising the blueprint of new artifacts to reflect this change” (LEWENS, 2005, p. 153 – destaquei).*

Fica claro, no excerto, que as modificações têm de advir após a produção do artefato para que se possa considerá-las *adquiridas*, coisa que não acontece no exemplo de Kronenfeldner, já que o pote ganha asas no momento de sua produção. De forma que os caracteres não são adquiridos; muito pelo contrário, são *inatos*. Sua herança, portanto, é completamente compatível com o darwinismo ortodoxo.

Mas a incorreção do exemplo escolhido não pode prejudicar fatalmente o argumento teórico, a não ser que todos os outros possíveis casos de herança dos caracteres adquiridos na evolução tecnológica padeçam da mesma fragilidade. É possível, porém, achar um caso que ilustre com mais exatidão a idéia exposta por Kronenfeldner, isto é, um caso em que haja efetivamente herança de caracteres adquiridos. Antes, no entanto, é preciso fazer umas poucas observações sobre a magnitude da discussão. A primeira afirmação que nos permitimos fazer é a de que não são tão comuns os casos em que há possibilidade de herança de caracteres adquiridos na evolução tecnológica. As modificações que ocorrem durante a vida útil de aparelhos de televisão, automóveis, ferramentas de construção civil etc., simplesmente não são levadas em conta no momento da produção de uma nova geração desses artefatos; tampouco o procedimento-padrão de uma técnica cirúrgica é modificado a cada reprodução dessa técnica médica.

Há, todavia, um número considerável de casos que ficam em uma zona cinzenta. Um *software* comercial, por exemplo, não transmite para suas próximas gerações as modificações que, porventura, ocorreram nas máquinas dos usuários; afirmar o mesmo em relação a um *software* livre, por outro lado, é bem questionável. No caso dos programas de computador de código aberto, popularmente chamados de *softwares* livres, os usuários podem alterar a formatação básica do programa como

quiserem, dando início a uma nova linhagem de *softwares* com os caracteres impingidos pelo usuário que introduziu as modificações. Seria esse um caso de herança dos caracteres adquiridos? Há uma série de casos similares. Alguns fabricantes de maquinário pesado, por exemplo, pedem que seus clientes sugiram alterações a serem incorporadas pelas futuras versões dos artefatos. Algum deles pode sugerir uma modificação que já tenha realizado no maquinário que adquiriu; caso a sugestão seja aceita pelo fabricante, seria esse também um caso de herança de caracteres adquiridos? Defendemos que isso vai depender da distinção que se faça entre replicador e interagente em cada uma dessas situações.

Na biologia, a separação bem demarcada de replicadores e interagentes, bem como o fácil reconhecimento do momento de replicação tornam simples e intuitiva a distinção entre caracteres inatos e adquiridos: as modificações surgidas na replicação são inatas e aquelas que ocorrem durante a interação do organismo com o ambiente são adquiridas. A ausência desses dois fatores na evolução tecnológica cria, conseqüentemente, dificuldades imensas para operar a mesma distinção.

Volto ao já citado caso do *software* livre modificado por um usuário. Quando o usuário acessa o código fonte e introduz alterações, ele está obviamente modificando uma tecnologia pré-existente, mas ao mesmo tempo está criando uma variante nova daquela tecnologia. Qual diferença há, de fato, entre as alterações promovidas por um programador profissional de uma empresa e por um programador amador? Não estão ambos criando uma nova versão de um programa? Porque o primeiro fenômeno deve ser considerado replicação e o segundo mera modificação por contato ambiental?

O caso do maquinário é idêntico. Se um dos compradores o modifica e, posteriormente, sugere a adoção da alteração ao fabricante, não teria havido replicação no momento em que foi introduzida a modificação? Ou só pode ser assim considerada a modificação promovida pelo próprio fabricante? Defendemos neste trabalho a inaplicabilidade da separação replicador/interagente na evolução

tecnológica, assumindo que tanto as tecnologias como seus projetos cumprem ambos os papeis; decorre daí que todas as introduções de inovação são formas de replicação, não sendo correto considerá-las modificações adquiridas por mera interação com o ambiente. Não importa se o inventor é profissional, se trabalha em uma empresa, se age por conta própria, se fez uma alteração modesta; *o que realmente conta é que houve um esforço deliberado para a criação de uma nova variante de certa técnica ou artefato.*

Essas considerações são frontalmente opostas ao que propõe Kronenfeldner, que classificaria os casos acima analisados como herança dos caracteres adquiridos. Nota-se, portanto, que não é apenas o seu exemplo sobre potes que é frágil. Na verdade, toda sua argumentação é falha, pois a autora não distingue corretamente as hipóteses de característica inata e adquirida, como Lewens faz. Esse último tem uma posição bem mais interessante sobre o tema, capaz de levar o debate mais além. Isso porque Lewens não trata das modificações deliberadamente promovidas em técnicas e artefatos como caso possível de herança de caracteres adquiridos – se o fizesse teria recaído no mesmo erro de Kronenfeldner –, acentuando que a mudança deve ocorrer acidentalmente (LEWENS, 2005, p. 153), o que muda as coisas de figura.

Como já se viu, Lewens admite que a distinção plena entre replicadores e interagentes não pode ser reproduzida na evolução tecnológica, o que cria uma série de embaraços para a compreensão do que seria uma herança de caracteres adquiridos por técnicas e artefatos; mesmo assim, o filósofo investe na idéia de que o fenômeno ocorreria quando um caractere adquirido *acidentalmente* por um artefato ou técnica fosse incorporado ao processo de inovação pelo qual foi concebido (LEWENS, 2005, p. 153). Mas ressalta que o reconhecimento de uma situação como essa dependerá, essencialmente, do ponto de vista do observador em relação à introdução da mudança na tecnologia: se tomar a tecnologia em questão como replicador e interagente, é possível enxergar a mudança não como caractere adquirido, mas como o

surgimento de um novo indivíduo – seria o caso de *softwares* baseados em algoritmos evolutivos. No entanto, uma vez que se considere o artefato ou técnica *apenas* como interagente, pode-se considerar a mudança como um caso de caracteres adquiridos (LEWENS, 2005, p. 153). Nessa última hipótese, não há uma atividade de replicação, mas uma mera interação da tecnologia com o ambiente físico ou social. Recorremos novamente aos potes, assumindo que eles sempre foram fabricados com asas. Um certo dia, um pote cai e apenas suas asas quebram. Por um acaso, um artesão toma conhecimento do ocorrido, se agrada do pote sem asas e resolve produzir um como aquele. Fatos como esse acontecem com alguma frequência no mundo tecnológico – são casos de serendipidade plena – e, realmente, podem ser encarados como uma espécie de herança dos caracteres adquiridos.

