

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

# **Crítica de Gould ao Neodarwinismo: A Ampliação do Horizonte Explicativo da Teoria Evolutiva Contemporânea**

**Anderson Barbosa Felizardo**

**BELO HORIZONTE  
2005**

**Anderson Barbosa Felizardo**

# **Crítica de Gould ao Neodarwinismo: A Ampliação do Horizonte Explicativo da Teoria Evolutiva Contemporânea**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

**Orientador: Ernesto Perini Motta Santos**  
**Co-orientação: Nelson Monteiro Vaz**

**BELO HORIZONTE**  
**2005**

100 Felizardo, Anderson Barbosa  
F316c Crítica de Gould ao Neodarwinismo: A Ampliação do  
2006 Horizonte Explicativo da Teoria Evolutiva Contemporânea  
Anderson Barbosa Felizardo – 2006.

108 f.

Orientador: Ernesto Perini Motta Santos

Co-Orientador: Nelson Monteiro Vaz

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Filosofia.

1. Filosofia - Teses 2. Evolução - Teses 3. Movimentos sociais- Teses I. Santos, Ernesto Perini Motta. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Filosofia. III. Título

Anderson Barbosa Felizardo

**Crítica de Gould ao Neodarwinismo: A Ampliação do Horizonte Explicativo da Teoria Evolutiva Contemporânea**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

**Banca Examinadora:**

Professor Dr. Ernesto Perini Frizzera Mota Santos (Orientador) – UFMG

Professor Dr. Paulo Roberto Margutti Pinto – UFMG

Professor Dr. Túlio Roberto Xavier de Aguiar - UFOP

Dissertação defendida e aprovada, com a nota 90 (noventa) pela  
Banca Examinadora constituída pelos Professores:



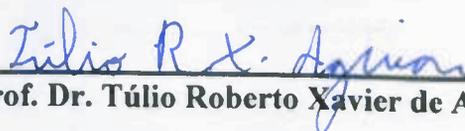
---

**Prof. Dr. Ernesto Perini Frizzera da Mota Santos (Orientador) - UFMG**



---

**Prof. Dr. Paulo Roberto Margutti Pinto - UFMG**



---

**Prof. Dr. Túlio Roberto Xavier de Aguiar – UFOP**

**Pós-Graduação em Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas  
Universidade Federal de Minas Gerais**

**Belo Horizonte, 15 de dezembro de 2005.**

## Agradecimentos

Agradeço especialmente a Mônica, a orientação acadêmica do trabalho. Um trabalho ao grande professor que trouxe em mim a mais ampla compreensão do mundo de hoje graças ao ensino e à boa presença e compreensão de todos os detalhes.

Agradeço o comprometimento e as pesquisas realizadas com alguns professores de alto nível e presença. Fui muito feliz com a minha jornada ao longo de todo esse percurso acadêmico. Agradeço ao profissional dedicado e eficiente, a meu orientador, o professor Fábio Marcelo Vaz, que me auxiliou e permitiu que eu fosse ao encontro com a sua orientação de pós-graduação e pesquisas com um vasto conhecimento em biologia.

Agradeço também a secretária da Departamento de Pós-graduação do Departamento de Física (FAPIC) / UFPA, a assistente social Andréa, que além de amável, sempre me ajudou em todas as situações com toda atenção e zelo.

Obrigado a todos.

As palavras não me dão conta de expressar meus agradecimentos.

Dedico este trabalho a todos os amigos e professores que me acompanharam durante a vida acadêmica e contribuíram, mesmo sem saber, para minha formação em todos os sentidos. Dedico também a toda minha família, e de forma especial à senhora Celeste, minha mãe.

## Agradecimentos

Agradeço inicialmente e sobretudo, a orientação paciente do professor Ernesto Perini, um grande pensador, que mesmo em meio a seus muitos compromissos, aceitou de bom grado me orientar e o fez precisa e criteriosamente. Muito obrigado!

Agradeço o acompanhamento e as preciosas conversas com dois outros pensadores de altíssimo nível: o professor Paulo Roberto Margutti Pinto, meu mentor ao longo de todo meu percurso acadêmico, exemplo de profissional dedicado e coerente; e meu co-orientador, o professor Nelson Monteiro Vaz, que me convidou a participar do seu grupo de estudos junto a seus orientandos da pós-graduação e contribuiu com seu vasto conhecimento em biologia.

Agradeço também a secretária do Departamento de Pós-graduação do Departamento de Filosofia FAFICH / UFMG, a excelentíssima senhora Andréa, que além da amizade, sempre me ajudou em todas as situações com total atenção e zelo.

Obrigado a todos.

As palavras 'eterna gratidão' resumem bem estes agradecimentos.

Stephen Jay Gould

***“O MAIOR IMPEDIMENTO À INOVAÇÃO CIENTÍFICA  
É, EM GERAL, UM OBSTÁCULO CONCEITUAL E NÃO  
A FALTA DE INFORMAÇÕES FACTUAIS.”***

**Stephen Jay Gould.**

## Resumo

Palavras-chave: *Evolução, Neodarwinismo, Contingência, Janela Explicativa.*

A presente dissertação tem dois objetivos principais: o primeiro é explicitar o debate teórico entre a *teoria sintética da evolução* ou *neodarwinismo*, e um de seus principais oponentes, o paleontólogo e evolucionista Stephen Jay Gould; o segundo consiste em avaliar, com base na crítica gouldiana, a real necessidade de alargamento da janela explicativa da teoria da evolução, e em que medida a expansão naquilo que a teoria deve considerar aponta em direção a um novo paradigma evolutivo. O quadro teórico da teoria sintética foi elaborado por autores de várias áreas ao longo do século XX, e começou a ser contestado em meados dos anos 70, pelas oposições feitas à teoria com base em dados científicos conflitantes que não cabem no escopo explicativo neodarwinista, gerando novas especulações e hipóteses sobre os mecanismos da evolução. A teoria sintética afirma que a evolução se realiza lenta e gradualmente, tendo a seleção natural como principal agente nesse processo, com as espécies se adaptando ao meio. Dentre as críticas realizadas por Gould e seus colaboradores, três são fundamentais: a crítica ao ritmo lento da evolução ou gradualismo, que é efetuada pela teoria do *equilíbrio pontuado* em 1972; a segunda é conhecida como *crítica ao programa adaptacionista*, empreendida em 1979, e é focada sobre a afirmação de que todas as características dos organismos resultam do modo como eles se adaptam para sobreviver e gerar descendência; a terceira crítica é uma retomada detalhada dos pontos anteriores para demonstrar o caráter *contingente* do processo evolutivo. Gould sinaliza a necessidade da revisão e expansão nos pressupostos da teoria evolutiva, reconhecendo a relevância de mecanismos que devem ser levados em conta nas explicações evolutivas. Estes elementos devem ser explicados por uma teoria da evolução mais completa, cobrindo lacunas explicativas que a teoria sintética e seus postulados não conseguem resolver. Não existe nenhuma nova teoria da evolução, porém, a necessidade de tornar mais preciso o esquema geral darwiniano, adequando a teoria aos fatos que exigem alguma explicação. Não é propósito deste texto explicitar os pormenores da teoria da evolução pela seleção natural, tal como elaborada por Darwin, nem se aprofundar em discussões relativas ao campo da biologia estrita. A partir do debate exposto, buscaremos avaliar em que medida uma reestruturação da teoria evolutiva é efetivamente necessária, e se a obra de Gould, em seu todo, oferece um novo modelo ou paradigma para biologia evolutiva e por extensão para toda biologia.

## Abstract

Key-words: *Evolution, Neodarwinism, Contingence, Explicative Window.*

The present dissertation has two main objectives: the first one is to explain the theoretical debate between the *synthetic theory of evolution* or *neodarwinism*, and one of its main opponents, the paleontologist and evolutionist Stephen Jay Gould. It consists of evaluating, on the basis of the gouldian critics, the real necessity of widening of *explicative window* of the theory of the evolution, and on which we measure the widening in what the theory must consider it points in direction to a new evolutionary paradigm. The theoretical picture of the synthetic theory was elaborated by authors of diverse fields throughout the XX century, and started to be contested in the 70's, based on scientific data which do not fit in the neodarwinist explanation, generating new speculations and hypothesis on the mechanisms of evolution. The synthetic theory says that evolution has a slow and gradual rhythm, with natural selection as the main agent of this process, with the species adapting to the environment. Amongst the criticisms carried out by Gould and his collaborators, there are three basic ones: the criticism to the slow rhythm of evolution or gradualism, contained in his theory of the *punctuated equilibria* of 1972; the *criticism to the adaptationist program*, undertaken in 1979, which focuses on the claim that all the characteristics of the organisms result in the way they adapt themselves to survive and generate offsprings; the demonstration of the contingency of the process. Gould signals to the necessity of revision and expansion in the evolution theory, recognizing the relevance of the mechanisms that must be taken into account in the evolutionary explanations. These elements must be explained by a more complete theory of evolution, covering explanation gaps that the synthetic theory and its postulates can not resolve. There isn't any new theory of evolution, but the necessity to make sharper the darwinism project, adapting theory to data demanding some explanation. It is not the scope of this dissertation to explain the details of the theory of evolution by natural selection as elaborated by Darwin, nor to go deeper in the quarrels of strict biology. From this debate, we will try to evaluate in which we measure a reorganization of evolutionary theory is indeed necessary, and whether Gould's works offers a new frame or paradigm for evolutionary biology and, by extension, to biology as a whole.

## SUMÁRIO

Introdução \_\_\_\_\_ Pg. 10.

### Capítulo I - O Neodarwinismo ou Teoria Sintética Contemporânea

1.1 - Antecedentes da Teoria Sintética \_\_\_\_\_ Pg. 13.

1.2 - A Nova Síntese Evolutiva \_\_\_\_\_ Pg. 25.

1.3 - O Programa Adaptacionista \_\_\_\_\_ Pg. 35.

### Capítulo II – As Críticas de Stephen Jay Gould à Teoria Sintética

2.1 – Crítica ao Gradualismo: O Equilíbrio Pontuado \_\_\_\_\_ Pg. 42.

2.2 – Crítica ao Programa Adaptacionista \_\_\_\_\_ Pg. 52.

2.3 – A Defesa da Contingência Evolutiva \_\_\_\_\_ Pg. 65.

### Capítulo III - Aspectos Epistemológicos da Teoria Evolutiva Contemporânea

3.1 - A Ampliação da Janela Explicativa da Teoria Evolutiva \_\_\_\_\_ Pg. 79.

3.2 – Gould Representa um Novo Paradigma em Evolução? \_\_\_\_\_ Pg. 94.

Conclusão - \_\_\_\_\_ Pg. 102.

Bibliografia - \_\_\_\_\_ Pg. 105.

## Introdução

O principal desenvolvimento da teoria da evolução por seleção natural ao longo do século XX é chamado de *teoria sintética da evolução*. Ela é a interpretação da teoria darwiniana à luz de novos campos da pesquisa científica, em especial da genética, afirmando a transformação lenta e gradual das espécies, através do mecanismo de seleção natural atuando sobre os genes. A teoria sintética é adotada atualmente como a extensão mais elaborada da teoria de Darwin e a explicação final para os processos evolutivos observados no mundo vivo. As contribuições dos diferentes campos de pesquisa para essa nova síntese que também é chamada *neodarwinismo*, possibilitaram grandes avanços na pesquisa evolutiva durante o século XX.

Apesar disso, a partir da década de 70 começaram a surgir as primeiras críticas ao neodarwinismo, críticas calcadas em dados científicos que se mostram em flagrante desacordo com a teoria sintética. O principal autor dessas críticas foi o paleontólogo americano Stephen Jay Gould, que contestou a teoria sintética em vários aspectos, contribuindo de forma ímpar para o debate teórico e o aprimoramento da pesquisa evolutiva e de toda a biologia.

O foco principal dos debates contemporâneos são os mecanismos da evolução. Ao contrário do que defende o neodarwinismo, o que Gould propõe é que a seleção natural pode não ser o único mecanismo através do qual a evolução ocorre, e que a teoria sintética é apenas um dos direcionamentos, entre outros possíveis, tomados pela pesquisa evolucionista posterior a Darwin. Veremos que Gould volta sua atenção para aspectos que influem decisivamente no processo evolutivo e que até suas críticas eram praticamente desconsiderados por qualquer análise explicativa neodarwinista.

A justificativa para a presente pesquisa surge do interesse em abordar uma parte específica da filosofia da ciência ainda pouco trabalhada nos departamentos de filosofia do Brasil: a *filosofia da biologia*. A idéia inicial, então, foi investigar os aspectos epistemológicos da grande teoria unificadora de todo o campo das ciências biológicas, ou seja, a teoria da evolução. A proposta não é fazer uma análise da obra darwiniana, mas investigar seu mais famoso desenvolvimento atual - a moderna teoria sintética da evolução - a partir das críticas e ataques que vem sofrendo de vários flancos. Todas as críticas aqui expostas têm como pivô central Stephen Gould que, com a colaboração de outros grandes evolucionistas, propõe possibilidades explicativas alternativas aos dogmas da teoria sintética, sugerindo mudanças na teoria evolutiva e até talvez um novo modelo explicativo capaz de cobrir problemas fora do escopo da teoria sintética.

Um olhar mais atento para as novas indicações que surgem na pesquisa evolutiva revela que os principais fundamentos da teoria sintética são lacunares e algumas vezes adotados *ad hoc*, independentemente das críticas e dos dados científicos contraditórios observados. A teoria sintética acredita ser uma teoria completa e inquestionável sobre evolução, não admitindo hipóteses explicativas complementares para os mecanismos evolutivos, o que restringe seu poder de análise e conseqüentemente estreita seu horizonte explicativo.

Gould aponta para a necessidade da ampliação da janela explicativa da teoria sintética, ou seja, uma ampliação naquilo que a teoria deveria explicar levando em conta aspectos importantes e decisivos na evolução do mundo vivo que, até então, foram negligenciados pelos neodarwinistas. O percurso teórico de Gould busca evidenciar um certo reducionismo negativo adotado pela teoria sintética, bem como a necessidade de aprimoramento da pesquisa evolutiva contemporânea.

A consequência epistemológica resultante deste debate teórico – a saber, o alargamento da janela explicativa da teoria evolutiva - é muito positiva, pois vêm engrandecer nosso saber sobre o surgimento, a transformação e a evolução da vida na Terra. Uma vez que a teoria evolutiva é considerada a teoria biológica por excelência, unificadora de todo o campo das ciências biológicas, certamente seu refinamento explicativo trará grandes novidades para a biologia e toda a ciência.

Cabe avaliar se as críticas à teoria sintética são suficientes para reorientar o curso da pesquisa evolutiva contemporânea e em que medida a abordagem pluralista realizada por Gould (não centrada na seleção natural), é uma ruptura com os limites explicativos neodarwinistas. Vamos também tentar responder se sua perspectiva contingencial representa ou não o início de um novo paradigma para a biologia evolutiva e, conseqüentemente, para todo o campo das ciências biológicas.

Este trabalho buscará explicitar os seguintes elementos:

- I – Princípios fundamentais da teoria sintética: gradualismo e adaptacionismo;
- II - As principais críticas dirigidas à teoria sintética por Stephen Jay Gould, e sua polêmica defesa do tema da contingência evolutiva;
- III - O debate (sempre pautado, porém, pela argumentação gouldiana) entre estas duas posições teóricas – neodarwinistas x Gould - na tentativa de identificar a necessidade ou não da ampliação daquilo que uma teoria da evolução deva considerar em suas explicações, e se essa abertura da teoria indica um novo paradigma para a biologia evolutiva. Este é o foco epistemológico da dissertação.