Mas cabem algumas considerações. Em primeiro lugar, é preciso assumir que apenas a introdução de modificações não induzidas por seres humanos pode ser considerada nesse contexto; modificações aleatórias provocadas e supervisionadas por inventores, por exemplo, são legítimos momentos de replicação. É necessário, ainda, que a modificação seja observada e corretamente replicada em uma próxima geração de artefatos ou técnicas, fazendo sentido, somente nesse caso, a argumentação de Kronenfeldner acerca da influência humana sobre a herança do caractere adquirido. Por fim, imprescindível recordar que essa espécie de evento tende a ocorrer apenas com tecnologias menos complexas, uma vez que mudanças aleatórias não supervisionadas dificilmente geram efeitos consideráveis (para que possam ser notados) e aparentemente desejáveis (para que alguém queira replicá-los) em um artefato ou técnica mais complexos, tais como automóveis e técnicas laboratoriais; ainda mais por serem poucos os que poderiam replicar as modificações adquiridas em futuras gerações daquela tecnologia.

Dentro do pequeno universo de casos que se encaixam nas exigências expostas nos parágrafos anteriores, no entanto, reconhecemos que há uma espécie de herança dos caracteres adquiridos. Mas até que

ponto isso distancia a evolução tecnológica da evolução biológica? Acreditamos que o impacto desse *lamarckismo residual* seja mínimo. Em primeiro, porque a própria biologia conta com algo bem parecido... De fato, há situações que parecem não se enquadrar em um darwinismo estrito. Hull cita alguns exemplos interessantes:

“Under certain conditions, somatic cells change into germ cells and produce new organisms, as in the case of vegetative reproduction. In such cases, changes in somatic cells might produce changes in the germ plasma. With the discovery of chromosomes, DNA, etc., the relevant distinctions had to be drawn and redrawn. For example, modifications in the body of a paramecium can be transmitted to later generations during fission independently of the organism's hereditary material” (HULL, 1984, p. xli).

Ao descrever os avanços em pesquisas sobre o sistema imunológico, Hull volta ao mesmo ponto. Tratando de seu possível caráter não darwinista, afirma que “finally, and most importantly, Gorezynski and Steele claimed that they had actually succeeded in transmitting immunological tolerance in mice from one generation to another” (HULL, 1984, p. liii). São exemplos que demonstram a existência de fenômenos aparentemente lamarckistas também na biologia.

É possível argumentar, entretanto, que essa herança ligada ao sistema imunológico, e mesmo à divisão celular do paramecio, pode ser classificada como epigenética, isto é, independente de genes; e, ainda, que a negação da herança dos caracteres adquiridos só vale para o material genético, não dizendo respeito a outros sistemas de herança. Kronenfeldner afirma, nesse sentido, que:

“Thus, what has been excluded from the darwinian paradigm through the central dogma of molecular genetics is the genetic inheritance of acquired characteristics, and not epigenetic

inheritance. (...) It does not prove that the central dogma is wrong; it merely proves that genes are not the sole hereditary material” (KRONFELDNER, 2006, p. 496).

É uma consideração questionável. Weismann não tinha a menor idéia da existência do que hoje se entende por genética e, portanto, não tinha em mente uma restrição como essa para sua separação entre germe e soma; ele, realmente, pretendia negar qualquer espécie de herança de caracteres adquiridos. Mas a argumentação passa a ser mais aceitável caso apenas o neo-darwinismo esteja em foco, pois este conjugou o darwinismo aos estudos de inspiração mendeliana. Se a observação de Maria Kronenfeldner está correta, no entanto, todo o extenso debate sobre a herança de caracteres adquiridos em sistemas de herança não-genéticos, inclusive o que conduzimos aqui, não tem muita razão de ser: herança de caracteres adquiridos passa a ser algo trivial quando a transmissão do material hereditário não é genética. Em outras palavras, além da desanalogia óbvia (e trivial) decorrente do fato de não haver genes na evolução tecnológica, não haveria qualquer outra dessemelhança entre os dois sistemas, relacionada à herança de caracteres adquiridos.

Esvazia ainda mais o sentido da discussão o fato de que a herança dos caracteres adquiridos não é incompatível com um processo de seleção. Muito pelo contrário. Dawkins examina a questão e faz ver que a existência de caracteres adquiridos adaptativos e não-adaptativos traz a necessidade de um mecanismo darwinista para que haja evolução:

“Lamarckian inheritance will move in adaptive directions only if some mechanism – selection – exists for distinguishing those acquired characters that are improvements from those that are not. Only the improvements should be imprinted to the germ line. (...) The relevance of this would-be Lamarckian evolution is that there it has to be a deep Darwinian underpinning even if there is a Lamarckian surface structure: a Darwinian choice of which potentially acquirable characters shall in fact be acquired

and inherited” (DAWKINS, 1998, p. 20-21).

Tudo leva a crer, portanto, que a difundida suspeita de que um modelo de evolução cultural teria natureza lamarckista se houver herança de caracteres adquiridos é bastante infundada. Como foi demonstrado nesta seção, é possível encarar apenas um número bastante restrito de casos reais como herança de caracteres adquiridos por tecnologias; a herança não-genética de caracteres adquiridos também existe na biologia; e mesmo nos casos em que essa espécie de herança ocorre, a persistência dos caracteres adquiridos ou herdados dependerá, fundamentalmente, de um processo de seleção estritamente darwinista. Pelo exposto, nota-se que não há, em relação a esse primeiro traço lamarckista, uma desanalogia fundamental entre evolução tecnológica e biológica.

### 3.2. TELEOLOGIA

Um outro possível traço lamarckista na evolução tecnológica seria a existência de alguma teleologia orientando o processo evolutivo. Segundo Daniel McShea:

“Lamarck (1809) believed that simple organisms arise spontaneously and that their lineages transform over time in the direction of increasing complexity. Driving these transformations are invisible fluids, present initially in the environment and kept in a constant motion by the sun’s energy. Somehow these fluids become bottled up inside organism, and once there they act internally” (MCSHEA, 1998, p. 628)

Haveria, portanto, uma espécie de meta, tendência ou direção subjacente ao processo evolutivo. A crença em uma evolução teleológica, seja ela biológica ou tecnológica, está intrinsecamente ligada à idéia de progresso; essa última é fruto das agudas mudanças sociais ocorridas durante os séculos XVIII e XIX em virtude dos avanços da economia e,

especialmente, da tecnologia. De acordo com Ruse:

“Progress is an idea of the eighteenth-century enlightenment encouraged by advances in science and technology, people became increasingly convinced that virtually unlimited improvement in human knowledge and welfare is possible, if only we work long enough and hard enough. (...) In the world of organisms, where people were already used to thinking of everything as a part of an ordered Chain of Being, from the simplest to the most complex, progress was taken to mean evolution: a natural process of development, from the most primitive life form, the ‘monad’, right up to the most complex and sophisticated and best, human beings, our own species” (RUSE, 1989, p. 589).

A teleologia em processos evolutivos pode ser resumida na idéia de que haveria um direcionamento; em outras palavras, o processo evolutivo produziria naturalmente seres melhores, em algum sentido, do que seus predecessores. A discussão é sobremaneira interessante, especialmente em virtude da forte ligação entre tecnologia e progresso no senso comum, mas é possível afirmar de antemão que não se encontrarão aí quaisquer desanalogias entre evolução tecnológica e biológica, já que também se travam fortes contendas em biologia sobre o mesmo tema.

O fato é que a evolução darwinista, qualquer que seja seu objeto, abre espaço para a defesa de uma noção de progresso; apesar de a adaptação ter sempre valor local, há vários pesquisadores que defendem a existência de uma tendência natural para o acréscimo de eficiência, complexidade ou tamanho em decorrência do processo evolutivo. Ruse (1998, p. 616) levanta alguns critérios com que se pretende medir o progresso absoluto na evolução biológica, citando a complexidade, tamanho e longevidade, todos estes critérios com evidentes embaraços práticos. Em relação ao acréscimo de complexidade, Daniel McShea (1998, p. 642) recorda a sua incompatibilidade com casos como o dos

mamíferos que retornaram à vida aquática, passando a ter uma estrutura vertebral mais simples. Em relação ao crescimento do tamanho, como símbolo de progresso e aumento de complexidade, Ruse (1998, p. 618) argumenta que, por esse critério, os dinossauros seriam mais complexos que os seres humanos - afirmativa extremamente questionável. Em relação à longevidade individual ou de uma espécie, como evitar a comparação da longevidade da espécie humana com a existência, realmente longa, de árvores e suas espécies?

No caso da tecnologia, os mesmos obstáculos se interpõem no caminho de uma teoria do progresso absoluto. A eficiência de um martelo e de um computador, por exemplo, é incomensurável. A complexidade e o tamanho de artefatos e técnicas costuma diminuir em muitos casos, como no caso dos automóveis, que estão ficando menores e com motores menos potentes; ou dos utensílios domésticos, cada vez menos numerosos e de uso mais intuitivo. A longevidade de um artefato simples como uma faca de boa qualidade é muito maior do que a de artefatos complexos como um frágil telefone celular. Em resumo, a eleição de um critério para mensuração de progresso absoluto é problemática também no universo tecnológico.

A solução é investir em uma noção mais fraca de progresso, conhecida como progresso comparativo. Progresso comparativo é o avanço relativo de certas espécies em contraposição a outras, algo como um saldo positivo da competição inerente à evolução darwinista. O conceito tem plena aplicação na evolução tecnológica, sendo, inclusive, inspirado em fenômenos do mundo tecnológico:

“Comparative progress is a Darwinian notion, centring on selection. (...) Much attention has been paid recently to one particular form, the so-called arms race, in which organisms compete and evolve, throwing up methods of attack and defence in a way analogous to human weapon development” (RUSE, 1998, p. 610).

Essa é, como mencionei, uma versão fraca de progresso, não sendo possível identificá-la como uma forma de teleologia do processo evolutivo. O progresso comparativo na evolução não aponta uma direção pré-determinada; apenas ressalta as melhorias comparativas entre espécies, que surgem em razão da seleção natural, sem integrá-las em uma escala absoluta de progresso. Além disso, é uma noção comum à biologia e à tecnologia, não podendo se encarada como uma desanalogia.

### 3.3. INSTRUCCIONISMO

Passamos agora à análise do instrucionismo, última e mais complexa versão do lamarckismo. O conceito foi explanado de forma simplificada quando de sua apresentação em seção anterior, uma vez que o objetivo era apenas o cotejamento com as idéias originais de Lamarck, com as quais não nos comprometemos pois este trabalho não tem um caráter histórico. É o momento de explorá-lo em seus detalhes e determinar, com a maior exatidão, sua possível manifestação na evolução tecnológica.

Para que se possa compreender plenamente o conceito de instrucionismo, é imprescindível examinar a origem de variações na evolução biológica. Os dois mecanismos básicos da introdução de variação reconhecidos pela biologia contemporânea são a mutação e a recombinação (RIDLEY, 2006, P. 117). O primeiro processo envolve mudança em molécula de DNA, em razão de um erro de cópia no momento da replicação do código genético; o segundo envolve intercâmbio de DNA entre pares de cromossomos, em razão de sobre cruzamento durante a replicação do código genético. Dizer que a mutação e a recombinação atuam de forma desacoplada do ambiente é afirmar que não há uma tendência para o surgimento de variações adaptativas, isto é, a variação que surge pelos processos acima descritos não atende às pressões seletivas em atuação. De acordo com Ridley:

“Uma propriedade básica do darwinismo determina que a direção da evolução, especialmente da evolução adaptativa, está dissociada da direção da variação. Ao ser criado um novo genótipo recombinante ou mutante, não há qualquer tendência de ele surgir no sentido de uma melhora adaptativa” (RIDLEY, 2006, p. 119).

Essa mesma assertiva pode ser exposta, de maneira ainda mais clara e robusta, se utilizarmos uma linguagem estatística para demonstrar que se quer afastar qualquer hipótese de influência de fatores ambientais (envolvidos na seleção) na determinação da variação, por mais que tal influência não venha a ser determinante. Kronenfeldner afirma com segurança que o darwinismo contemporâneo “not only excludes an instructive influence of environment. It also excludes the environment from having *any* influence on the *chance* that a new variant is adaptive. If the selective environment has absolutely no influence on the occurrence of adaptive features, variation is *statistically not biased towards adaptivity*” (KRONENFELDNER, 2007, p. 498).

Faremos ver que os enunciados de Ridley e Kronenfeldner devem ser relativizados ou, ao menos, expressos com maior exatidão. Interpretadas sem cautela, considerações como essas conduzem a falsas conclusões. A mais comum de todas é a percepção, infundada, de que a variação biológica ocorre aleatoriamente, por força do puro acaso. Os próprios biólogos fomentam essa espécie de confusão ao utilizarem conceitos com pouco cuidado. Futuyma, por exemplo, afirma que “As mutações ocorrem ao acaso” (FUTUYMA, 2002, p.80). A sentença isolada (como muitas vezes é citada) leva a crer que todas as mutações possíveis têm a mesma probabilidade de ocorrer, surgindo como em uma espécie de jogo de azar. Na continuação das suas considerações, Futuyma diz justamente o oposto:

“As mutações ocorrem ao acaso. Isto não quer dizer que todos os locos mutam à mesma taxa, nem que todas as mutações imagináveis sejam igualmente prováveis. Nem quer dizer que as

mutações independem de efeitos do ambiente; substâncias mutagênicas no ambiente aumentam a taxa de mutação. A mutação acontece ao acaso, no sentido de que a probabilidade de ocorrência de uma dada mutação não é afetada pela utilidade que a mutação possa vir a ter” (FUTUYMA, 2002, p.80).