## Capítulo I – O Neodarwinismo ou Teoria Sintética Contemporânea

### 1.1 - Antecedentes da Teoria Sintética

Elaborar uma teoria capaz de explicar o surgimento e a evolução das inúmeras formas de vida existentes sobre a Terra tem sido um desafio para pensadores de todos os tempos. Os primeiros textos que evidenciam essa preocupação surgiram na Grécia Antiga, e desde então, essa tentativa de entender a diversidade da vida – da qual se ocupa hoje a biologia evolutiva - tornou-se um foco de especulações e críticas, e uma questão de primeira ordem nos debates científicos.

A idéia de que os seres vivos não são imutáveis, mas pelo contrário, capazes de sofrer mudanças, remonta aos filósofos da antiguidade tais como Heráclito, Anaximandro, Empédocles e Lucrecio. No entanto foi a tese oposta – os seres vivos são fixos ao longo do tempo e não passam por transformações – que dominou toda a ciência e o pensamento ocidental, baseada na noção de Aristóteles de que os seres vivos representavam formas substanciais imutáveis. O pensamento fixista ganhou força e se impôs por séculos, mostrando um panorama no qual as diferentes espécies de hoje, seriam as mesmas que existiram nos tempos primordiais. Somente a partir dos séculos XVII e XVIII começaram a surgir idéias opostas à velha tese fixista aristotélica, porém, nenhuma delas chegou a se consubstanciar em uma teoria coerente. Até finais do século XVIII, a ciência acreditava ainda, que o mundo vivo não se modificava e que o número de espécies na natureza havia sido instituído por Deus e era fixo. A partir do século XIX, compreender como a vida evoluiu ao longo das eras e como surgiram as espécies tornou-se uma necessidade prática e intelectual, e uma explicação científica para esse tema complexo se fazia necessária e urgente.

A primeira teoria consistente sobre a evolução se deve a Jean-Baptiste Lamarck, apresentada ao público em 1809, na sua obra *Philosophie Zoologique*, na qual ele defende que as plantas e os animais evoluem pela necessidade de se adaptar às mudanças do meio ambiente, ou seja, os seres vivos sofrem modificações condicionadas pelo ambiente e transmitem essas mutações às futuras gerações. Os pontos fundamentais de sua teoria podem ser assim resumidos:<sup>1</sup>

- Os seres vivos distribuem-se ao longo de duas séries (vegetais e animais), que vão dos organismos mais simples aos mais complexos;
- Ambas as séries formam escalas perfeitas, isto é, são compostas de seres que se escalonam em seqüência contínua e regular;
- Essas séries se desenvolveram por evolução progressiva.

Lamarck propôs sua teoria para explicar a evolução e a seqüência irregular dos seres vivos: os organismos apresentam uma tendência a evoluir, isto é, a mudar ao longo do tempo, do simples ao complexo. Trata-se, pois, de um fator interno. Se essa tendência pudesse operar sem perturbações de origem externa, haveria uma seqüência gradual perfeita dos seres vivos, dos mais simples aos mais complexos. A causa dessa tendência para evolução encontra-se nos próprios seres vivos e lhes foi conferida por Deus. Além disso, eles revelam também uma tendência à adaptação ao ambiente (que Lamarck chamava de *circunstâncias*). Essa adaptação às circunstâncias leva os seres vivos a criar e alterar órgãos. Também o uso e desuso dos órgãos fazem com que eles se desenvolvam ou se atrofiem no processo da adaptação.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Para uma análise da importância da obra de Lamarck, cf. Gould, 1989:65.

<sup>2</sup> É interessante notar como a noção de complexidade crescente, bem como a de adaptação, tomam corpo a partir da obra de Lamarck. Estes temas são alvo central da crítica gouldiana, e serão tratados nos próximos capítulos.

Lamarck sustentava que modificações no ambiente causariam alterações nas necessidades dos organismos, na utilização e desenvolvimento dos órgãos e no *design* corporal das espécies ao longo do tempo, causando a transmutação das espécies. Em outras palavras, o uso e desuso alteram a morfologia do organismo, que é transmitida para as gerações subseqüentes. Sua abordagem foi baseada em duas observações que eram aceitas por todos na época: a *lei do uso e do desuso* - os indivíduos perdem as características de que não precisam e desenvolvem outras que utilizam; e a *herança dos caracteres adquiridos*. Ele afirmou que as condições cambiantes do meio ambiente fazem que os organismos adaptem suas funções a este, e que tais adaptações se transmitem de geração a geração: o uso desenvolve e reforça determinado órgão e o desuso o atrofia.

O exemplo clássico usado para a compreensão desse mecanismo é o da girafa. Seu grande pescoço seria consequência do esforço de seus antepassados para alcançar as folhas das árvores mais altas para se alimentarem. O resultado ao final de algumas gerações seriam girafas com o pescoço extremamente alongado, tal como hoje conhecemos. Os organismos perceberiam suas necessidades fundamentais e adaptariam seu biótipo de acordo com elas, passando essas modificações diretamente a seus descendentes.

Outro exemplo utilizado por Lamarck foi o das aves pernaltas. Segundo ele, as aves aquáticas tornaram-se pernaltas devido ao esforço que faziam no sentido de esticar as pernas para evitarem molhar as penas durante a locomoção na água. A cada geração, esse esforço produzia aves com pernas mais altas, que transmitiam essa característica à geração seguinte. Após várias gerações, teriam sido originadas as atuais aves pernaltas.

Segundo esta teoria existiria uma *vontade própria* de mudança explícita, por parte do organismo, que seria transmitida a sua descendência por qualquer mecanismo hereditário não conhecido nem explicitado naquela altura. Já aqui podemos observar que a teoria evolutiva nascente situava no indivíduo de uma espécie a responsabilidade pela evolução. O *locus* evolutivo é o indivíduo. Assim Lamarck inaugura a tendência em pesquisa evolutiva de concentrar em um indivíduo da espécie a responsabilidade pelas transformações, noção essa que é endossada por Darwin, bem como pela teoria sintética da evolução, conforme veremos.

Lamarck não afirmou que os seres vivos tinham descendido de ancestrais comuns, mas sim que as formas de vida inferiores surgem continuamente a partir da matéria inanimada por geração espontânea, e progredem inevitavelmente em direção a uma maior complexidade e perfeição, devido a uma tendência inerente aos seres vivos em direção à complexidade. Ele defendia a geração espontânea contínua das espécies, com os organismos mais simples sendo transmutados com o tempo através da descendência com modificação, tornando-se mais complexos e próximos da perfeição ideal. Acreditava portanto num processo evolutivo teleológico, orientado para um fim, no qual os organismos se tornam mais perfeitos à medida que evoluem.

É provável que a visão que os teóricos contemporâneos têm de Lamarck seja injusta. As suas contribuições para a biologia não são desprezíveis, e ele merece respeito como o primeiro cientista a advogar a evolução, apresentando a hipótese de um mecanismo para explicá-la e acreditando na evolução biológica numa época em que não existiam muitos conhecimentos para sustentar essa visão. A teoria lamarckiana da evolução teve suas repercussões e trouxe elementos interessantes, inaugurando o debate em biologia evolutiva.

Apesar de suas diferenças, o lamarckismo abriu caminho para o darwinismo que ainda estava por surgir, no sentido em que afirmava que toda variação era dirigida por um processo natural, além de conter elementos que o próprio Darwin incorporou em *A Origem das Espécies*. Darwin aceitava, por exemplo, a idéia do uso e do desuso e desenvolveu a sua teoria da *pangênese* em parte para explicar esse fenômeno. A teoria da hereditariedade por combinação ou *pangênese*, adotada por Darwin, estipulava que o cruzamento de dois indivíduos diferentes para uma dada característica originava descendentes com características exatamente intermediárias: os filhos seriam a mistura de características paternas e maternas em igual proporção.

A teoria de Lamarck não é aceita atualmente, pois seu fundamento básico, a lei do uso e do desuso, apresenta um erro facilmente observável: os caracteres adquiridos não são hereditários. É fato que as alterações em células somáticas dos indivíduos não alteram as informações genéticas contida nas células germinativas, por exemplo, um cão que tenha sua cauda cortada não transmitirá essa característica para sua prole, originando filhotes com cauda longa. As modificações que um corpo sofre em sua passagem pela vida não são preservadas nos indivíduos que o sucedem; o que é reproduzido é o plano básico para construir cada novo organismo.

A rejeição dos caracteres adquiridos teve início com August Weismann<sup>3</sup>, e ele pode ser considerado o primeiro neodarwinista, pois criou um darwinismo que só aceitava como fatores evolutivos, exclusivamente, a variação genética e a seleção natural. Em 1883, Weismann propôs que o *plasma germinativo* é completamente

---

<sup>3</sup> Sobre a refutação do princípio dos caracteres adquiridos, cf. Weismann, 1889, Cap. VII e VIII; e Mayr, 1985:313-5.

imune a influências somáticas, rejeitando vigorosamente qualquer influência do ambiente sobre a hereditariedade.

As idéias de Weismann foram muito atacadas pelos *neolamarckistas* do período, mas foram amplamente aceitas após o reconhecimento do trabalho de Gregor Mendel. Sem mais advogar (ao menos de forma predominante) a herança dos caracteres adquiridos, desacreditada por Weismann, alguns autores passaram a admitir a existência de fatores internos que possibilitassem, promovessem ou orientassem a evolução (teorias autogenistas, em contraposição às teorias predominantemente ectogenistas, como a de Darwin). Os mais famosos adeptos dessas teses foram Henry Bergson (1859 – 1941), Teilhard de Chardin (1881 – 1955), Pierre Grassé (1895 - 1985), dentre outros. As hipóteses que advogam a existência de fatores evolutivos internos nem sempre se referem a forças místicas e nunca o sugerem como alternativas à mutação, à seleção natural, etc., mas apenas como fatores básicos que permitem e limitam a ação dos fatores darwinianos. A partir do lançamento de suas obras, Darwin passa a ser o grande marco teórico em biologia evolutiva e em toda ciência, inaugurando sua teoria que, desde então, é o pano de fundo obrigatório de virtualmente qualquer debate sobre teoria da evolução.

A célebre obra *A Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural* (1859)<sup>4</sup>, de Charles Darwin, trouxe uma proposta de evolução extremamente bem elaborada e articulada: a evolução baseada na seleção natural. *A Origem das Espécies* apresenta duas teses ou objetivos principais: provar que as espécies atuais evoluíram de outras espécies ancestrais, ou seja, que todos os organismos descenderam com modificação a partir de ancestrais comuns (a evolução como fato); e mostrar que o principal fator (mecanismo) de modificação é a ação da

---

<sup>4</sup> Para mais informações sobre a obra *Origem das Espécies*, cf. Desmond, & Moore, 1991.

seleção natural agindo sobre a variação individual, ou seja, como acontece o processo de *descendência com modificação*.

Darwin foi o primeiro cientista a ordenar em grande escala as evidências da realidade histórica da evolução, recorrendo a todas as fontes relevantes de informação, tais como os registros fósseis, a distribuição geográfica das espécies, anatomia e embriologia comparadas e a modificação de organismos domesticados. Boa parte de sua argumentação consistiu em mostrar como alguns elementos do mundo vivo (tais como as asas vestigiais observadas em besouros não voadores), poderiam ser compreendidos a partir de sua suposição da *ancestralidade comum*.

O impacto mais imediato de *A Origem das Espécies* foi fornecer uma estrutura conceitual para o estudo da morfologia comparada, embriologia descritiva, paleontologia e biogeografia, porque as relações entre os organismos passaram a ser, então, compreendidas como significando ancestralidade comum, em lugar de remeter a afinidades no esquema da criação como faz, por exemplo, a *Scala Naturae* ou grande escala de seres, uma antiga tabela que fazia a gradação desde a matéria inanimada, até anjos e outras entidades, passando por plantas, fungos e animais. O grande *insight* de Darwin foi o reconhecimento de que a variação entre organismos individuais de uma espécie não seria mera imperfeição, mas sim, o material a partir do qual a seleção podia moldar formas de vida melhor adaptadas.

Darwin modificou o princípio malthusiano de competição, aplicando-o não apenas à competição entre espécies, mas também a competição entre organismos individuais dentro de uma espécie. A substituição da concepção fixista sobre o mundo vivo (os organismos foram criados por deus e não se transformam) pela ênfase na variação evolutiva levada a cabo por ele é, talvez, sua mais revolucionária contribuição à biologia.

A sua idéia básica é de que a evolução das espécies resulta da descendência com modificação, orientada pela seleção natural. Em sua introdução à *Origem das Espécies*, ele argumenta que não se pode justificar a crença na evolução sem conceber seu mecanismo (sem isso, as hipóteses evolucionistas e criacionistas estariam em pé de igualdade). Ao fim da introdução, ele apresenta a seleção natural como o mecanismo de modificação mais importante, mas não exclusivo, em ação na evolução, considerando-a o poder predominante entre as causas de mudança:

*“Chamei este princípio, pelo qual cada leve variação, se útil, é preservada, pelo termo seleção natural, para marcar sua relação com o poder humano de seleção (seleção artificial). Mas a expressão freqüentemente usada pelo Sr. Herbert Spencer, de” sobrevivência do mais apto “é mais acurada e, às vezes igualmente conveniente. Temos visto que o homem pode produzir grandes resultados através da seleção e pode adaptar os seres orgânicos a seus próprios usos pelo acúmulo de variações leves mas úteis, que lhe são dadas pela natureza. Mas a seleção natural, como veremos a seguir, é um poder incessantemente pronto para a ação e imensuravelmente superior aos frágeis esforços do homem, como o são os trabalhos da natureza em relação aos da arte.”*

(Darwin, 1875:49)

A teoria proposta por Darwin defende que as modificações adaptativas das espécies são levadas a cabo pelo mecanismo da *seleção natural*. Ele atribuiu à ação contínua deste mecanismo, a origem de novas espécies e a extinção de outras. O grande feito de Darwin não foi apenas vislumbrar a noção de evolução,

mas também a noção de evolução orientada pela seleção natural, o que fornece um mecanismo que explica como o processo de descendência com modificação ocorre:

*“Se, no longo decorrer das eras e sob diversas condições de vida, os seres orgânicos variam nos diferentes segmentos de sua organização (...); se, devido à grande capacidade de crescimento geométrico de cada espécie, houver uma séria luta pela vida em alguma era, estação ou ano (...); então, considerando a infinita complexidade das relações de todos os seres orgânicos uns com os outros e com suas condições de existência, fazendo com que uma diversidade infinita na estrutura, na constituição e nos hábitos lhe seja vantajosa, penso que seria extraordinário não ter ocorrido nenhuma variação útil para o bem estar de cada ser, da mesma forma como tantas variações úteis ocorreram para o homem.”*

(Darwin, 1859:127)

E, definindo pela primeira vez a seleção natural, Darwin continua:

*“Mas se ocorrerem variações úteis a qualquer ser orgânico, certamente os indivíduos assim caracterizados terão mais chances de se preservar na luta pela vida; e, segundo o sólido princípio de hereditariedade, eles tenderão a ter uma prole com as mesmas características. A este princípio de preservação eu chamei, querendo ser breve, de Seleção Natural.”*

(Darwin, 1859:127)

De acordo com a teoria darwiniana, os seres vivos tendem a se reproduzir mais do que o meio em que vivem pode suportar, resultando na necessidade de

mudanças para lidar com novos recursos do meio, fazendo com que os mais aptos possuam maiores chances de sobreviver e de deixar maior número de descendentes, e que os menos aptos tendam a desaparecer aos poucos. Somente os mais aptos - geração após geração – irão deixar descendência, sendo que os menos aptos acabarão reproduzindo-se cada vez menos até sua total extinção: *“Essa preservação de diferenças individuais favoráveis e a destruição daquelas que sejam prejudiciais, chamei de seleção natural ou sobrevivência do mais apto.”* (Darwin, 1875:63)

Darwin não afirmou que a seleção natural explicava tudo, ela seria: o *“principal, mas não exclusivo, meio de modificação”* (Darwin, 1859:6).