Melhor seria dizer que as mutações não surgem por força de sua utilidade adaptativa ou que são *cegas* às pressões seletivas, sem envolver a confusa expressão ‘ao acaso’. Descuidos como esses fizeram com que autores adotassem, mesmo que circunstancialmente, a visão de que a geração de variação em biologia seria aleatória, turvando um pouco o debate sobre a estruturação de modelos evolutivos darwinistas para itens culturais. É preciso ter em mente, portanto, que o desacoplamento (ou a ausência de instrucionismo) não implica variações aleatórias, mas variações que não surgem para satisfazer, em qualquer medida, as pressões seletivas do ambiente.

Feitos esses esclarecimentos básicos, passemos ao caso da tecnologia. As alegações são, como se pode intuir, no sentido de que modelos de evolução cultural, incluídos os que dizem respeito à tecnologia, seriam lamarckistas em virtude da existência de um acoplamento entre o ambiente seletivo e a geração de variação nos itens culturais. Haveria, assim, uma *instrução* do ambiente quanto à variação adaptativa. Esse acoplamento seria fruto, por exemplo, da intencionalidade dos inovadores responsáveis pela produção de novos itens culturais (no caso específico deste trabalho, os tecnólogos) e ainda pela racionalidade dos que os adotam:

“The factors responsible for the generation of conceptual variants can also function in their selection. People in general and scientists in particular are problem solvers. They think up new ideas *in order* to solve problems. Sociocultural evolution is not a matter of chance variation and natural selection but of purposive variation and rational selection” (HULL, 1984, p. lx – lxi).

Kronenfeldner, expondo conceitos e hipóteses propostos por Richerson e Boyd, desenvolve melhor as idéias expostas por Hull no excerto acima citado:

“Boyd and Richerson call the process of problem solving or learning 'guided variation' and present it as creating a 'Lamarckian effect' in cultural evolution. (...) They assume that, after an individual has solved a problem, the output is 'usually favorable'. The new item that is then fed into the cultural transmission process is already directed. (...) Guidance through cognitive guiding criteria leads, first of all, to *directedness at a cognitive level*, and, second, as a consequence, to *directedness* at the populational level of culture” (KRONENFELDNER, 2007, p. 508 – 509)

Haveria, portanto, dois “instrucionismos” na evolução cultural: um ligado à intencionalidade e inteligência dos inovadores – que conseguem determinar a variação com mais probabilidade de ser adaptativa – e outro à racionalidade dos que adotam a variante cultural – capazes de perceber a vantagem inerente àquela nova variante. As duas observações padecem de falta de consistência, pelas razões a seguir expostas.

Analisaremos primeiramente a hipótese de que a seleção *racional* levaria a um espraiamento *direcionado* das novas variantes culturais. É preciso ressaltar que o tema não é de grande relevância para esta pesquisa, já que diz respeito a modelos de evolução cultural em que os itens culturais são, como os genes, *veiculados* e *transmitidos* pelos seres humanos – um modelo, portanto, em que os seres biológicos capazes de desenvolver cultura estão no centro da evolução, e não os próprios itens culturais. Já foi explicitado diversas vezes que o modelo evolutivo analisado nesta dissertação tem outra natureza; no caso, são os itens tecnológicos que evoluem, ocupando papel análogo ao dos organismos na evolução biológica. A despeito disso, será útil para o debate posterior esclarecer algumas das questões envolvidas na hipótese de transmissão direcionada.

A discussão não tomará muito tempo, pois as premissas da hipótese são frágeis. A primeira delas é a de que a introdução de novas variantes culturais se dá por meio de *solução de problemas*. Admitimos que é o caso da tecnologia, objeto deste estudo, mas estender a assertiva para *todos* os itens culturais é claramente inadequado. Que problema tenta resolver o compositor de uma música, o autor de um poema, o fundador de uma religião, o criador de uma modalidade de esporte, o pioneiro de uma rota turística etc.? Nenhum. Para esses itens culturais – praticamente todos os que não estão ligados à ciência e à tecnologia – a hipótese perde toda sua vitalidade, uma vez que a segunda premissa, de que o saldo da resolução de um problema é usualmente favorável a quem o resolve, depende da confirmação da primeira premissa. Se não há resolução de problemas envolvida, não há qualquer garantia de saldo favorável para o inovador, obviamente.

Em relação aos itens culturais que, efetivamente, surgem por meio da resolução de problemas, a hipótese de transmissão direcionada também está equivocada. Inicialmente, vale dizer que a resolução de problemas científicos abstratos, e sem efeito prático imediato, não costuma trazer favorecimentos concretos aos que os solucionaram, cabendo também retirá-los da esfera de abrangência da hipótese.

Restam os itens culturais ligados à resolução de problemas tecnológicos e à parcela dos problemas científicos com relevância para o desenvolvimento de novas tecnologias. No entanto, tampouco esses se submetem plenamente à transmissão direcionada. Isso porque a percepção da vantajosidade de uma nova variante tecnológica é altamente relativa: os possíveis usuários adotarão posições díspares, mesmo que haja muitos indícios de sucesso por parte dos que *carregam* a nova variante. O que os defensores da transmissão direcionada não conseguem perceber é que a seleção de variantes tecnológicas não é uma escolha racional baseada na mensuração objetiva de eficiência por parte dos usuários. A decisão de adotar uma nova tecnologia envolve critérios estéticos, políticos, religiosos, morais etc. e uma percepção não linear de

eficiência – inclusive por não haver apenas uma solução válida para um dado problema.

De forma que todas as premissas da transmissão direcionada (inovação cultural como mera resolução de problemas, vantajosidade garantida das soluções e seleção racional baseada na mensuração objetiva de eficiência) estão equivocadas; forçoso concluir que a própria hipótese deve ser descartada.

Passamos, assim, à análise da versão de instrucionismo que, realmente, tem relevância para o modelo de evolução tecnológica aqui estudado: aquela que diz respeito ao acoplamento tecnologia-ambiente por meio da intencionalidade e inteligência dos inovadores culturais e, especificamente, dos tecnólogos. Para possibilitar a discussão qualificada do assunto, no entanto, é preciso conhecer melhor os detalhes do argumento instrucionista, uma vez que a mera afirmação de que os inovadores são inteligentes e possuem a intenção de produzir variações adaptativas não explica como, a partir daí, pode dar-se uma efetiva instrução do ambiente. Todos os inovadores são instruídos da mesma maneira e com a mesma intensidade? Porque algumas variações têm sucesso e outras não? Tais casos resultariam da diferença de inteligência ou de força da intenção inovadora? Lewens, acertadamente, afirma que:

“...to offer ‘genius’ as an explanation for creative success is really to offer no explanation at all. The goal of understanding creativity is to explain how it is that some of us who want to produce wonderfully engineered artifacts or perfect crafted music are unable to carry out these desires, while a few people are. To label these few with the power of ‘creative genius’ is simply to rename the problem” (LEWENS, 2005, p. 160).

Enveredar pelo caminho de um suposto gênio criativo’, que seria capaz de captar as instruções ambientais, não é frutífero. O inventor bem sucedido figuraria como um homem especial (o inventor heróico do séc. XIX), capaz de definir qual seria a melhor variação a introduzir, por

exemplo, em um artefato a partir das instruções que colhe (não se sabe ao certo como) no ambiente circundante – ele efetivamente *sabe* que a variante terá sucesso. O inventor mal-sucedido, por sua vez, não seria capaz de perceber essas mesmas instruções ambientais e, então, falharia. Note-se que o bom inventor é presciente da aptidão de sua inovação. Lewens ressalta que essa não é uma explicação aceitável: a existência de gênios prescientes é que exige uma boa explicação. Além disso, a tese não se encaixa aos fatos, já que não há inventores infalíveis (e, outros, sempre fracassados) e invenções plenamente adaptadas.

A verdade é que a existência de um instrucionismo radical, com a indicação da melhor variação pelo ambiente, é descartada pelos críticos dos modelos de evolução cultural e tecnológica. Suas alegações são, pelo contrário, mais bem fundamentadas. O argumento principal é de que a busca consciente pela solução de um problema faz com que se restrinja fortemente o número de possíveis variações, em razão dos conhecimentos que o inovador possui acerca das circunstâncias ambientais em que será selecionada a variante gerada. O acoplamento (e, portanto, a instrução) se dá por meio do uso de conceitos e métodos de resolução de problemas previamente conhecidos. Como afirma Thagard,

“[t]here is no prescience, [...], since nothing guarantees that the structures activated will lead to a solution to the current or future problems. But variation is clearly not blind either, since formation of concept and rules that may be useful in solving a problem is more likely to occur during the attempt to solve that problem” (THAGARD apud KRONENFELDNER, 2007, p. 509).

Essa é a mesma posição de Toulmin, segundo Abrantes:

“Toulmin ressalta que o darwinismo, ao defender que o processo de variação é cego, rejeita a ortogênese, ou seja, a tese de que as mutações dar-se-iam em direções que garantem a adaptação. A evolução científica, contudo, seria de um outro tipo, no qual a

geração de variações conceituais não seria cega, mas sim direcionada por métodos (que são cristalizações de conhecimento acumulado) e restringida pela necessidade de resolver certos problemas” (ABRANTES, 2004b, p. 39; 2007).

A influência de conceitos e métodos previamente obtidos pelo inovador se daria pela ativação específica dos conhecimentos úteis para resolução daquele problema. O mesmo conteúdo estaria presente na seleção do novo item cultural, pois os conhecimentos ativados também serviriam de base para a seleção das variantes geradas. Kronenfeldner expõe a idéia com clareza:

“In short, critics like Ruse or Thagard state that cognitive variation is biased in the sense that *variants that are useful are more likely to occur, because they are introduced with a purpose.* (...) Through the orientations towards a certain problem, only specific knowledge gets activated. These activated knowledge structures the search space for solutions and triggers certain ideas and not others. Moreover, it is the same cluster of knowledge that influences the production of the trial-solution and the selection of the trial solution. Therefore, the factors responsible for the selections of variants are *coupled* with the factors that produce the variants. This even holds for truly creative insights” (KRONENFELDNER, 2007, p. 509).

É uma argumentação sólida, há de se reconhecer. O acoplamento não é mais um conhecimento total e presciente da natureza por parte de alguns gênios criativos, e sim um desvio estatístico para a geração de variação adaptativa em decorrência de métodos e conceitos disponíveis a todos os inovadores. Em outras palavras, o ambiente não indica a melhor variação, mas as informações que os agentes possuem sobre esse mesmo ambiente, e sobre a própria forma de resolução de problemas, indicam as variações que provavelmente terão mais sucesso na seleção.

Os defensores da aplicação de modelos evolutivos *darwinistas* à

cultura, à ciência ou à tecnologia, têm duas grandes respostas para a crítica instrucionista. A primeira delas é fazer ver que a aquisição dos conhecimentos e a formação dos métodos que restringem a variação dos itens culturais ocorrem por meio de um legítimo processo darwinista – e que mesmo a própria restrição é um processo interno de tentativa e erro! A segunda é demonstrar que a restrição de variações por força de informação acerca do ambiente (adquirida por mecanismos darwinistas) também existe na evolução biológica. Hull apresenta, sem tomar partido, as duas frentes da contra-argumentação darwinista:

“Of course, genetic variation is not ‘chance’ in an indeterministic sense. All mutations are caused by some physical process or other. In addition the structure of an organism’s genome strongly constrains the mutations that are possible. The viability of the resulting organism adds further constraints. The only contingency that the term is designed to preclude is that an organism might tend to get those mutations it is going to need in the future. Genes are not clairvoyant. Occasional claims to the contrary, neither are people. To the extent that we understand natural processes, we can predict the future, but that is all. When evolutionary epistemologists like Campbell claim that sociocultural evolution is a matter of blind variation, they are concerned only to deny any human ability to foresee the future. Even the most talented scientist is not prescient, especially at the frontiers of knowledge. Although there is much more to how we learn from experience than simple trial and error, at the cutting edge of science the process of discovery approaches these extreme” (HULL, 1984, p.lxi).

O primeiro elemento da contra-argumentação darwinista é mais conhecido como ‘epistemologia evolutiva’. Baseada, fundamentalmente, nas obras de Karl Popper e Donald Campbell, a epistemologia evolutiva se assenta na proposição de que o conhecimento é obtido por meio de um processo estritamente *selecionista*. Haveria uma etapa de geração *cega* de pensamentos-tentativos, uma outra etapa em que esses seriam

selecionados e, por fim, uma etapa em que os bem-sucedidos seriam replicados, havendo a retenção das variações positivamente selecionadas. Por óbvio, a assunção de que a geração de hipóteses seria um processo cego, isto é, não tendente ao sucesso, causa polêmica; há uma impressão generalizada de que os inovadores culturais tendem a produzir variantes passíveis de serem positivamente selecionadas. Os defensores da epistemologia evolutiva tentam demonstrar que essa aparente tendência para o sucesso só pode ser explicada pelo acúmulo de processos seletivos prévios. De acordo com Abrantes:

“Para se explicar a aprendizagem de comportamentos novos e complexos sem se cometer petição de princípio, é preciso levar em conta dois sub-processos desacoplados: gerar e testar. (...) Caso o gerador apresente um grau de clarividência, de conhecimento, de criatividade, de intencionalidade, de inteligência – gerando somente candidatos plausíveis, justificados, por exemplo, comportamentos ou idéias ao mesmo tempo novas e adequadas – isso deve ser explicado por processos seletivos ocorridos previamente” (ABRANTES, 2004b, p. 18 – 19).