A essência do darwinismo reside na afirmação de que a seleção natural é a força diretriz da evolução, possibilitando estruturas corporais dessemelhantes e preservando diferencialmente, geração após geração, os organismos melhor adaptados:

*“Que limites podem ser dados a esta força, agindo durante longas eras e rigidamente investigando toda a constituição, estrutura e hábitos de cada criatura – favorecendo o bom e rejeitando o mau? Não vejo limites para essa força, ao adaptar harmoniosa e lentamente cada forma às relações mais complexas da vida”.*

(Darwin, 1859:469)

A seleção natural, como é vista hoje, estabelece que todos os seres vivos produzem descendentes que são parecidos com eles, mas que não lhes são idênticos. Durante a reprodução, o cruzamento de genes ou mutações aleatórias fazem com que a descendência adquira novos traços. Na luta pela sobrevivência,

algumas dessas características fazem com que uns tenham mais descendentes que outros. Ao longo de milhares de anos, esses traços tendem a se espalhar pela população e eliminam outros menos favoráveis, que não auxiliam na disputa pelos recursos disponíveis. Quando o grupo tiver acumulado um número tão grande de mudanças a ponto de não conseguir mais se reproduzir com outros da mesma espécie, ele dará origem a uma nova linhagem. Dessa forma, pequenas mudanças em indivíduos levariam, de forma lenta e gradual, à criação de uma nova espécie.

Dois postulados adicionais considerados geralmente como parte da visão neodarwinista do mundo estão intimamente relacionados com a teoria da evolução por seleção natural de Darwin: o *gradualismo* e o *adaptacionismo*. O gradualismo afirma que, já que a evolução reside em um processo de mudança passo a passo de um conjunto de variantes aleatórias, então, as transformações evolutivas devem ser predominantemente contínuas - lentas e graduais - e os descendentes de uma espécie devem estar ligados à seus ancestrais por uma larga cadeia de fenótipos (designs corporais) intermediários: o adaptacionismo é a idéia de que os organismos estão completamente adaptados a seu meio.

De acordo com a teoria sintética (que também chamamos de neodarwinismo), tanto o gradualismo quanto o adaptacionismo não podem ter sido causadas por outro mecanismo que não o da seleção natural. O pressuposto fundamental é o reconhecimento da seleção natural como o único e exclusivo mecanismo responsável pela evolução, acarretando necessariamente, tais características, objetos centrais das críticas à teoria sintética, conforme veremos nas próximas seções.

Não é propósito deste texto explicitar os pormenores da teoria da evolução pela seleção natural, tal como elaborada por Darwin. Sabemos que a imensa força

da teoria darwiniana se deve ao fato de ela fornecer um mecanismo através do qual a evolução ocorre: a seleção natural. Darwin, em sua obra, continuamente enfatizou esta diferença entre o estabelecimento do fato da evolução (tarefa na qual ele obteve grande êxito) e a proposta de um mecanismo para explicar o processo evolutivo.

Partindo da afirmação de que a evolução se realiza gradualmente, tendo a seleção natural como agente exclusivo neste processo e aceitando como conseqüência destes postulados o adaptacionismo irrestrito, é que foi elaborada a teoria sintética da evolução. Iniciaremos agora uma explanação geral e o aprofundamento na mesma.

Em Darwin, identificando que a hereditariedade por conexão era uma hipótese errada, a hereditariedade, em realidade, é transmitida em particular por unidades – que se herdam bem distantes durante a transmissão hereditária. E o que explicam as regras de herança descobertas pelo monge Gregor Mendel e que foram publicadas de forma discreta em uma revista austriaca no ano de 1865. A obra de Mendel passou despercebida enquanto ele ainda estava vivo e só se tornou conhecida de biólogos Hugo de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak e outros em 1900.

Os estudos sobre a transmissão de características hereditárias, realizados por Mendel, inauguraram as bases da moderna genética. Mendel realizou por mais de dez anos como as características são transmitidas de geração a geração e quem fez as primeiras experimentações sistemáticas, pesquisando a herança de diversas variedades de ervilhas. Ele descobriu que certas características semelhantes

<sup>1</sup> Estas ideias publicaram-se há pouco em um mesmo volume do *Proceedings of the United States Society of Science* a respeito das Leis de Mendel de Keller, 2002, 13-24.

## 1.2 - A Nova Síntese Evolutiva

A teoria da hereditariedade por combinação adotada por Darwin estipulava que o cruzamento de dois indivíduos diferentes para uma dada característica originava descendentes com características exatamente intermediárias: um indivíduo seria uma mistura das características paternas e maternas em proporções iguais. Mas os argumentos e dados a esse respeito eram, na época, muito frágeis e escassos. O darwinismo necessitava de uma teoria sólida sobre a transmissão hereditária que explicasse a persistência das variações sobre as quais opera a seleção natural.

Somente no século XX foi possível a ciência fornecer os dados que faltavam a Darwin, identificando que a hereditariedade por combinação era uma noção errada: a hereditariedade, em realidade, é baseada em partículas elementares – os genes – que se mantêm bem distintos durante a transmissão hereditária. É o que exprimem as regras de herança descritas pelo monge Gregor Mendel e que foram publicadas de forma obscura em uma revista austríaca no ano de 1865. A obra de Mendel passou despercebida enquanto ele ainda estava vivo e só a partir de 1900 os biólogos Hugo de Vries, Carl Correns e Eric Von Tschermak a redescobriram.<sup>5</sup>

Os estudos sobre a transmissão de características hereditárias, realizados por Mendel, inauguraram as bases da moderna genética. Mendel estudou por mais de dez anos como as características são transmitidas de geração a geração e é ele quem faz as primeiras experimentações sistemáticas, pesquisando a reprodução de diversas variedades de ervilhas. Ele descobre que certas características dominam e

---

<sup>5</sup> Estes autores publicaram seus textos em um mesmo volume do *Proceedings of the German Botanical Society*. Sobre a redescoberta das Leis de Mendel cf. Keller, 2002:13-14.

outras ficam ocultas (são recessivas) e constrói um modelo matemático-estatístico da transmissão dos caracteres hereditários.

Com a teoria de Mendel, o problema da herança por mistura (pangênese) não tinha mais força – recombinações podem amplificar a variação e novas variantes estáveis podem surgir por mutação, como por exemplo, um casal em que ambos tenham olhos castanhos, pode gerar filhos com olhos verdes. Surge, a partir de então, a genética, um novo campo de estudos cheio de promessas e realizações, dentre as quais a de preencher o vazio da teoria darwiniana no tocante a como as características hereditárias são mantidas e repassadas de geração a geração.

A teoria de Darwin oferece um mecanismo para explicar a transformação das espécies - a seleção natural - agindo sobre variações individuais, enquanto a genética oferece explicações para a manutenção das características particulares dos organismos (as leis da hereditariedade que faltavam a Darwin). Ao longo da primeira metade do século XX, a teoria de Darwin recebeu contribuições importantes tanto da genética, quanto da observação das espécies na natureza, se consolidando por volta dos anos 40 em diversas áreas da biologia. Por isso, foi batizada de teoria *sintética da evolução*<sup>6</sup> por Julian Huxley, em sua obra *Evolution - The Modern Synthesis* (1942).

A síntese foi uma reafirmação da formulação darwiniana de que toda mudança evolutiva se deve à força direcionadora da seleção natural, agindo sobre a variação genética abundantemente disponível. Ela é o resultado da combinação das idéias originais de Darwin sobre as mudanças evolutivas graduais movidas pela seleção natural, com as descobertas da biologia molecular sobre as leis da

---

<sup>6</sup> Também costuma ser denominada por 'nova síntese', 'adaptacionismo' ou 'neodarwinismo'.

estabilidade genética, integrando a genética mendeliana e pós-mendeliana (a genética de populações e seus modelos matemáticos).

Essa síntese ocorreu em dois momentos: inicialmente a fusão do programa de investigação mendeliano com as tradições darwinianas da história natural, logo que os mendelianos reconheceram a importância das micromutações (pequenas variações entre gerações próximas de indivíduos da mesma espécie) e sua correspondência com a variação darwiniana. No momento seguinte, as disciplinas tradicionais da história natural, como a paleontologia, morfologia e a botânica clássica, por exemplo, foram integradas ao esquema evolutivo darwiniano e, de forma ampla, se mostraram consistentes com este.

A obra seminal da teoria sintética é *A Genética e a Origem das Espécies* (1937), de Theodosius Dobzhansky, à qual se seguiram outros importantes trabalhos dentre os quais: o já citado *Evolution: The Modern Synthesis* (1942) de Julian Huxley; *Systematics and the Origin of Species* (1942), de Ernst Mayr; *Tempo and Mode in Evolution* (1944), de George G. Simpson, e *Variation and Evolution in Plants* (1950) de G. Stebbins. Estes autores frequentemente são reconhecidos como os arquitetos da nova síntese evolutiva.<sup>7</sup>

A seleção natural é o principal fator evolutivo que atua sobre a variabilidade genética das populações. A ação da seleção natural consiste em selecionar genótipos mais bem adaptados a uma determinada condição ecológica, eliminando aqueles desvantajosos para essa mesma condição. A seleção natural tende, portanto, a diminuir a variabilidade genética. Desse modo, quanto mais intensa for a seleção natural sobre uma determinada população, menor será sua variabilidade,

---

<sup>7</sup> Estes são apenas os principais teóricos. Para uma lista completa, com todos autores, publicações e suas respectivas datas. Ver Maia, 1988. Cap. IV.

pois apenas alguns genótipos serão selecionados. Toda variação evolutiva resulta de mutação aleatória – isto é, de mudanças genéticas aleatórias – que são mantidas ou rejeitadas pela seleção natural. De acordo com o historiador da ciência Marcel Blanc, a nova síntese repousa em duas proposições:

*“Em primeiro lugar, a evolução consiste no surgimento de novas variantes de genes por mutação ao acaso nas populações, seguida de substituição gradual, sob a ação da seleção natural, das variantes menos apropriadas pelas mais apropriadas; em segundo, o mesmo mecanismo de modificação da composição genética das populações permite explicar como uma espécie gradualmente dá origem à outra, em conseqüência da diferenciação genética acrescida de uma de suas espécies”.*

(Blanc, 1994:88)

À medida que as pesquisas nas diversas áreas das ciências naturais foram se desenvolvendo, os contornos da teoria sintética foram se tornando mais nítidos. Julian Huxley, ao cunhar a expressão, definiu a teoria sintética como uma integração das partes díspares da biologia em torno do pensamento darwiniano. Em 1950, a teoria sintética já era aceita de maneira universal entre biólogos de todas as áreas, e as controvérsias se limitavam aos pormenores no interior da teoria.

Assim, a síntese neodarwinista se mostrou uma teoria aparentemente coerente e capaz de explicar definitivamente a evolução das espécies. Cem anos após a publicação de *A Origem das Espécies*, a teoria sintética contava com a adesão sem reservas da maioria dos biólogos e cientistas de todas as áreas. A análise dos textos desta fase mostra a emergência da seleção natural e da

adaptação como postulados ou pressupostos para o estudo da evolução. A definição da teoria sintética de Ernst Mayr reflete essa versão cristalizada:

*“O termo síntese evolutiva foi introduzido por Julian Huxley... para designar a aceitação geral de duas conclusões: a evolução gradual pode ser explicada em termos de mudanças genéticas pequenas (mutações) e recombinação, e o ordenamento desta variação genética pela seleção natural; e os fenômenos evolutivos observados, particularmente os processos macroevolutivos e de especiação, podem ser explicados de forma que sejam consistentes com os mecanismos genéticos conhecidos”.*

(apud Gould, 1982:382)

Apesar das críticas que recebe, esta definição é considerada pela maioria dos biólogos como a versão ampla da teoria evolutiva. Ela ressalta duas afirmações centrais do neodarwinismo: a primeira é a sua ênfase no gradualismo (mudanças genéticas pequenas) e seleção natural; a segunda é a afirmação de que tudo em teoria evolutiva pode ser explicado a partir do âmbito da genética. A característica fundamental da teoria sintética é a noção de que a seleção natural agindo sobre os genes é o principal, senão único, mecanismo efetivo da evolução. De acordo com Ernst Mayr, a idéia principal dos neodarwinistas é a de que *“o único fator que pode conduzir à evolução é a seleção natural”* (Mayr, 1976). Defendendo já este ponto de vista, Julian Huxley escreveu em 1953:

*“A descoberta do princípio da seleção natural tornou a evolução compreensível; junto à genética moderna, tornou insustentável qualquer outra*

explicação para a evolução... não somente é um fator eficaz e efetivo da evolução, como é o único fator efetivo”.

(Huxley, 1953:29)

A teoria sintética tem como pressuposto fundamental a luta das espécies pela sobrevivência como fator guia do processo evolutivo e, conseqüentemente, como fator determinante do surgimento e desaparecimento das espécies biológicas (Mayr, 1976).

Atualmente existe uma tendência aberta pelos vários críticos do adaptacionismo em dividir o estudo evolutivo em *microevolução* e *macroevolução*<sup>8</sup>. Pequenas variações no interior de uma mesma espécie caracterizam a microevolução. Mudanças maiores, como quando uma nova espécie ou filo é formado, são chamadas de macroevolução. Alguns biólogos acham que os mecanismos de macroevolução são diferentes dos mecanismos da mudança microevolutiva. Outros pensam que a distinção entre os dois é arbitrária: a macroevolução seria apenas a microevolução acumulada. O neodarwinismo entende o fenótipo de um organismo como a expressão do genótipo. O gene é considerado pelos adaptacionistas como o locus privilegiado da mudança evolutiva. Isto é, a teoria sintética afirma que o genótipo determina o fenótipo em todos os âmbitos do processo de transformação de uma espécie. Isso significa que a macroevolução não influiria ativamente no processo evolutivo, resultando apenas do arranjo genético dos organismos motivados pela seleção natural. A macroevolução

---

<sup>8</sup> Pode-se considerar que a macroevolução é a evolução acima do nível das espécies, ou inter-específica, enquanto a microevolução é a evolução dos genes dentro do indivíduo, ou intra-específica.

seria uma extrapolação da microevolução, ou melhor, a microevolução (leia-se 'seleção natural') agindo sobre os indivíduos por grandes períodos de tempo.

Este seria, conforme os neodarwinistas, o mecanismo exclusivo da evolução das espécies: "*é no gene que se deve buscar a compreensão mais profunda da adaptação*" (Williams, 1966:71). As características fenotípicas dos organismos são a expressão física daquilo que seus genes ditam e qualquer mudança ocorre, inicialmente, no genoma dos indivíduos. A teoria sintética apoiada na genética evolutiva é uma extensão do darwinismo em um sentido preciso, de acordo com o qual toda evolução deve ser explicada pela seleção natural dos genes. É essa postura que o historiador da ciência Pierre Thuillier (1994) chama de *darwinismo do gene*.