Esses processos seletivos prévios restringem as possíveis inovações ao cristalizar um corpo de conhecimentos bem-sucedidos que *canalizam* a geração de variações por meio de processos seletivos internos. Os conhecimentos obtidos em seleções prévias – contidos em “modelos, teorias e instrumentos de registro” (ABRANTES, 2004b, p. 44) – funcionam, portanto, como um ambiente interno de seleção que reproduz os parâmetros do ambiente externo: os pensamentos-tentativos negativamente selecionados são prematuramente extirpados.

Essa capacidade de armazenar informações sobre o ambiente é possuída por apenas algumas criaturas e é ainda mais rara em seu estágio mais avançado (em que é possível fazer simulações com essas informações). É uma característica, ademais, adquirida no correr da

evolução biológica, em razão do refinamento do sistema cognitivo dos organismos. O filósofo Daniel Dennett (1998, p. 391 e 394) chama de ‘criaturas popperianas’ aquelas que conseguem armazenar informações ambientais e de ‘criaturas gregorianas’ aquelas que também conseguem internalizar instrumentos para simular cenários com tais informações. De acordo com Abrantes:

“Essas criaturas são capazes de armazenar informação do meio ambiente (físico e biológico). Essa informação é utilizada para pré-selecionar (controlar) as disposições comportamentais da criatura. A informação funciona, portanto, como um meio ambiente seletivo interno. (...) Popper também antecipou o que Dennett chama de ‘criaturas gregorianas’, que incorporam instrumentos (desenvolvidos por elas próprias) ao seu meio ambiente interno, com destaque para a linguagem. Desse modo, as criaturas gregorianas passam a ser capazes de *manipular* as suas representações do meio ambiente externo (e.g. fazendo simulações ou encadeando longos raciocínios)” (ABRANTES, 2004b, p. 20 e 31).

É necessário compreender, entretanto, que esse ambiente seletivo interno está longe de conter informações completas ou exatas sobre o ambiente externo, e que também não acompanha automaticamente as mudanças no ambiente externo. Muito pelo contrário, os agentes inovadores (tecnólogos, cientistas, músicos, legisladores) têm uma representação parcial, inexata e desatualizada do ambiente externo, especialmente quando enfrentam um problema realmente novo. A seleção interna, portanto, é plenamente incapaz de apontar a variação ideal a se gerar, servindo como um mecanismo de restrição dos pensamentos-tentativos flagrantemente mal-adaptativos. No entanto, “para além desses processos restringidos (...) [o agente cognitivo] tem que buscar cegamente a solução para o novo problema” (ABRANTES, 2004b, p. 44).

Não se pode contestar que os conhecimentos prévios dos

inovadores não os conduzem a um resultado comum; fosse assim, não haveria tamanha variedade de itens culturais em competição – especialmente no caso da tecnologia. É claro que a quantidade de variações plausíveis, e o grau de influência do conhecimento prévio, vão variar de acordo com a natureza do item cultural de que se está tratando; o fato de a grande maioria dos críticos da aplicação do darwinismo à cultura focarem excessivamente na ciência (e não na tecnologia, música, moral etc.) os faz superestimarem o papel do conhecimento prévio na geração de novidade. A atividade dos tecnólogos, do interesse deste artigo, é inegavelmente diversa da atividade dos cientistas, sendo necessário reconhecer que o conhecimento tecnológico não pode ser reduzido a conhecimento científico aplicado. Segundo Alberto Cupani:

“Las precisiones anteriores corresponden a la circunstancia de que la tecnología es una actividad dirigida a la *producción* de algo nuevo y no al descubrimiento de algo existente. (...) Además, al ser una actividad productiva, la tecnología enfrenta problemas que no afectan al científico básico, como los relativos a la factibilidad y la eficiencia de los inventos, a la relación costo-beneficio etc., para los que la ciencia no ofrece soluciones listas” (CUPANI, 2006, p. 356).

Diferentemente da ciência, ainda, na tecnologia (como no caso dos outros itens culturais) não há apenas uma resposta certa para um dado problema. Há uma pluralidade de caminhos que fazem chegar a um resultado semelhante. Tomo o caso da poluição gerada por veículos automotores movidos a combustíveis fósseis, um dos temas que mais desperta atenção no momento. As respostas tecnológicas são extremamente diversas: automóveis com tecnologia bi-combustível para uso de gasolina e etanol, automóveis elétricos, automóveis equipados com células de hidrogênio, automóveis com placas de alimentação solar, automóveis adaptados para uso de biodiesel, modernização dos meios de transporte público, modernização e difusão do uso de bicicletas, etc. E

cada uma dessas vertentes tecnológicas se subdivide em uma série de arranjos plausíveis. Em outras palavras, há uma multiplicidade de respostas possíveis para cada problema tecnológico e o conhecimento prévio, inclusive o de ordem científica, serve especialmente para apontar alguns caminhos que devem ser evitados.

Prova disso é a enorme quantidade de 'lixo tecnológico', por assim dizer, produzido pelas pesquisas. Para que se chegue a um fármaco comercializável, por exemplo, são testados algo em torno de 10.000 compostos químicos durante anos a fio, com custos de milhões de dólares e sem a garantia de um resultado bem-sucedido. Apenas metade das inovações *patenteadas* tem alguma aplicação comercial, o que nem quer dizer que tenham *sucesso* comercial. Abrantes, baseando-se na posição de Cziko sobre o tema, alerta para a grande quantidade de fracassos tanto na tecnologia quanto na ciência, ressaltando que esses erros não chegam ao conhecimento do público leigo:

“Cziko chama atenção, além disso, para um fato inegável: o grande número de fracassos que ocorrem tanto no trabalho científico quanto no tecnológico. Sabemos que os erros dos cientistas são, em geral, escamoteados por uma historiografia da ciência presentista que só registra o que é considerado acerto do ponto de vista do estágio atual do conhecimento. Tal historiografia, diz Cziko, tende a reforçar a visão de que a atividade científica é 'dirigida', envolve previdência, instrução, e não um processo 'doloroso' de tentativa e erro” (ABRANTES, 2004b, p. 46).

Outro dado que demonstra a importância, apenas relativa, da restrição de variação operada pelo ambiente seletivo interno (formado pelo conhecimento prévio) no sucesso das variantes geradas é ressaltado por Cziko, que afirma ser particularmente interessante:

“... the finding that the proportion of produced variations that are successful does not increase as an individual gains experience in

his or her field. Rather, individuals appear to be most creative around the age of 40, which is when they produce the greatest number of variations” (CZIKO, 2001, p. 27).