O neodarwinismo e sua ênfase no mecanismo da seleção natural caracteriza como agente da mudança evolutiva apenas o gene, ou melhor, o genoma do indivíduo, como nos argumentos de Richard Dawkins ou de Daniel Dennett, onde os genes é que são os agentes da mudança. Para estes autores o verdadeiro locus da seleção natural é o genoma. Isso significa que boa parte da biologia evolutiva contemporânea "*... nega um status causal ativo a qualquer unidade biológica 'superior', como uma espécie ou um ecossistema*" (Murphy & O'Neill, 1997).

A diversidade dos seres vivos é explicada como o resultado de um processo reprodutivo imperfeito, que dá lugar a uma descendência com modificações. Estas modificações, por sua vez, resultam das falhas no próprio processo reprodutivo, sem qualquer correlação com a história de vida do progenitor, ou com influências ambientais que o grupo possa sofrer. Por outro lado, a teoria sintética também afirma que no processo de transformação das espécies o meio constitui um agente

ativo, na medida em que ele atua sob a forma de uma força, ou pressão seletiva que determina a direção do processo de transformação.

Toda mudança em uma linhagem é precedida de uma mudança do meio no qual vivia seu grupo ancestral e que direciona o curso das transformações nos seres vivos descendentes, no sentido de uma melhor adaptação às novas circunstâncias ambientais. Cabe ao 'meio' o papel de restringir, estabilizar e homogeneizar a variabilidade dos caracteres fenotípicos, selecionando-os e estendendo-os à população descendente.

Assim, quando ocorre uma alteração no ambiente, os indivíduos que possuem características que lhes permitam adaptar-se melhor às novas condições, sobrevivem e deixam maior descendência, e aqueles que não têm estas características deixam menor descendência e tendem a se extinguir.

Para a teoria sintética a seleção acontece devido a alterações no *pool* genético de uma população, e não devido à ocorrência de alterações no genótipo de determinado indivíduo. Para definir a quantidade de alelos e de genótipos fala-se em frequência genética, que se relaciona com a frequência dos alelos, e em frequência genotípica, que diz respeito à frequência dos genótipos. Cada população possui um conjunto de alelos que a caracterizam, ocorrendo uma estabilidade onde a frequência de cada um dos alelos se mantém a mesma, caso se mantenham as condições ambientais. Este conjunto ou *pool* genético confere aos seus indivíduos capacidades adaptativas para determinado ambiente em determinado período de tempo. No entanto, o genótipo dos indivíduos da população não é igual: há variabilidade. Esta variabilidade vai permitir a adaptação de alguns indivíduos, aqueles que possuam maiores capacidades adaptativas para determinado ambiente, no caso de ocorrer uma alteração brusca no meio.

Podemos dizer então, que quanto maior a diversidade de indivíduos, maior a probabilidade de adaptação da espécie a um novo ambiente, pois aumentam as chances de indivíduos com as características necessárias para sobreviver aos novos desafios e exigências. Vai haver, então, uma tendência para o aumento da frequência gênica do alelo que permitir melhor adaptação ao novo ambiente, ocorrendo aos poucos o desaparecimento do alelo que determinava as características mais aptas ao ambiente anterior. Naturalmente, o que é ser mais apto varia na história evolutiva: o indivíduo que conseguiu se adaptar ao novo ambiente podia não estar muito bem adaptado ao ambiente anterior.

Isso significa que é o patrimônio genético de uma população que é remodelado, como fruto da ação seletiva do meio. Ainda que no processo de formação de novas espécies o meio atue exclusivamente sobre os organismos vivos, selecionando os diversos fenótipos, é no nível do genoma que se pode detectar seu efeito. Isto se deve ao fato de a teoria sintética estabelecer o processo evolutivo como um processo com alto grau de determinação genética, ao mesmo tempo em que mantém as noções de adaptação, seleção e competição pela sobrevivência.

Esta tensão entre a contingência das variações genéticas hereditárias e a necessidade de adaptação ao meio se fundamenta na tentativa de conciliação entre teoria genética e teoria da evolução pela seleção natural. Isto é, ela é fruto da noção de que a variabilidade de alguns indivíduos de uma população (genética e contingentemente determinada) conferirá vantagens potenciais ou reais, na luta pela vida com outros competidores. Conseqüentemente, ela aponta os indivíduos de uma determinada espécie como seres dotados de distintos graus de adaptação, frente

aos quais os mais adaptados se reproduzirão mais e eliminarão seus competidores menos hábeis na luta pela sobrevivência.

Neste contexto, a teoria sintética passa a sustentar a idéia de que todas as características dos animais têm um sentido adaptativo, ou seja, são objetos da seleção natural. Nos anos 60, a noção de seleção natural traçou amplamente seu caminho, sendo aceita sem restrições como o único mecanismo efetivo da evolução. Na próxima seção veremos pontualmente quais são os pressupostos e as características fundamentais do adaptacionismo.

\* Gould & Lewontin, 1979.

### 1.3 – O Programa Adaptacionista

O programa de investigação empenhado em demonstrar a evolução como resultado da adaptatividade dos indivíduos e suas características ao meio foi denominado *programa adaptacionista*<sup>9</sup>. Essa definição do termo foi sugerida por Lewontin e aplicada aos defensores da teoria sintética ou neodarwinistas, por assumirem que todos os aspectos da morfologia, fisiologia e comportamento dos organismos são soluções adaptativas de problemas na luta pela vida. Nesta seção, veremos quais as principais características do adaptacionismo, o que permitirá o melhor entendimento da crítica posterior empreendida por Gould e seus colaboradores à teoria sintética como um todo.

Mas o que exatamente vem a ser o adaptacionismo? Lewontin, afirma que podemos defini-lo como:

*“... a crescente tendência na biologia evolutiva de reconstruir ou prever eventos evolutivos admitindo que todos os caracteres estão estabelecidos na evolução por seleção natural direta do estado mais adaptado, isto é, o estado que seja uma solução ótima para um ‘problema’ proposto pelo ambiente”.*

(Lewontin, 1983:367)

O adaptacionismo afirma que as modificações genóticas entre uma geração e outra são aleatórias, e é em contato com o ambiente que algumas alterações prosperam e são passadas adiante e outras são eliminadas, sob a influência das pressões do meio, de acordo com as necessidades adaptativas dos organismos e o princípio da seleção natural.

---

<sup>9</sup> Gould & Lewontin, 1979.

A mariposa inglesa *Biston Betularia* representa o mais citado exemplo de adaptação ao meio, na história da biologia evolutiva. Antes da revolução industrial na Inglaterra, a forma mais comum destas mariposas era a clara, salpicada. A forma melânica escura foi identificada pela primeira vez em 1848, perto de Manchester, e aumentou em frequência até constituir mais de 90% da população de mariposas em áreas poluídas nos meados do século XX, porém, sua frequência era pequena em áreas rurais. De acordo com a teoria sintética, o aumento da forma escura se deve à seleção natural. Durante revolução industrial a fuligem das fábricas escureceu as árvores em que as mariposas pousavam. Contra um fundo escurecido por fuligem, pássaros podiam ver as mariposas claras e comer mais delas. Como resultado, mais mariposas escuras sobreviveram até a idade adulta e reproduziram-se. A prole mais numerosa deixada pelas mariposas escuras é o que causou o aumento em sua frequência. Em áreas despoluídas, a forma clara ainda era comum. A partir dos anos 1970, entretanto, em decorrência de práticas conservacionistas e a conseqüente diminuição da poluição, a frequência das formas melânicas diminuíram drasticamente, de cerca de 95% até menos de 10% em meados dos anos 90.<sup>10</sup>

Algumas das demonstrações mais interessantes desses processos adaptativos são vistas em casos de evolução convergente, aquelas em que animais com um parentesco distante desenvolvem traços semelhantes para se adaptar ao meio em que vivem como, por exemplo, os morcegos, que são mamíferos, mas desenvolveram asas como as aves, o que indica que voar tem sido uma boa solução para superar dificuldades evolutivas e se adaptar ao ambiente em que vivem ou, por exemplo, os golfinhos e baleias, mamíferos que se adaptaram ao meio aquático desenvolvendo características similares às dos peixes.

---

<sup>10</sup> Blanc, 1994.

Antes de tudo devemos procurar entender mais profundamente o que é uma adaptação. A adaptação é a estratégia que um organismo desenvolve, mediante a seleção natural, ao longo de muitas gerações, para solucionar os problemas de sobrevivência e reprodução que enfrenta. O desenvolvimento evolutivo do organismo e de todas as suas partes resulta da seleção natural aplicada à variabilidade genética dos organismos de determinada população. As adaptações são definidas como as características que deveriam predominar na natureza sobre outras concebíveis, independentemente das linhagens filogenéticas, maximizando a *eficácia darwinista*<sup>11</sup> dos organismos. Isso significa que os ossos dos vertebrados só são como são porque propiciaram vantagens no tocante à sobrevivência e reprodução (eficácia darwinista) para os organismos que os possuem. Uma adaptação, nesta perspectiva, é *“uma variante fenotípica que proporciona a maior eficácia biológica entre uma série especificada de variantes em um meio determinado”* (Reeve, & Sherman, 1993:4).

Conforme a teoria sintética, as adaptações se produzem através da seleção natural, gradualmente, de forma acumulativa. Dessa maneira é possível traçar o caminho pelo qual as espécies evoluíram, analisando como cada novo traço facilitou a adaptação ao ambiente. Isto significa que para os adaptacionistas é possível predizer qual característica constituirá uma adaptação e qual não. Eles afirmam que uma adaptação tem um sentido utilitário referido a algum propósito. Se a característica adaptativa não predomina na natureza, é um sinal inequívoco, segundo os adaptacionistas, de que a seleção natural não produziu uma adaptação,

---

<sup>11</sup> *Eficácia darwinista* é a capacidade que os organismos têm de sobreviver e gerar descendência, adotada pelos neodarwinistas como parâmetro para a medida do sucesso evolutivo. Cf. Williams, 1966:160.

porém apenas uma tentativa, caso contrário a adaptação teria prevalecido favorecendo os indivíduos que a apresentam.

Mas como podemos realmente descobrir qual é a finalidade de determinado traço? A estratégia adaptacionista é considerar as novas características como se fossem artefatos, e buscar encontrar os princípios que conduzam a elas. Diante de cada nova característica os adaptacionistas se perguntam pelo ‘por que’ dessa característica. Esta prática é conhecida na ciência como *engenharia reversa*. Dennett, por exemplo, argumenta que a engenharia reversa (*reverse engineering*) é uma ferramenta de estudo comum em muitas profissões e muito útil para auxiliar na explicação, a partir da análise de partes isoladas dos organismos, de como e para que determinadas estruturas foram construídas.<sup>12</sup>

*“A tarefa da engenharia reversa na biologia é um exercício de imaginar ‘o que a Mãe Natureza tinha em mente’. Essa estratégia conhecida como adaptacionismo, tem sido um método surpreendentemente poderoso, gerando muitos saltos espetaculares de inferência que foram confirmados – juntamente com alguns que não foram, é claro”.*

(Dennett, 1998:237)

Nesta vasta área disciplinar, diante de toda estrutura orgânica, o neodarwinismo se propõe a realizar um tipo de *engenharia reversa*, ou de *hermenêutica do ser vivo* (Dennett, 1996:212-14), cuja lógica e dificuldades são semelhantes à lógica e às dificuldades apresentadas pela análise de um arqueólogo ou de um historiador que tenta reconstruir a finalidade de uma ferramenta ou de

---

<sup>12</sup> Cf. Dennett, 1998:220-37.

uma máquina antiga. Os adaptacionistas se apóiam em uma certa analogia entre as máquinas e os seres vivos, partindo da suposição de que tanto a máquina em sua totalidade, como cada parte ou elemento dela, existe com algum propósito.

Isto porque, com base nos conhecimentos e na escala de valores e preferências dos construtores, pode-se chegar a pensar que este é o melhor modo disponível para realizar os objetivos que perseguem. Assim, a indagação em torno da máquina estará direcionada para elucidar tanto esses objetivos como a série de conhecimentos e valores que guiaram sua construção. A descoberta do efetivo funcionamento da máquina e a análise de como interage cada uma de suas partes, são recursos necessários desta investigação. Porém, a meta cognitiva do arqueólogo, do historiador ou do biólogo evolutivo não é saber como uma máquina funciona, e sim saber o que podemos esperar dela, bem como determinar como ela foi construída para tentar compreender como pode cumprir satisfatoriamente a sua função.

Os argumentos dos adaptacionistas esboçam sistemas de descrições que permitem explicações extremamente confiáveis acerca do processo que produziu os organismos. O conceito de adaptação é uma das chaves do pensamento evolucionista. Os adaptacionistas raciocinam da seguinte maneira: se existe adaptação por seleção, então existe utilidade e funcionalidade, ou ainda, dado que uma característica é funcional, segue-se necessariamente que foi selecionada. O passo seguinte consiste em identificar a evolução com o processo de adaptação.

O adaptacionismo é tido pelos neodarwinistas como uma conseqüência necessária da seleção natural, a ponto de afirmarem que *“Teoricamente, todas as características de um animal são adaptativas. Se não fossem, seriam eliminadas pela seleção natural e desapareceriam”* (Blanc, 1994:96). De forma semelhante o

biólogo americano G. C. Williams, em seu livro *Adaptation and Natural Selection* (1966), fala de uma doutrina da adaptação, definindo-a como segue:

*“Qualquer adaptação é calculada de modo a maximizar o sucesso reprodutor do indivíduo que a apresenta em relação aos outros indivíduos. (...) A eficácia darwinista de um animal é o valor de sua adaptação, expressa numa moeda baseada no número de descendentes”.*

(Williams, 1966:160)

Pensadores como Daniel Dennett afirmam que o adaptacionismo tem um papel crucial na análise de todos os eventos biológicos, desde a criação da primeira molécula auto-replicadora até hoje. Ele busca, assim como a maioria dos principais pensadores neodarwinistas, justificar a necessidade inarredável do adaptacionismo:

*“O raciocínio adaptacionista não é opcional; ele é a alma da biologia evolutiva. Embora possa ser suplementado, e suas falhas consertadas, acho que deslocá-lo de sua posição central na biologia é imaginar não só a ruína do darwinismo como o colapso da bioquímica moderna e de todas as ciências da vida e da medicina”.*

(Dennett, 1998:247)

Hoje porém, o adaptacionismo é um dos focos principais das críticas à teoria sintética. Tais críticas apontam o fato de que muitas das características da arquitetura dos organismos e dos caminhos do desenvolvimento não são adaptações a nada, e surgem como conseqüências incidentais do processo

evolutivo. O quadro teórico da teoria sintética que foi elaborado ao longo do século XX começou a ser contestado em meados dos anos 70, através das oposições feitas à teoria com base em dados científicos conflitantes que geraram novas especulações e hipóteses sobre os mecanismos da evolução.

O maior responsável pelas críticas foi o paleontólogo Stephen Jay Gould, e dentre essas críticas, três são fundamentais: I - A primeira foi empreendida pelo autor em 1972 e levou à teoria do equilíbrio pontuado; é uma crítica dirigida ao ritmo gradual da evolução, conforme sustentam os adeptos da nova síntese; II - A segunda é conhecida como crítica ao programa adaptacionista, foi empreendida em 1979, e é focada sobre a noção neodarwinista de que todas as características dos organismos resultam do modo como eles se adaptam para sobreviver e gerar descendência; III - A terceira crítica é uma retomada detalhada dos pontos anteriores, na tentativa de demonstrar como algumas das noções da biologia evolutiva contemporânea levam à idéia de contingência do processo evolutivo e, conseqüentemente, à necessidade de revisão naquilo que deve ser explicado pela teoria evolutiva contemporânea. Veremos agora, no Capítulo II, as críticas levantadas contra a teoria sintética por Gould e seus colaboradores.

## Capítulo II – As Críticas de Stephen Jay Gould à Teoria Sintética

### 2.1 – Crítica ao Gradualismo: O Equilíbrio Pontuado

A primeira grande crítica à teoria sintética surgiu em 1972, quando Stephen Jay Gould e Niles Eldredge propuseram um novo modelo explicativo denominado *equilíbrio pontuado*.<sup>13</sup> A nova perspectiva desses autores se opõe à da teoria sintética no tocante ao ritmo da evolução. Segundo os neodarwinistas, o ritmo evolutivo seria lento e gradual, ou seja, as espécies evoluíram passo a passo por meio de pequenas mutações ao acaso, orientadas pela seleção natural; a soma das mutações eleitas pela seleção natural ao longo do tempo daria origem a novas espécies. O equilíbrio pontuado contesta a teoria sintética, e afirma que a vida não evoluiu lenta e gradualmente, porém aos saltos, de forma súbita.

Para realizar esta crítica, os autores se basearam nas lacunas que aparecem no registro fóssil, os *buracos fenotípicos*, que a teoria sintética não consegue explicar com base no pressuposto gradualista. Se a vida evoluiu de maneira gradual, então deveríamos encontrar também no registro fóssil a lenta transformação das espécies, que seriam um pouco parecidas com as espécies das quais descenderam, e também com as espécies que originaram, o que forneceria um registro gradual das criaturas transicionais. Porém não existem registros de criaturas transicionais. Essa questão levanta a polêmica de que a maior parte das evidências fósseis encontradas até agora negam a transformação gradual de um organismo em outro - o gradualismo evolutivo defendido pela teoria sintética e que é um dos pilares dessa teoria - pois não existem dados paleontológicos que permitam observar a evolução gradual das espécies. O que a nova interpretação dos fósseis nos mostra, pelo contrário, é a transformação súbita de umas espécies em outras.

---

<sup>13</sup> Eldredge & Gould, 1972.

Darwin também se deparou com esse problema em sua obra *A Origem das Espécies*: a disparidade e o descontínuo dos fósseis encontrados nunca permitiram a confirmação da lenta modificação dos traços, prevista por sua teoria. Nos registros conservados, muitas espécies pré-históricas surgem repentinamente, sem que fossem encontrados os fósseis de organismos transicionais que confirmassem a evolução gradual. De modo geral, as espécies aparecem de forma súbita nos arquivos geológicos, sem o menor sinal de estágios intermediários ou elos que as liguem às espécies precedentes.

Na ocasião do lançamento de *A Origem das Espécies*, Thomas Henry Huxley, um dos mais fiéis seguidores de Darwin, avisou ao amigo que ele aceitava uma dificuldade desnecessária ao adotar que "*natura non facit saltum*" tão sem reservas.<sup>14</sup> A frase latina, atribuída a Linneu, afirma que a natureza não dá saltos. Darwin era adepto desse lema, apesar do registro fóssil da época não oferecer evidência alguma para a teoria da mudança gradual. Analisando as camadas geológicas encontram-se subitamente novas espécies, sem estágios de transição.

Darwin argumentava que o registro fóssil era imperfeito e incompleto: vemos as mudanças abruptas porque nos faltam os passos intermediários. Ele atribuiu a falta extremamente freqüente desses elos intermediários à imperfeição dos documentos fósseis, ou seja, muitos desses estágios não teriam sido fossilizados ou não teriam, ainda, sido descobertos pelos paleontólogos. Darwin recorre a este argumento *ad hoc*, que se conhece por *teoria do artefato fóssil*, e que, conforme veremos, foi herdado pela teoria sintética que o emprega ainda hoje. Apesar das

---

<sup>14</sup> Carta de Huxley a Darwin. A citação "*a natureza não faz saltos*" é atribuída a Linneu. Cf. Blanc, 1994.

muitas evidências paleontológicas divergentes a teoria sintética contínua, em grande medida, a sustentar o gradualismo como o ritmo efetivo da evolução.

No entanto, mais de cem anos depois, os cientistas ainda não podem constatar o gradualismo com base nos atuais achados paleontológicos. Ao contrário, as novas interpretações dos registros fósseis, como veremos adiante, estão servindo para a contestação dos mecanismos evolutivos cristalizados pela teoria sintética, já que as evidências paleontológicas se mostram em franco desacordo com a visão gradualista. O equilíbrio pontuado nasceu da necessidade de adequação da teoria evolutiva aos fatos, e não o contrário. De acordo com seus autores, as evidências do registro fóssil estão corretas: os fósseis de criaturas intermediárias, simplesmente, não existem.

O pioneiro da noção saltacionista foi Richard Goldschmidt, na década de 40, cuja tese pode ser resumida como se segue: a evolução biológica pode ocorrer através de macro ou micromutações; as primeiras são raras e incomuns, mas quando acontecem, criam espécies completamente novas, que em alguns casos podem sobreviver. Sua visão da evolução era fundamentada na idéia de que o nascimento de uma nova espécie se daria repentinamente, como de um salto, a partir de uma espécie-tronco, e não de forma lenta e gradual. As macromutações, nas palavras de Goldschmidt, podem criar "*monstros promissores*",<sup>15</sup> mutações radicais e sistêmicas, com conseqüências fenotípicas profundas que, sob certas circunstâncias, abririam novas trajetórias evolutivas. Para isso ser possível no mundo brutal de seleção darwiniana, porém, as novas espécies terão que sofrer alterações secundárias e aperfeiçoamentos (micromutações), que permitam aos descendentes se adaptar completamente ao ambiente. Os dois processos devem

---

<sup>15</sup> Sobre os *monstros promissores* cf. Goldschmidt, 1940; e Blanc, 1994:131.

ser complementares: as macromutações criam espécies novas viáveis e as micromutações as aperfeiçoam. Apesar de sua argumentação coerente, Goldshmidt foi criticado e esquecido.

Retomando a noção saltacionista, porém de forma completamente diversa, surgiu o equilíbrio pontuado, afirmando que os buracos fenotípicos nos registros fósseis são o reflexo real do que de fato ocorreu na história evolutiva da vida sobre a terra, não a consequência de um registro fóssil imperfeito, como sugere a teoria do artefato fóssil. Esta ausência de formas transicionais é exatamente o que deveria ser esperado: uma dada espécie de fato evoluiu de uma forma ancestral aos saltos, sem oferecer nenhuma prova a partir do registro fóssil.

A tese de Gould e Eldredge é a de que as espécies estão em *equilíbrio* ao longo de sua existência, porém este equilíbrio aparece *pontuado* por períodos rápidos de especiação (êxtase), quer dizer, formação rápida de novas espécies em pequenas povoações marginais, forçadas pela necessidade de sobrevivência, a se transformar. É nestes períodos que se acumulam a maior parte das mudanças evolutivas. É o que Gould chama de evolução aos saltos, exatamente o oposto do que defende a teoria sintética com sua perspectiva gradualista. A aparição súbita de novas estruturas fósseis reflete o fato de que sua formação acontece através de períodos de explosão evolutiva, depois dos quais as espécies sofrerão poucas transformações durante milhões de anos. É o que sustenta o equilíbrio pontuado: após uma existência de vários milhões de anos em equilíbrio uma espécie deixa de existir repentinamente, sem transição aparente, e cede seu lugar para uma nova espécie com características nitidamente diferentes. Em outras palavras, períodos de equilíbrio evolutivo são entrecortados por períodos de especiações rápidas.

A argumentação central do equilíbrio pontuado pode ser assim resumida: mudanças geológicas ou climáticas fazem variar a pressão evolutiva exercida sobre determinada espécie ou organismo; assim, unicamente em pequenas povoações marginais submetidas a uma pressão de seleção forte (uma mudança climática abrupta, por exemplo), produzem-se mudanças evolutivas rápidas, em termos geológicos, que têm como consequência a formação de espécies novas a partir destas povoações pequenas isoladas das espécies ancestrais.

O equilíbrio pontuado sugere que a especiação ocorre como um processo de divisão de linhagens: a especiação se inicia pelo isolamento físico de uma pequena subpopulação, o que explica sua condição de relativa instabilidade evolutiva. Os seres vivos permanecem sem ou com pouca atividade evolutiva, até que acontecem eventos ou fenômenos naturais de grande escala, catástrofes naturais como o impacto de meteoros etc. Com a transformação do ecossistema sucedem-se extinções maciças e surgem necessidades evolutivas específicas a partir das quais novas espécies se formam, ou seja, as catástrofes naturais e os fenômenos ecológicos causam extinções e redirecionam a evolução.

Gould se interessa por elementos que a teoria sintética não reconhece, como, por exemplo, os ciclos climáticos da Terra (mudanças climáticas que ocorreram ao longo da história planetária e continuam provocando novas organizações e violentas transformações nos ecossistemas e são documentadas e explicadas cientificamente), que influenciaram certamente os rumos da evolução, tanto ao operar extinções em massa como propiciando condições alternativas e favoráveis para a vida, e são motivados por fatores completamente independentes do neodarwinismo.

As condições que permitem o estado de equilíbrio evolutivo em que as espécies permanecem as mesmas sem se transformar se anulam devido a catástrofes naturais, e a evolução em populações isoladas ocorre a uma taxa muito rápida (saltos), até que se cumpram novamente as condições para o retorno ao estado de equilíbrio. Algumas características selecionadas para a adequação do organismo a determinada pressão evolutiva em um momento podem deixar de ter qualquer função aparente, quando as pressões mudarem e as demandas se tornarem outras. Assim, as respostas a determinada pressão podem variar, e a expressão fenotípica do organismo vai depender do seu contexto de surgimento bem como de toda sua história evolutiva pregressa. Isso significa que, ao longo da história evolutiva das espécies, diferentes variações no meio ambiente resultaram em diferentes tipos de pressões evolutivas exercidas sobre os organismos.

Outro aspecto importante colocado pelo equilíbrio pontuado é a noção de que a seleção atua sobre a espécie como um todo, não apenas sobre o complexo genético de organismos individuais. O *locus* da evolução é a espécie, não o indivíduo ou apenas o gene, como sugere a teoria sintética. Isso significa que a evolução resulta de eventos que acontecem em múltiplos níveis hierárquicos, dos genes aos ecossistemas. Segundo Gould, as espécies devem ser consideradas entidades individuais, verdadeiros indivíduos, na medida em que se supõe que a seleção faça a triagem (*sorting*) de umas espécies em relação às outras, da mesma forma que no modelo neodarwinista a seleção natural faz a triagem dos indivíduos dentro de uma população. Essa triagem entre as espécies supõe que haja uma macroevolução (a evolução acima do nível das espécies), à medida em Gould considera como microevolução a triagem de indivíduos no interior das espécies.

Até então, os geneticistas e os evolucionistas que se ocupam das espécies atuais insistiram na microevolução (mudanças na frequência de alelos no interior das populações; formação de raças e de subespécies, etc.), e tiveram uma forte propensão para considerar que esses mecanismos microevolutivos eram suficientes para explicar a totalidade do processo evolutivo, em especial, os fenômenos de especiação, uma vez que estas eram vistas pela teoria sintética, apenas como fenômenos já presentes em seus genes, quer dizer, para os neodarwinistas, a macroevolução é a microevolução acumulada durante um longo período de tempo.

Contra um certo reducionismo adaptacionista negativo, o equilíbrio pontuado aponta para uma hierarquia metodológica, onde os eventos físico-ecológicos determinam os grandes momentos e direções do processo evolutivo, enquanto os eventos de curto prazo — como são todos os derivados dos aspectos genéticos dos organismos — se integram, dando conta do processo evolutivo. Um bom exemplo em defesa dessa interpretação da evolução é o fato de que os fenômenos globais (macroevolucionários) que alteram a ecologia afetam várias espécies simultaneamente, o que seria muito improvável a partir do caminho neodarwinista ortodoxo da evolução em situações isoladas levadas a cabo por fatores exclusivamente genéticos.

De acordo com o equilíbrio pontuado, é preciso ceder mais espaço aos fenômenos macroevolutivos: a história real da vida, tal como aparece nos arquivos paleontológicos, não se resume na microevolução, e a macroevolução não pode ser explicada por qualquer extrapolação da microevolução, com base em mecanismos e fenômenos genéticos e moleculares. Uma das principais contribuições de Gould e Eldredge para o debate evolutivo neste momento foi a de constatar uma autonomia ou separação entre micro e macroevolução, cisão essa que não é endossada pela

teoria sintética. Gould e Eldredge sublinham que a macroevolução é um fenômeno cujos mecanismos devem ser estudados principalmente por paleontólogos e paleobiólogos, e que a análise de fenômenos genéticos aqui é muda.

Ainda que não seja de aceitação geral, o equilíbrio pontuado vem ganhando espaço no meio científico desde que surgiu. Até então, os evolucionistas sempre defenderam que a ação da seleção natural ocorria muito lenta e gradualmente, de forma que as mudanças, ainda que contínuas, só eram perceptíveis após centenas de milhares de anos, dando lugar à formação de novas espécies pela modificação paulatina das anteriores. Atualmente, porém, após a senda crítica aberta pelo equilíbrio pontuado e todo o cenário da pesquisa posterior, não existe mais um consenso geral entre os biólogos evolutivos acerca do ritmo da evolução.

Recapitulando, podemos caracterizar a teoria sintética da evolução (também chamada *síntese moderna*, *neodarwinismo* ou *adaptacionismo*), como a fusão da teoria darwiniana com os avanços da genética posterior. Com base nos dogmas da seleção natural e da adaptação, ela afirma que a evolução é lenta e gradual, podendo ser explicada em termos de pequenas mudanças genéticas e recombinações, seguidas do ordenamento dessas variações pela seleção natural com vistas a otimizar a adaptação dos organismos a seu meio. Segundo os adaptacionistas, o gene é o locus privilegiado de transformação das espécies. A teoria do equilíbrio pontuado, por outro lado, afirma que durante longos períodos a maioria das espécies passou por poucas modificações observáveis, e quando isso ocorreu, a mudança foi rápida e concentrada em populações pequenas e isoladas; por isso, intermediários fósseis seriam difíceis de encontrar e tal explicação poderia dar conta das falhas no registro fóssil.

A argumentação de Gould e Eldredge se refere à variação morfológica, não genética. O equilíbrio pontuado é uma teoria referida às taxas diferenciais da evolução, levadas a um nível extremo - grandes mudanças em um curto espaço de tempo, grandes períodos sem mudanças. Ela requer uma explicação para os estados de equilíbrio ou estabilidade (grandes períodos de não-evolução) e para as pontuações ou especiações (em que a evolução acontece rapidamente).