Em outras palavras, o acúmulo de conhecimento prévio por meio da experiência e da aprendizagem não é garantia de maior sucesso. Aliás, em casos nos o ambiente externo muda consideravelmente, agentes com conhecimento prévio desatualizado podem gerar um excesso de variações mal-sucedidas.

A despeito de tudo o que foi exposto aqui, um crítico da aplicação do darwinismo à cultura poderia sustentar a seguinte linha de raciocínio: não importa se o conhecimento prévio foi adquirido por um processo seletivo; se a supressão de pensamentos-tentativos também se dá por um processo seletivo interno e ainda se sua importância é apenas relativa. *O que conta é que há um mecanismo de supressão de variação e esse mecanismo cria uma tendência para a adaptabilidade.* Diante dessa observação, necessário é desenrolar a segunda parte da argumentação darwinista, que diz respeito à restrição de variações na evolução biológica.

Se o desacoplamento entre organismo e ambiente fosse tão profundo como fazem crer alguns biólogos e filósofos da biologia, todas as variações possíveis seriam igualmente prováveis. Se assim fosse, a estabilidade fenotípica das espécies seria extremamente reduzida; mas das consequências óbvias seria um grande número de variantes inviáveis. Bem ao contrário, sabe-se que os fenótipos têm um alto grau de estabilidade, chamada de ‘homeostase ontogenética’, graças à *canalização* de sua formação básica. Segundo Futuyama:

“A *homeostase ontogenética* é a capacidade do genótipo de um indivíduo produzir um fenótipo apropriado, bem formado e adaptado em face às perturbações que podem ocorrer durante o processo ontogenético. O desenvolvimento de um fenótipo normal é canalizado ao longo de caminhos apropriados e resiste a desvios” (FUTUYMA, 2002, p.224).

A canalização nada mais é do que um eficiente mecanismo de restrição de variações, que reprime variações em caracteres que são essenciais à morfologia ou à fisiologia de uma espécie. O próprio conceito de canalização surgiu a partir de observações empíricas do grau de variação de caracteres fenotípicos, como ressalta Futuyma:

“Algumas características, como o peso do corpo em animais ou a forma do crescimento em plantas variaram mais que outras, tais como o número de vértebras em um mamífero ou a estrutura de uma membrana celular. As características menos variáveis são ditas mais altamente *canalizadas ou tamponadas ontogeneticamente* em um conjunto mais restrito de canais de desenvolvimento” (FUTUYMA, 2002, p. 56).

Mas como funciona a canalização na biologia evolutiva? Se assemelha de alguma forma à canalização verificada na geração de variantes tecnológicas? Não há dúvida de que os dois processos se assemelham fortemente. Algumas das chamadas restrições ao desenvolvimento se devem à atuação de princípios físicos e químicos, que impedem o surgimento de variações em um organismo qualquer. De modo análogo há limites físicos e químicos que restringem certas variações em tecnologias. Outras restrições decorrem da inviabilidade da variante produzida em virtude de ruptura da estrutura básica do organismo; isso pode também ocorrer com variantes tecnológicas que desrespeitem princípios básicos de engenharia. Mas a grande maioria das restrições ao desenvolvimento decorre de uma espécie de aprendizado evolutivo do organismo, que cristaliza um fenótipo razoavelmente bem sucedido em face das pressões ambientais:

“Algumas restrições do desenvolvimento podem surgir a partir de princípios físicos ou químicos que simplesmente impedem a origem de certas variações. (...) Outro tipo de restrição do desenvolvimento descreve variações que podem surgir, mas com tal ruptura da função do organismo, que são invariavelmente

negativamente selecionadas. (...) *Sem dúvida, a maioria das restrições do desenvolvimento não é inerente a princípios físicos ou à ação gênica, mas é produto da evolução e, dessa forma, é historicamente contingente e táxon-específica.*” (FUTUYMA, 2002, p. 460 – destaquei).

De forma que as restrições ao desenvolvimento canalizam os caracteres fenotípicos a partir de informações obtidas em contato com o ambiente – uma vez que as restrições são produtos diretos da seleção natural atuando por longos períodos sobre os indivíduos de uma espécie. A similaridade desse processo com a restrição de variação em itens culturais, como a tecnologia, é inegável; também não se pode questionar que *a canalização cria uma tendência em direção à adaptatividade, uma vez que variações deletérias são suprimidas.* Uma vez mais, fica descartada a existência de uma dessemelhança radical entre a dinâmica biológica e a dinâmica tecnológica.

Ainda pode ser levantado um último argumento, no sentido de que haveria uma diferença de intensidade entre a restrição de variações na evolução biológica e na supostamente análoga evolução de itens culturais. Mas até que ponto essa diferença de intensidade na restrição de variações permite que se classifique como instrucionista ou lamarckista um determinado processo evolutivo? Mais: será que isso condena ao fracasso a estruturação de modelos evolutivos para itens culturais, tal como aqui empreendemos para o caso da evolução tecnológica? Estamos convencido de que as duas perguntas merecem um *não* como resposta. Os mecanismos de supressão de variação, a despeito do seu grau de refinamento, são úteis apenas para reduzir o incomensurável universo de possíveis variações. Uma vez que estão longe de apontar a melhor variação, ainda deixam em aberto uma imensa gama de caminhos variacionais igualmente plausíveis. E o sucesso dessas variações no ambiente externo vai depender, sem dúvida, de um processo de seleção e da posterior retenção dos caracteres adaptativos. Nas palavras de Kronenfeldner:

“Directed variation due to coupling is compatible with a variational pattern of change, as long as it leads to some variation. (...) In principle, there is no reason why it should be impossible for a variational model to allow for an instructive influence of the environment, as long as it is not the *only* source of novelty, or as long as it does not work systematically on each individual in the same way” (KRONENFELDNER, 2007, p. 499).

Como se pode extrair do excerto acima citado, o fator essencial para que um processo possa ser enquadrado como evolutivo, no sentido darwinista do termo, é a existência de um padrão variacional de modificações. Como ressaltado anteriormente, a teoria apresentada por Lamarck há 200 anos era baseada em um padrão transformacional de mudança, em que as linhagens das espécies se modificavam como um todo coerente em uma nova forma mais complexa, de maneira que “não se ramificavam nem se extinguíam” (RIDLEY, 2006, p. 31).

No padrão variacional, pelo contrário, a população de uma espécie exibe uma grande diversidade de caracteres entre os indivíduos que a compõem, condição necessária para que possa haver evolução e, eventualmente, especiação ou extinção. Segundo Kronenfeldner:

“What is most important is that a Darwinian explanation of evolutionary change requires that populations exhibit variation. (...) Variation in Darwinian evolution means, first, that individuals in a population differ from one another, second, that the differences can add up during evolution and, third, that they can do this because of a *sorting process*” (KRONENFELDNER, 2006, p. 497).

Enfim, uma vez que os mecanismos de restrição de variações não sejam suficientemente poderosos para fazer com que um padrão originalmente variacional de mudanças passe a ser um padrão transformacional, o processo evolutivo em comento é de natureza inegavelmente darwinista. A evolução tecnológica se encaixa perfeitamente nesse contexto, não havendo razão para enquadrá-la como

lamarckista ou instrucionista; aliás, foi a abundância de evidências do caráter variacional do processo de inovação tecnológica, baseado na competição de técnicas e artefatos, que levou uma série de estudiosos e pesquisadores a declará-lo como evolutivo.

Este artigo voltou-se para um estudo da viabilidade e consistência de se adotar um modelo selecionista no caso da dinâmica tecnológica. A questão da fertilidade desse modelo, na explicação de casos particulares de dinâmica tecnológica, deve ser deixada para uma outra oportunidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, P. Problemas metodológicos em historiografia da ciência.

In: Waldomiro, J. (ed.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcadia/UCSAL, pp. 51-91, 2002.

———. Models and the dynamics of theories. *Philosophos* (Goiânia), v. 9, n. 2, pp. 225-270, 2004a.

———. O programa de uma epistemologia evolutiva. *Revista de Filosofia* (Curitiba), v. 16, n. 18, pp. 11-55, 2004b.

———. El programa de una epistemología evolucionista. In: Rosas, A. (ed.) *Filosofía, darwinismo y evolución*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas, 2007, p. 121-179.

———. EL-HANI, C. Gould, Hull and the individuation of scientific theories. *Foundations of Science*, v. 14, n. 4, p. 295-313, 2009.

———. ALMEIDA, F. Evolução humana: a teoria da dupla herança. In: Abrantes (org.) *Filosofia da Biologia*. RS: ARTMED, 2011.

———. CEZAR, F. G. Princípio da Precaução: considerações epistemológicas sobre o Princípio e sobre sua Interação com o

- Processo de Análise de Risco. *Cadernos de Ciências e Tecnologia* (Brasília: Embrapa), v. 20, n. 2, pp. 225-262, 2003.
- BASALLA, G. *The Evolution of Technology*. Cambridge: University Press, 1988.
- CAMPBELL, D. T. From evolutionary epistemology via selection: theory to a sociology of scientific validity. *Evolution and Cognition*, v. 3, n. 1, pp. 5-38, 1997.
- CUPANI, A. La peculiaridad del conocimiento tecnológico. *Scientiae Studia*, vol. 4, n. 3, pp. 353-371, 2006.
- CZIKO, G. Universal Selection theory and the complementarity of different types of blind variation and selective retention. In: Heyes, C.; Hull, D. (org.). *Selection Theory and Social Construction*. Albany: State University of New York Press, 2001, pp. 15-34.
- DAWKINS, R. Universal Darwinism. In: Hull, D; Ruse, M. (org.). *The Philosophy of Biology*. New York/Oxford: Oxford University Press, pp. 15-37, 1998.
- DENNETT, D. C. *A perigosa idéia de Darwin: A evolução e os significados da vida*. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.
- DIAMOND, J. *Armas, Germes e Açõ*. Rio de Janeiro: Record, 2007.
- FLECK, J. Artefact – Activity: the coevolution of artefacts, knowledge, and organization in technological innovation. In: Ziman, J. (org.). *Technological Innovation as an evolutionary process*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 248-266, 2000.
- FUTUYMA, D. *Biologia Evolutiva*. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002.
- HESSE, M. Models and Analogies. In: Newton-Smith, W. H. (ed.). *A Companion to the Philosophy of Science*. Malden: Blackwell, pp. 299-307, 2000.

- HULL, D. *Lamarck among the anglos: An introduction to Lamarck's Zoological Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press, pp. xl-lxvi, 1984.
- JABLONKA, E. Lamarckian Inheritance Systems in Biology: A Source of Metaphors and Models in Technological Evolution. In: Ziman, J. (org.). *Technological Innovation as an evolutionary process*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 27-40, 2000.
- KRONENFELDNER, M. Is Cultural Evolution Lamarckian?. *Biology and Philosophy*, n. 22, pp. 493-512, 2007.
- LEWENS, T. *Organisms and Artifacts*. Cambridge: The MIT Press, 2004.
- LEWONTIN, R. *A tripla hélice*. SP: Companhia das Letras, 2002.
- MAYR, E. *Biologia, Ciência Única*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MCSHEA, D. Complexity and Evolution: What Everybody Knows. In: Hull, D; Ruse, M. (org.). *The Philosophy of Biology*. New York/Oxford: Oxford University Press, pp. 625-649, 1998.
- MITCHAM, C. Philosophy of Technology. In: Durbin, P. (org.). *Guide of the Culture of Science, Technology and Medicine*. New York: The Free Press, pp. 282-363, 1980.
- MOKYR, J. Evolutionary phenomena in technological change. In: Ziman, J. (org.). *Technological Innovation as an evolutionary process*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 52-65, 2000.
- MOWERY, D.; ROSENBERG, N. *Trajetórias da inovação*. Campinas: Editora Unicamp, 2005.
- NELSON, R. Universal Darwinism and evolutionary social science. *Biology and Philosophy*, n. 22, pp. 73-94, 2007.
- . WINTER, S. *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Editora Unicamp, 2005.
- PETROSKI, H. *A evolução das coisas úteis*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.
- Cad. Hist. Fil. Ci.*, Campinas, Série 3, v. 21, n. 2, pp. 429-470, jul.-dez. 2011.

- PITT, J. *Thinking about technology*. New York: Seven Bridges Press, 2000.
- RIDLEY, M. *Evolução*. Porto Alegre: Editora Artmed, 2006.
- ROSENBERG, N. *Por dentro da caixa-preta*. Campinas: Editora UNICAMP, 2006.
- ROYSTON, R. *Descobertas acidentais em ciências*. Campinas: Papirus, 1995.
- RUSE, M. Evolution and progress. In: Hull, D; Ruse, M. (org.). *The Philosophy of Biology*. New York/Oxford: Oxford University Press, pp. 610-624, 1998.
- SOBER, E. *Conceptual issues in evolutionary biology*. Cambridge: The MIT Press, 1994.
- TOSCANO, M. *Nos trilhos da inovação: uma contribuição filosófica para a consolidação de um modelo para a evolução tecnológica*. Dissertação (Mestrado em Filosofia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- WINNER, L. *Autonomous technology: technics-out-of-control as a theme in political thought*. Cambridge (MA): MIT Press, 1977.
- ZIMAN, J. Introduction: Selectionist Reasoning as a Toll of Thought. In: Wheeler, M.; Ziman, J. Boden, M.(ed.). *The Evolution of Cultural Entities*. Oxford: Oxford University Press, pp. 1-8, 2002.
- . (org.). *Technological Innovation as an Evolutionary Process*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000.