Como declarou posteriormente Elizabeth Vrba, uma paleontóloga aliada de Gould, a evolução das espécies lembra, nos moldes do equilíbrio pontuado, a vida de um soldado: longos períodos de tédio entrecortados por curtos períodos de terror.<sup>16</sup> A história das espécies, tal como é contada pelos fósseis, mostra períodos muito longos de não-evolução: é a êxtase evolutiva, durante a qual os caracteres morfológicos podem flutuar ao máximo, mas não ultrapassar o quadro da espécie. Este fenômeno de não-evolução foi até aqui subestimado, afirmam Gould e Eldredge, porque desde Darwin, os paleontólogos faziam suas observações levando em conta apenas os períodos de evolução. Desse modo, os longos períodos de não-evolução das espécies observados no registro fóssil nunca foram considerados pela pesquisa evolutiva. Contudo, os êxtases evolutivos são dados paleontológicos reais e importantes e o equilíbrio pontuado têm a vantagem de levá-los em conta.

A teoria do equilíbrio pontuado considera que uma teoria da evolução coerente deve considerar a variação da pressão evolutiva em função de mudanças que não são elas mesmas parte da teoria evolutiva, por exemplo, as mudanças geológicas ou climáticas. Isto é parte da expansão e clarificação dos elementos que devem ser explicados por uma teoria evolutiva mais completa, cobrindo lacunas explicativas que a teoria sintética não consegue resolver.

---

<sup>16</sup> Cf. Vrba, 1980:61-84.

2.2 - A teoria sintética, conforme Gould, não leva em conta a extensão destas descobertas, o que a impossibilita de explicar questões incontornáveis e fundamentais sobre a evolução. Questões como os buracos fenotípicos, os períodos de não-evolução, as catástrofes naturais e climáticas, e as explosões evolutivas apontam a necessidade de *ampliação da janela explicativa da teoria*, ou seja uma ampliação naquilo que deve ser considerado nas explicações da teoria evolutiva: apenas os dogmas da seleção natural e da evolução gradual não são suficientes para explicar essas questões. É necessário que novos fatores e mecanismos, tais como o equilíbrio pontuado, capazes de explicar os saltos evolutivos e todo tipo de macroevolução, sejam necessariamente incorporados às reflexões da pesquisa evolutiva contemporânea para preencher o vazio conceitual existente. Começa a se delinear aqui a necessidade de ampliação naquilo que uma teoria evolutiva deve considerar. Veremos agora na seção 2.2, as críticas de Gould ao *programa adaptacionista* da teoria sintética.

## 2.2 – Crítica ao Programa Adaptacionista

O adaptacionismo surgiu como uma consequência direta dos postulados iniciais da teoria sintética: a seleção natural e o gradualismo. Uma das maiores críticas levantadas contra o adaptacionismo veio a público em 1979, quando Stephen Jay Gould e Richard Lewontin publicaram um polêmico artigo intitulado “*The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme*” (Os Tímpanos de São Marcos e o Paradigma Panglossiano: Uma Crítica ao Programa Adaptacionista). Nele, os autores aprofundam a crítica ao papel exclusivo que a seleção natural ocupa no estudo da evolução conforme o argumento da teoria sintética.

Neste artigo, Gould e Lewontin traçam uma analogia entre arquitetura e biologia, tomando como exemplo o domo da *Catedral de San Marco*, em Veneza. A Catedral de *San Marco* é ornada com belos mosaicos nos espaços triangulares situados onde os arcos redondos de sustentação se encontram em um ângulo reto - uma característica das construções conhecidas como ‘tímpanos’ (*spandrels*). ‘Tímpanos’ são os espaços cônicos formados pela intersecção de dois arcos em ângulo reto, subprodutos arquitetônicos para a montagem de um domo em arcos circulares. Esses espaços ou tímpanos existem como um desfecho necessário da construção sobre arcos, uma consequência desse tipo de estrutura. Trezentos anos após a construção dessa catedral, vários mosaicos foram pintados nesses espaços, e a impressão dos observadores é de que os espaços foram cuidadosamente realizados para a ostentação desses belos mosaicos e painéis, quando na verdade eles desempenham um papel secundário na construção, ou seja, são subprodutos arquitetônicos criativamente utilizados - se a estrutura não exigisse os tímpanos, estes adornos provavelmente não existiriam.

O que os autores buscam é fazer uma analogia entre arquitetura e biologia, para investigar o que acontece na evolução dos seres vivos. Segundo a teoria sintética, a seleção natural age sobre a variação hereditária, preservando as características vantajosas aos organismos. Conseqüentemente, todas as características dos organismos são resultado de sua adaptação ao meio. A metáfora da arquitetura serve para ilustrar o ponto de vista de Gould e Lewontin de que algumas das características e *designs* corporais podem ter resultado de processos não-adaptativos.

Esses processos não-adaptativos podem se referir a fatores contingentes impostos pelo ambiente ou a relações ecológicas, bem como a restrições impostas pela história evolutiva pregressa da espécie. Os *spandrels*, argumentam os autores, são resultados forçados pela estrutura da construção, uma vez que se adotam soluções para determinado problema (a construção de um domo para a catedral, neste caso), mas eles mesmos não são parte da solução do problema, surgem como conseqüência ou subproduto das soluções arquitetônicas empreendidas:

*“Como os espaços não podem deixar de existir, são usados com freqüência para engenhosos efeitos ornamentais. De certa forma, estes desenhos representam uma ‘adaptação’, mas a restrição arquitetônica vem nitidamente em primeiro lugar. Os espaços surgem como um subproduto necessário do teto com abóbada em arcos; seu uso adequado é um efeito secundário. (...) Mas os biólogos evolutivos, com a sua tendência a focar exclusivamente a adaptação imediata às condições locais, tendem a ignorar restrições arquitetônicas... (e dão explicações inversas no melhor estilo Doutor Pangloss)”.*

(Gould, 1993:147)

Ainda em tom de analogia, o texto critica o adaptacionismo por inventar histórias adaptativas similares aos contos para crianças como os de Ruyard Kipling, como por exemplo: “*Como o leopardo conseguiu suas manchas*” ou “*Como o camelo ganhou sua corcova*”, limitando a função do biólogo à tarefa de observar as características de um organismo e criar justificativas para que elas sejam adaptativas. Gould e Lewontin se referem ao programa adaptacionista como o ‘Paradigma Panglossiano’, em referência ao personagem *Doutor Pangloss* do romance *Cândido* de Voltaire. O programa adaptacionista é acusado de cometer essencialmente o mesmo erro do *Doutor Pangloss*, embora no contexto da biologia evolutiva - criar histórias adaptativas plausíveis, porém não fundamentadas:

“... que as coisas não podem ser outras do que elas são, uma vez que as coisas foram feitas para um propósito. Note: nossos narizes foram feitos para colocarmos óculos, portanto, temos óculos. Pernas foram feitas claramente para as calças, e as usamos”.

(Apud Gould, 1979)

O alvo da crítica apresentada no *Spandrels* é o adaptacionismo radical, adotado pela teoria sintética. Essa noção é o resultado da prática neodarwinista de decompor os organismos em características unitárias, sugerindo uma história adaptativa para cada uma dessas partes consideradas separadamente. Assim, os organismos são interpretados como um conjunto de características competindo. Qualquer restrição de uma parte é vista como sua contribuição para o melhor *design* do conjunto do organismo, tendo sido mantida através da seleção natural. Para o

adaptacionismo, “cada característica cumpre sua parte e deve ser como ela é” (Gould & Lewontin 1979:4). A partir de então:

“Demonstrar que os organismos estão razoavelmente bem adaptados e que esta adaptação não pode ter sido causada por outro agente que não fosse a seleção natural, tem sido considerada uma das tarefas mais importantes do evolucionista”.

(Mayr, 1983)

Ao contrário da noção adaptacionista, Gould e Lewontin afirmam que não devemos assumir que todas as características de um organismo foram desenvolvidas por adaptação, nem que tenham sido definidas por seleção natural para sua função atual. Eles apontam os limites do programa adaptacionista pela relutância em considerar alternativas para histórias adaptativas, bem como por sua estratégia de explicações *ad hoc* para a evolução. Existem traços dos organismos sobre os quais não se exerceu pressão alguma e que podem ser explicados por argumentos de natureza diferente daquela proposta pela teoria sintética. A tese adaptacionista da eficácia darwinista deve ser revisada de forma a reconhecer a importância do desenvolvimento histórico e das restrições estruturais.

Estes autores afirmam que algumas características dos organismos não têm em si mesmas um papel adaptativo, como sustenta a teoria sintética. O ponto central dessa crítica é a falha do programa adaptacionista em distinguir a utilidade corrente de uma característica, das razões para a sua origem. Conforme o ponto de vista de Gould e Lewontin, muitas características que os organismos apresentam não se devem apenas a adaptações resultantes da ação da seleção natural.

Como exemplos, podemos imaginar qual seria a real utilidade para a sobrevivência dos dois chifres do rinoceronte africano em relação ao único chifre do rinoceronte indiano, ou a diferença entre os diferentes padrões de listas das zebras *Equus Grevy* e *Equus Burchelli*, já que ambas vivem em condições ambientais semelhantes. Todas as baleias, por exemplo, apresentam ossos pélvicos vestigiais que possivelmente devem ter se originado a partir de alguma espécie ancestral terrestre dotada de pernas funcionais. Ainda não existem evidências de que essas características possuam alguma utilidade adaptativa. Elas podem ser conseqüências indiretas de reorganizações nos organismos devidas às restrições estruturais impostas ao desenvolvimento de outras estruturas e órgãos, ou ainda, surgirem associadas a outras características que foram selecionadas pelas suas vantagens adaptativas, o que significa a seleção passiva das primeiras ainda que não reportem nenhuma vantagem. Podem também surgir como fruto do puro acaso, que desempenha um papel importante em muitos aspectos, mas não determinante em muitos outros.

Como sugere a crítica, em evolução algumas coisas não têm origem adaptativa, não são resultado da seleção natural agindo através de processos genéticos, na perfeita adaptação dos organismos ao meio. São *spandrels* - não-adaptações - que foram modificados de forma secundária a partir de traços dos organismos ancestrais, para alguma utilidade atual. O processo de desenvolvimento das espécies é intimamente ligado e restringido por sua história evolutiva passada. Os adaptacionistas possuem a tendência de focalizar exclusivamente a adaptação e o processo evolutivo das espécies a partir de fenômenos genéticos, ignorando as restrições da arquitetura biológica de cada espécie. As restrições biológicas são

vistas como epifenômenos das adaptações, e não como elas mesmo sendo responsáveis por soluções evolutivas adotadas.

Para Gould o que é uma adaptação se define a partir de um ponto de vista filogenético, e é necessário um conhecimento de filogenia para decidir se uma característica particular é ou não uma adaptação. Assim, uma determinada característica somente é uma adaptação se serve atualmente para a mesma função que em sua origem, e seria uma *exaptação*, (ou seja, uma transformação evolutiva que não é uma adaptação efetuada pela seleção natural), se atualmente tiver outra função. O termo *exaptação* foi sugerido por Stephen Gould e Elizabeth Vrba (1982) para explicar como traços físicos complexos puderam evoluir a partir de estruturas mais simples.

Em uma *exaptação* a função executada atualmente pela suposta adaptação não é a mesma função executada quando a adaptação evoluiu ancestralmente sob pressões da seleção natural. A função que define uma *exaptação* é freqüentemente uma função preliminar, executada pela estrutura anatômica, pelo processo fisiológico ou por traços comportamentais. Gould e Vrba sugerem que enfoquemos não só o conjunto de *exaptações* (não-adaptações), mas também o conjunto de recursos que podem ser cooptados para a evolução futura. Isto ocorre quando uma característica biológica é modificada para o uso em um sistema completamente diferente e adquire uma nova função que não tinha antes.

A evolução é repleta de exemplos destas *exaptações*, em que estruturas previamente não relacionadas são incorporadas por sistemas em desenvolvimento e recebem novas funções. Um exemplo disso é o desenvolvimento de asas em pequenos dinossauros tetrópodos. Inicialmente, a modificação dos membros anteriores desses dinossauros (aumento de tamanho e alongamento de membranas

dactilas e a incorporação de penas no lugar de escamas ou couro) tinha a função de dispersar calor e manter a temperatura corporal desses répteis. Mais tarde, entretanto, ao longo do processo evolucionário, os membros anteriores usados até então para o deslocamento terrestre e as penas usadas para isolamento térmico foram cooptados para uma função diferente. Sua aerodinâmica e funcionalidade foram se aprimorando até que esses membros resultassem em asas para o voo.

Outro exemplo particularmente característico de exaptação é a série de fósseis de mamíferos extintos (terapsídeos), que mostra as mudanças graduais que resultaram da exaptação de ossos pertencentes à articulação das mandíbulas reptilianas para funcionar como ossos do ouvido médio, substitutos e funcionais para esses mamíferos. A função que estes órgãos vieram a desempenhar é diferente daquela que foi selecionada no passado. As exaptações, conforme Gould, explicam muitos dos sistemas complexos que vemos nos seres vivos. Nesta perspectiva, a evolução de numerosos traços físicos é atribuída às exaptações: por exemplo, os ossos dos vertebrados, que aparecem muito cedo na evolução de nossos antepassados aquáticos, podem originalmente ter surgido como arma protetora ou como um método de armazenar o fosfato de cálcio. Mais tarde, quando os vertebrados migraram para a terra firme, estas estruturas encontraram uma nova função adaptável na sustentação da estrutura corporal fora da água.

A crítica ao adaptacionismo defende uma abordagem pluralista da pesquisa em evolução, para identificar e correlacionar os efetivos agentes da mudança evolutiva. Em sua célebre obra *The Structure of Evolutionary Theory* (2002), Gould reavalia diversos fatores que seriam restritivos à perfeita adaptação das espécies exclusivamente por seleção natural conforme a visão adaptacionista defendida pela

teoria sintética. Entre estes fatores restritivos, os seguintes parecem ser os mais importantes:

I - A capacidade de modificações não genéticas – quanto maior é a plasticidade fenotípica do desenvolvimento, melhor poderá uma espécie lidar com pressões seletivas sem mudanças genéticas, o que é importante em organismos que estão expostos a condições ambientais adversas. Quando o fenótipo é suficientemente flexível para lidar com desafios ambientais variáveis, a seleção não pode variar o genótipo.

II - Os caminhos múltiplos – para cada desafio ambiental, são possíveis várias alternativas, e qual delas será escolhida, depende de uma constelação de circunstâncias. A adoção de uma solução em particular, pode restringir em grande medida a possibilidade de evolução futura.

III - Os processos aleatórios ou estocásticos – o indivíduo de uma espécie com um genótipo particular não tem garantida a maior probabilidade de êxito reprodutivo do que outros membros da população. A seleção muitas vezes escolhe uma solução menos perfeita que outras que pareciam disponíveis.

IV – Sobre o *locus* da seleção – Gould afirma que o verdadeiro *locus* da seleção é sempre a espécie vista como um todo em desenvolvimento (como um indivíduo-espécie), em lugar de um indivíduo numa população, um simples gene ou uma característica atomizada.

Gould também chama atenção para a coesão (robustez)<sup>17</sup> do genótipo – o desenvolvimento é controlado por um complexo sistema regulatório, cujos componentes estão tão fortemente interconectados que qualquer mudança em um gene individual poderia ser deletéria. A explicação gouldiana procura rejeitar o

---

<sup>17</sup> Cf. Keller, 2002.

adaptacionismo estrito, e trabalhar com a diversidade fundamental dos processos biológicos na busca pelas causas das mudanças evolutivas. Dessa maneira, a evolução resulta tanto de forças aleatórias como seletivas, e as características tidas como adaptações podem ser subprodutos físicos da seleção por outros atributos. O que os autores propõem é deixar de considerar os sistemas biológicos como uma coleção de traços adaptativos e estudar a evolução por meio de um quadro teórico que seja sensível para o fato de que os organismos e as circunstâncias estejam integrados em suas transformações ao longo de sua história evolutiva. O organismo é ao mesmo tempo sujeito e objeto dessas mudanças evolutivas.

Para os defensores da teoria sintética tais como Mayr, Dawkins, Dennett e outros tantos, parece óbvio que poucos elementos errôneos fazem parte do programa adaptacionista em si. Gould e seus companheiros estariam arrombando portas já abertas, apenas desenterrando temas já debatidos, superados e esquecidos pela pesquisa evolutiva. Para estes adaptacionistas ortodoxos, o valor dos apontamentos gouldianos está em criticar uma forma de adaptacionismo exclusivamente reducionista e determinista com a qual eles não se identificam.

Para Mayr (1983:325), por exemplo, não há nada de errado no programa adaptacionista, desde que seja bem executado, e as deficiências indicadas por Gould e Lewontin são o resultado de abordagens determinísticas. O grande problema dessas críticas é que elas resultam de uma análise parcial e incompleta da pesquisa em evolução, pois elas não fazem uma clara distinção entre as falhas da teoria sintética como tal e aquelas resultantes de uma abordagem negativamente reducionista em sua implementação.

O adaptacionismo assume, portanto, a legitimidade dos ataques dirigidos às explicações adaptacionistas não comprovadas que existem na bibliografia e que,

segundo os próprios adaptacionistas, são explicações velhas e já ultrapassadas. Mayr afirma que seria absurdo atomizar um organismo em caracteres cada vez menores e continuar buscando a adaptação *ad hoc* de cada pequeno componente. Ele reafirma, porém, que este não é o programa de investigação da maioria dos evolucionistas.

Segundo ele, quando nos perguntamos se o programa adaptacionista é ou não uma abordagem legitimamente científica, devemos entender que o método da biologia evolutiva é de certa forma diferente do método das ciências físicas. Ainda que os fenômenos evolutivos estejam sujeitos a leis universais, como a maioria dos fenômenos nas ciências físicas, a explicação da história de um fenômeno evolutivo em particular pode ser feita unicamente como uma narrativa histórica. Conseqüentemente, quando queremos explicar as características de algo que é produto da evolução, devemos tentar reconstruir a história evolutiva da característica, e isto só pode ser feito por inferências. O procedimento mais útil na análise de uma narrativa histórica é fazermos perguntas sobre o porquê de determinada característica, ou seja, perguntar qual pode ter sido a vantagem seletiva que é responsável pela presença de um traço em particular.

Os adaptacionistas afirmam que se pode deduzir a probabilidade de que determinado processo tenha sido causado por seleção, mostrando que a posse da característica em questão seria favorecida pela seleção. É esta consideração que determina a abordagem do adaptacionista. Ela deve primeiramente tentar explicar os fenômenos e processos biológicos como produtos da seleção natural - como adaptações. Quando uma explicação adaptativa de uma característica falhar, o adaptacionista deve testar outras possíveis soluções adaptativas antes de afirmar que esta característica é produto do acaso.

Gould e Lewontin ridicularizam esta estratégia de investigação afirmando que a máxima adaptacionista é: se um argumento adaptativo falha - prove com outro. Mas os adaptacionistas chamam a atenção para o fato de que a estratégia de por à prova outra hipótese, quando a primeira falha, é uma metodologia tradicional em todas as áreas das ciências. É o procedimento padrão, por exemplo, em física, química, e arqueologia. Então, questiona a teoria sintética, o que há de mal em usar a mesma metodologia de investigação de outras áreas da ciência em biologia da evolução?

Para Mayr, o principal motivo para se aplicar o programa adaptacionista é seu grande valor heurístico<sup>18</sup>. A pergunta adaptacionista - qual é a função de determinada característica ou órgão? - tem se mostrado a base para os avanços em fisiologia e é de grande importância para o avanço de toda biologia. De acordo com o método neodarwinista, se uma resposta resulta incorreta, o programa adaptacionista demanda outra resposta, e mais outra, até que o verdadeiro significado da estrutura estudada seja estabelecido ou até que se mostre que essa característica é meramente um subproduto incidental do genótipo em seu todo.

Frente a esta resposta adaptacionista, Gould chama a atenção para o fato de que nenhuma forma de adaptacionismo, mitigado ou radical, está isento das críticas por ele apresentadas. Tais críticas são legítimas em sua totalidade, frente à metodologia clássica adotada pelo programa adaptacionista, quer dizer, dividir o organismo em características unitárias e propor uma história adaptativa para cada uma considerada em separado.

O importante é notarmos que existe um problema conceitual entre a teoria sintética e a perspectiva gouldiana. O adaptacionismo se vale de argumentos *ad*

---

<sup>18</sup> Mayr, 1983:330.

*hoc*, ao tentar justificar que a existência de cada traço característico de cada organismo se deve exclusivamente à adaptação guiada pela força da seleção natural. Do ponto de vista de Gould e Lewontin, algumas das características e *designs* corporais que vemos no mundo vivo, resultam de processos não-adaptativos, tais como as restrições estruturais e as exaptações. Esses processos não adaptativos podem se referir a fatores contingentes do ambiente, às relações ecológicas, bem como às restrições impostas pela história evolutiva progressa da espécie.

Ao criticar o programa adaptacionista, tratando-o como um paradigma panglossiano, Gould exorta os evolucionistas a ampliar os horizontes da teoria evolutiva e os seus próprios, reconhecendo a existência e relevância de fatores evolutivos que devem ser considerados para complementar as explicações da biologia evolutiva. O que as críticas mostram é que existem rumos alternativos aos desenvolvimentos atuais da teoria da evolução darwiniana, com viéses interpretativos que não são considerados pela teoria sintética. Gould não propõe nenhuma nova teoria evolutiva, mas sim à necessidade de tornar preciso o esquema original darwiniano, adequando a teoria aos fatos que exigem alguma explicação e acrescentando excelência a teoria.

Gould opera uma abertura que reivindica a ampliação no horizonte conceitual da pesquisa evolutiva. Ao evidenciar que algumas das transformações nos organismos não são adaptações, sugerindo alternativas não-adaptativas de abordagem dos dados observados, ele deixa clara a necessidade da expansão dos mecanismos explicativos para dar conta dos fatos e fenômenos que exigem explicação.

2.3 – A teoria evolutiva, nesta perspectiva, não seria mais exclusivamente adaptacionista ao abordar a evolução das espécies. Tanto explicações adaptacionistas como não-adaptacionistas devem ser levadas em consideração e, neste sentido, a crítica ao *paradigma panglossiano* cumpre o mesmo papel que a teoria do equilíbrio pontuado, ao apontar os limites explicativos da teoria sintética e propor uma abertura conceitual capaz de dar conta da resolução de dados, evitando argumentos *ad hoc*. Este é um problema conceitual que exige a ampliação naquilo que a teoria da evolução deve considerar nas suas explicações evolutivas. É neste sentido que Gould propõe o alargamento do horizonte explicativo da teoria evolutiva contemporânea.

Uma linha nova de pesquisa de unidade e de abrangência impressionante em arqueologia humana, diferente de qualquer outra, está se desenvolvendo e a maioria de nós faz parte dela. Há uma nova visão de mundo e há de fato uma nova interpretação dos dados de Burgess Shale como melhor exemplo das extensões de abrangência em outras investigações para compreender a evolução da vida.

(Gould, 1987:22)

O foco central de *Vida Maravilhosa* é o sítio arqueológico de Burgess Shale<sup>17</sup>, considerado por Gould o mais importante dentre todos os sítios conhecidos, pois conservistas que oferecem as concepções neodarwinistas. Ele é a única fonte direta

<sup>17</sup> Burgess Shale foi descoberto no sul das Montanhas Rochosas Canadenses, no interior do Parque Nacional de Yoho, próximo à fronteira entre a Colúmbia Britânica, em 1909 por Charles Doolittle Walcott. Ver Denis, 1988.

### 2.3 – A Defesa da Contingência Evolutiva

Outro tema crucial para a compreensão do processo evolutivo e que sempre foi motivo de polêmica é a questão da contingência, ou não, do processo evolutivo. Ele diz respeito à direção da evolução, ou melhor, à maneira como acontece o surgimento de novas espécies. Com base em seu percurso teórico desde a proposição do equilíbrio pontuado, passando pela crítica ao adaptacionismo, Gould afirma em seu livro *Vida Maravilhosa* (1989) que a consequência imediata de uma revisão dos fundamentos da teoria sintética é a constatação científica de que grande parte da história da vida é contingente. Para ele não há como evitar o caráter contingente da evolução biológica:

*“Este livro trata da natureza da história e da esmagadora improbabilidade da evolução humana, utilizando nesta discussão a idéia de contingência e a metáfora de se fazer correr repetidas vezes a fita da vida. Ele se concentra na nova interpretação dos fósseis de Burgess Shale como melhor exemplo das implicações da contingência em nossas investigações para compreender a evolução da vida.”*

(Gould, 1989:52)

O foco central de *Vida Maravilhosa* é o sítio arqueológico de *Burgess Shale*<sup>19</sup>, considerado por Gould o mais importante dentre todos os sítios conhecidos, pelas controvérsias que oferece às concepções neodarwinistas. Ele é a única fonte ampla

---

<sup>19</sup> Burgess Shale foi descoberto no alto das Montanhas Rochosas Canadenses, no interior do Parque Nacional de Yoho, próximo à fronteira oriental da Colúmbia Britânica, em 1909, por Charles Doolittle Walcott. Ver Gould, 1989.

e bem documentada sobre um dos acontecimentos mais cruciais na história da vida animal: o primeiro florescimento da explosão cambriana.

A vida multicelular surgiu na terra há cerca de 3,5 bilhões de anos. Antes disso existem evidências fósseis de bactérias e algas procariotes (sem núcleo) tidas como as formas vivas mais antigas da Terra. Estas simples formas de vida devem ter aparecido, primeiramente, há cerca de quatro bilhões de anos e cada uma dessas criaturas consiste em uma célula simples sem um núcleo e sem organelas relacionadas. Durante quase 90% da história da vida – das primeiras formas de vida até os dias de hoje - toda a fauna do planeta foi composta de simples seres unicelulares e neste período a natureza fez pouquíssimas mudanças nos organismos que existiam.

Então, repentinamente, há cerca de 570 milhões de anos, surgiram os precursores de todos os animais que existem hoje e muitos outros que desapareceram sem deixarem descendentes. Isso indica que, na passagem do período Pré-cambriano ao Cambriano, a população da Terra pulou direto dos organismos unicelulares (algas e bactérias), para animais complexos formados por milhões de células e com planos corporais completamente inusitados, a maior parte composta por ancestrais das águas-vivas, lagostas, vermes e ostras. Mas todas as espécies atuais estavam lá, pelo menos em suas linhas gerais.

Os dados paleontológicos revelam que exemplares de criaturas multicelulares e fósseis dos principais grupos de invertebrados aparecem pela primeira vez no registro fóssil apenas há 570 milhões de anos (período Cambriano), nas rochas de Burgess Shale. Estudos minuciosos encontraram uma profusão de animais fossilizados, com grande número de planos corporais muito diferentes, e muitos deles foram encontrados já em estado 'avançado' de evolução, logo da primeira vez

em que aparecem. É como se tivessem simplesmente surgido ali sem nenhuma história evolutiva progressa.

Nenhum dos filos encontrados nas rochas deste período possui fósseis intermediários que comprovem sua descendência por modificações adaptativas lentas e graduais. Dúzias de grupos independentes de animais multicelulares surgiram, sem que fossem mostrados processos visíveis de desenvolvimento evolutivo. O gradualismo sustentado pela teoria sintética exige que devessem existir conjuntos de formas intermediárias muito prolongadas entre os organismos unicelulares e animais complexos, tais como insetos, vermes e moluscos. Este cenário fóssil fornece fortes argumentos contrários à noção gradualista, pois fósseis intermediários são indispensáveis para reafirmar o gradualismo. As criaturas de Burgess Shale evoluíram em seu tamanho e *design* de maneira tão rápida com relação aos organismos unicelulares, que fica evidente que essa passagem evolutiva não pode ser explicada de acordo com os moldes gradualistas da teoria sintética.

Além disso, Gould aponta outro dado surpreendente: os fósseis de Burgess Shale contêm entre 15 e 20 espécies que não aparecem em nenhum dos grupos de animais conhecidos atualmente. As investigações mostram que essas espécies 'exóticas' não podem ser relacionadas com nenhum grupo conhecido atualmente e, possivelmente, serão classificadas como filos separados. Há também espécies que podem ser encaixadas dentro de filos existentes, mas com o detalhe de que manifestam projetos completamente diferentes nos seus corpos, o que as diferencia de tudo o que foi conhecido mais tarde. De certo modo, a complexidade daquela época era maior que a de hoje, já que havia maior variedade de modelos. Tudo indica que o número de espécies aumentou com o tempo, mas houve uma grande

redução na quantidade de filos. Atualmente o reino animal é dividido em cerca de 30 filos; no cambriano o número pode ter sido de 50 ou mais:

*“Talvez o problema mais intrigante apresentado pela fauna em Burgess Shale é que 10 filos de invertebrados completamente novos e desconhecidos foram descobertos, desafiando, de longe, todos os esforços para ligá-los aos filos atualmente conhecidos. Eles parecem ser os únicos filos representativos de cuja existência não se suspeitava, sequer, até aquela data”.*

(Morris & Whittington, 1979:122-33)

Sejam quais forem os cenários genéticos e de desenvolvimento que permitiram esse grande evento – a explosão cambriana - o que aconteceu não é, mais uma vez, algo que possa ser extrapolado das mudanças darwinistas em populações isoladas ao acaso. A análise atenta da história e dos fatos gravados em Burgess Shale pode transformar as idéias convencionais sobre a evolução e fornece dados concretos para uma crítica à teoria sintética.

Assim, Gould resume em poucas palavras:

*“Harry Whittington e seus colegas demonstraram que a maioria dos organismos de Burgess não pertence a grupos conhecidos e que as criaturas dessa única pedreira da Columbia Britânica provavelmente excedem, em diversidade anatômica, todo o espectro da fauna de invertebrados existentes nos oceanos modernos. Cerca de quinze a vinte dos espécimes encontrados em Burgess Shale não podem ser associadas a nenhum grupo conhecido e, provavelmente, deveriam ser classificados como filos distintos.”*

(Gould, 1989:21)

Segundo Gould, a revisão de Burgess Shale coloca dois grandes problemas a respeito da história da vida. O primeiro é explicar como foi possível o surgimento de uma disparidade tão marcante entre os primeiros seres unicelulares e os organismos de Burgess Shale, o que teria acontecido em um espaço de tempo geológico muito curto, não permitindo uma explicação de cunho gradualista. O segundo problema é o tema mesmo de *Vida Maravilhosa*: o papel da contingência na evolução.

Para mostrar não só a importância de Burgess Shale, como também a importância de uma interpretação científica coerente com as evidências paleontológicas, Gould inicialmente, chama a atenção para a iconografia clássica que representa a teoria evolutiva, principalmente através da imagem da marcha do progresso, aquele desenho emblemático que representa a evolução dos hominídeos - do *australopithecus* ao *homo sapiens* - de forma gradual e direcional, rumo ao homem civilizado. A marcha do progresso traduz aquela idéia generalizada de que a evolução acontece através de mudanças lentas e graduais orientadas para a perfeita adaptação. É a imagem que domina o cenário da pesquisa evolutiva contemporânea, facilmente visualizada por cientistas e leigos. Gould busca alertar para essa iconografia da evolução, que ele afirma incorreta:

*“A vida não é uma escada em que o progresso se faz de forma previsível, e sim um arbusto profusamente ramificado e continuamente desbastado pela impiedosa tesoura da extinção. (...) estamos continuamente cometendo erros devido a uma aceitação inconsciente da escada do progresso, mesmo quando rejeitamos explicitamente esta visão obsoleta da vida.”*

(Gould, 1989:29).

Gould estabelece como regra geral e como propriedade dos sistemas, a disparidade seguida de dizimação, contrapondo-se à iconografia da escada para o progresso. Para ele a seleção natural de Darwin *"apenas explica como os organismos respondem de forma adaptativa às mudanças nos ambientes locais e vão se modificando ao longo do tempo"*, não se referindo ao aperfeiçoamento das formas de vida. Afirma, ainda, que *"a evolução é uma dialética do interior com o exterior e não um quadro em que a ecologia empurra uma estrutura maleável em direção a um conjunto de posições adaptativas"* (Gould, 1990:49).

Como não poderia deixar de ser, era exatamente essa noção de evolução gradual rumo ao melhor adaptado (leia-se 'mais complexo') que Charles Walcott tinha em mente ao empreender sua análise pioneira dos fósseis de Burgess Shale. Em *Vida Maravilhosa*, Gould tenta demonstrar como Walcott foi levado a encaixar tais fósseis nas categorias taxonômicas já então conhecidas em razão da sua predisposição a dar suporte ao que é tratado por Gould como teoria de artefato do registro fóssil:

*"Charles Doolittle Walcott, o principal paleontólogo e mais poderoso curador da ciência americana, descobriu em 1909 essa antiqüíssima fauna de animais de corpo mole perfeitamente preservados. Sua postura profundamente tradicionalista, no entanto, acabou forçando-o a uma interpretação convencional, que não oferecia nenhuma nova perspectiva a respeito da história da vida..."*

(Gould, 1989:11)

Walcott acreditava que os artrópodes de Burgess Shale pertenciam a cinco grandes linhagens, já estáveis e bem estabelecidas no início do período Cambriano. Portanto, se neste momento da história da vida os organismos já haviam atingido tal grau de diferenciação, é razoável supor que estas cinco linhagens existiam no começo da explosão cambriana, uma vez que a evolução acontece de forma lenta e gradual, e não através de saltos súbitos e rompantes de diversidade. E, provavelmente, o ancestral comum a estas cinco linhagens viveu no período Pré-cambriano, evoluindo de seres unicelulares até os *designs* complexos das criaturas de Burgess:

*“A explosão cambriana, portanto, seria o artefato de um registro fóssil imperfeito; os mares do final do Pré-cambriano, nas palavras de Darwin, devem ter fervilhado de criaturas vivas” (1859, p. 307).”*

(Gould, 1989:313)

O fato é que Walcott elaborou uma hipótese para o fato de a ciência não dispor de indício algum desse passado evolutivo. De acordo com a noção gradualista que sempre dominou o pensamento evolutivo, estes seres pré-cambrianos deveriam – necessariamente – ter existido. Ele encontrou uma resposta para a explosão cambriana em termos estritamente darwinianos: os ancestrais comuns das cinco linhagens do Cambriano viveram nos mares Pré-cambrianos, porém eram compostos apenas de partes moles que não foram conservadas pelo registro fóssil. Como esclarece Gould:

*“Devemos nos lembrar de que a explosão cambriana não era em absoluto um enigma ordinário e que sua possível solução não era nenhum prêmio menor, mas sim, algo semelhante à descoberta do Santo Graal. Darwin havia publicamente se queixado de que “por enquanto, o problema permanece inexplicado, insolúvel, e pode servir de sério argumento contra os pareceres emitidos aqui” (1859, p. 308).”*

(Gould, 1989:314)

Ele mostra que vinte anos de revisão dos estudos iniciais sobre Burgess Shale, levada a cabo por três paleontólogos,<sup>20</sup> foram capazes de alterar por completo a interpretação de Walcott acerca desses fósseis e também fizeram com que:

*“... nossa visão tradicional a respeito do caráter progressivo e previsível da história da vida tivesse de se confrontar com o desafio da questão histórica da contingência – ‘o cortejo’ da evolução é visto como uma sucessão extremamente improvável de acontecimentos, bastante razoáveis quando vistos em retrospecto e sujeitos a uma rigorosa explicação, é verdade, mas completamente impossíveis de prever e praticamente irreproduzíveis.”*

(Gould, 1989:13)

Duas teorias podem ser levantadas com relação à ausência de organismos ancestrais pré-cambrianos - período que Walcott chamou de época *Lipaliana*<sup>21</sup>: a teoria do artefato, (utilizada por Darwin e os neodarwinistas) que afirma que esses ancestrais realmente existiram mas não foram preservados no registro fóssil; e as

<sup>20</sup> São eles Harry Whittington, Derek Briggs e Simon Conway Morris. Cf. Gould, 1989.

<sup>21</sup> Cf. Walcott, 1912:160-1. Gould, 1989:314.

teorias de transição rápida (saltacionismo e equilíbrio pontuado) que afirmam que tais organismos na verdade nunca existiram, pelo menos não na forma de invertebrados complexos que pudessem ser relacionados a seus descendentes.

Gould chama a atenção para o fato que Darwin rejeitou a teoria da transição rápida (evolução aos saltos), combinando os conceitos de seleção natural e evolução gradativa para fundamentar sua teoria. Para ele, assim como para a teoria sintética, qualquer criatura complexa do Cambriano surgiu necessariamente de uma extensa série de ancestrais Pré-cambrianos com a mesma anatomia básica.

Gould reconhece que em tempos comuns a evolução pode operar transformando as espécies lentamente, e aquelas que são mais aptas desbancam suas vizinhas. Assim, ao longo de muitos milhões de anos, as populações vêm se alterando e é sempre possível encontrar o registro gradual de algumas dessas alterações. Ele afirma, porém, que durante o relâmpago criativo do período Cambriano, simplesmente não houve tempo para que esse mecanismo operasse. Pelo mesmo motivo, também não se explica por que algumas linhagens sobreviveram e outras sucumbiram, como se sua sorte tivesse sido selada ao acaso. Ele insiste que essa explosão evolutiva introduziu uma alta dose de sorte (contingência) na seleção dos sobreviventes. Talvez, se o fenômeno se repetisse, os sobreviventes seriam outros.

Os neodarwinistas ortodoxos herdaram de Lamarck a tendência a considerar a noção de progresso como paralela à evolução biológica e pela qual o estágio último, mais perfeito e bem acabado da vida é representado por nós seres humanos. Em oposição, Gould (1979) afirma que a evolução é materialista, não finalista ou teleológica, e não admite uma noção de progresso. Revitalizando a

antiga perspectiva *saltacionista* em teoria evolutiva, a teoria do equilíbrio pontuado representa uma tentativa de usar essa noção para refinar a pesquisa evolutiva.

É o que revela a sua experiência de pensamento, de repassar a fita da vida até um ponto inicial (próximo ao surgimento da vida), deixando-a correr novamente, e nós poderíamos conseguir resultados muito diferentes dos atuais: não existiriam várias das espécies que hoje conhecemos, e certamente haveria outras novas.

Gould cita alguns exemplos clássicos a favor da contingência evolutiva, baseadas na idéia de repassar a fita da vida. Suponhamos que o grande meteoro que extinguiu os dinossauros do planeta nunca tivesse caído: provavelmente eles continuariam a dominar todo o mundo dos vertebrados terrestres, dentre eles os mamíferos. Também na pré-história, se a seca não ocorresse nas florestas, transformando-as em campos e savanas e forçando os símios a descerem das árvores, talvez eles ainda estivessem lá (tais como os primatas arborícolas da atualidade), bem integrados a seu meio. Em ambos os casos, o homem provavelmente não teria surgido no cenário evolutivo atual:

*“Estamos aqui porque a lista de mortos entre os produtos anatômicos da ‘explosão cambriana’ não incluiu um pequeno e ‘pouco promissor’ grupo de cordados representado pelo gênero Pikaia no Burgess Shale. Qualquer repetição da fita da vida através da loteria de Burgess Shale teria rendido um elenco de linhagens sobreviventes totalmente diferente; neste sentido, qualquer grupo existente deve sua existência à sorte contingente”.*

(Gould, 1989:48)

Nesse ponto ele chama a atenção para um aspecto essencial do processo evolutivo geralmente negligenciado pela teoria sintética: o problema da contingência histórica. Ele argumenta que mesmo que a seleção natural fosse capaz de gerar evolução por simples acumulação, a Terra não exibe um comportamento constante e seguro para permitir a transformação lenta e gradual das espécies. Mas essa evolução gradual do mundo vivo pode ser desviada ou interrompida por catástrofes ocasionais que assolam o globo de tempos em tempos e de forma completamente aleatória.

*“... a hipótese de Alvarez sobre a extinção em massa devida ao impacto de um meteoro no fim do Cretáceo vem induzindo uma reconsideração geral e uma disposição a admitir o papel importante dos eventos e processos que ocorrem em níveis superiores de hierarquias de tempos e magnitudes”.*

(Gould, 1989:46)

No nível macroevolucionário, os dogmas adaptacionistas - exclusividade da seleção natural como mecanismo único, gradualismo, complexidade crescente - começam a desmoronar. Parece evidente que fenômenos macroevolucionários como, por exemplo, as extinções em massa devido a catástrofes globais, as mudanças climáticas cíclicas em grande escala, e a explosão cambriana - que fez surgir em um curto espaço de tempo geológico uma fauna multicelular com uma enorme gama de projetos anatômicos *“... não podem ser adequadamente resolvidos pela compreensão da estrutura do material genético, ou de qualquer extrapolação sensata deste particular micronível”* (Gould, 1989:46).

Gould critica os pesquisadores gradualistas e sua análise da evolução como uma seqüência contínua de ancestrais e descendentes, que tem como ilustração o modelo da escada. O autor defende o modelo do arbusto para ilustrar a evolução, argumentando que três linhagens de homínídeos coexistiram ao mesmo tempo e que, portanto, a evolução não ocorre de forma linear e sim com ramificações laterais, à maneira de um arbusto. A história mostra que pode haver muitas escadas, isto é, diversos caminhos evolutivos alternativos que, em um dado momento e devido a uma constelação de fatores, a evolução pode tomar. Um importante aspecto enfatizado neste trabalho é a atenção para com a contingência histórica. *"Assim, o que acaba acontecendo"*, ensina o cientista, *"é a concretização de uma entre um bilhão de possibilidades. (...) A evolução não é uma escada, mas um arbusto de luxuriante ramificação"* (Gould, 1989). Devido a estes fatores, Gould advoga em favor da efetiva importância da contingência, não só devido às verdadeiras contingências singulares e caóticas que ocorrem no mundo, mas também por uma verdadeira aleatoriedade ontológica existente.

Nas palavras dele próprio:

*"Essas contingências, embora vistas com desconfiança e não prestigiadas pela ciência tradicional, deveriam ser consideradas igualmente significativas, igualmente prodigiosas, igualmente interessantes e tão analisáveis quanto às previsibilidades mais convencionais. (...) esta propriedade decorre do caráter do mundo – tornando-se tão significativa quanto qualquer outra coisa apresentada pela natureza – e não das limitações das nossas metodologias".*

(Apud Murphy, M. & O'Neill, Luke 1997:48)

Gould argumenta fortemente contra a depreciação da importância da contingência e busca a estruturação deste domínio. Seu principal argumento é o de que nenhuma pressão evolutiva adaptacionista é capaz de explicar quais espécies de Burgess Shale dariam origem a um grupo de sucesso na história da vida, e quais desapareceriam. E nós, seres humanos, como espécie única, somos o resultado de uma seqüência de contingências que poderia ter sido diferente em qualquer um dos milhares de passos que nos antecederam. Nesta concepção evolutiva, somos entidades biológicas contingentes, o resultado de um processo com inúmeras possibilidades de ter ocorrido de forma diferente, e por isso os seres humanos não são inevitabilidades previsíveis, mas fruto da contingência evolutiva.

A crítica gouldiana revela mais uma vez a necessidade de se considerar o aspecto da contingência em seus múltiplos níveis de ação, principalmente o macroevolucionário. A teoria sintética, ao restringir o fenômeno evolutivo ao âmbito genético, não observa os aspectos contingenciais que redirecionam e determinam os rumos da evolução em níveis hierárquicos superiores ao âmbito genético. O reconhecimento do verdadeiro papel da contingência faz parte dos mecanismos explicativos que devem ser levados em conta pela teoria evolutiva contemporânea para o refinamento de suas explicações evolutivas, indicando a necessidade de expansão da janela explicativa da teoria sintética.

É essencial notar como as críticas gouldianas, a saber, a crítica ao gradualismo, a crítica ao programa adaptacionista e ao verdadeiro papel da contingência no processo evolutivo, estão ligadas entre si e apontam conjuntamente para uma reavaliação da teoria evolutiva atual, a teoria sintética. Estas críticas não invalidam a teoria sintética, mas colocam em xeque algumas de suas interpretações que exigem uma adequação conceitual que possibilite explicações que não sejam

justificadas por argumentos *ad hoc*. As hipóteses de Gould permitem a abordagem da evolução a partir de pontos de vista que não são considerados pela teoria sintética, propiciando explicações mais legítimas e coerentes sobre a evolução, e demonstrando a necessidade efetiva de ampliação da janela explicativa da teoria.

destacando pela caracterização da seleção natural como mecanismo da evolução, para configurar um processo o que é, a partir de proposições de síntese teórica, ou teoria sintética. No capítulo II, buscamos expor as críticas e objeções por Stephen Jay Gould à teoria sintética ao longo de sua obra. Ao final, tentamos configurar o cenário que se apresenta teórico no interior da perspectiva evolutiva contemporânea, porém, sem observações de cunho filosófico.

A teoria sintética da evolução é considerada uma das principais fontes de compreensão científica da existência do homem e de toda vida na Terra. Sua reputação e respeito de natureza científica, não uma crença, a pararmos e reconhecendo a mesma criticamente a todo o momento por biólogos, evolucionistas e cientistas de todas as áreas. Apesar de haver grande discordância entre os naturalistas, suas bases já estavam traçadas na obra *A Origem das Espécies*, escrita por Darwin em 1859. A partir de então, os conceitos de evolução, seleção natural, organização, interação entre organismos e o meio ambiente, etc., são fundamentos por esta área da biologia, mas não extrapolada e aplicada a demais campos do conhecimento, tais como Administração, Demografia, Economia, Psicologia e Sociologia, por exemplo. A teoria sintética atualmente é criticada também pela comunidade científica das seguintes áreas: direito e seus fundamentos é logo colocada de não-científica na biologia.

Seja como for, a teoria sintética é amplamente aceita por muitos pesquisadores biólogos. Saudável tanto um dos grandes pilares da ciência contemporânea, que

## Capítulo III – Aspectos Epistemológicos da Teoria Evolutiva Contemporânea

### 3.1 - A Ampliação da Janela Explicativa da Teoria Evolutiva

Nosso percurso teve início no capítulo I, com uma breve explanação sobre os antecedentes e o surgimento da teoria da evolução pela seleção natural de Darwin, passando pela caracterização da seleção natural como mecanismo da evolução, para configurar com precisão o que é, e quais os pressupostos da síntese moderna ou *teoria sintética*. No capítulo II, buscamos explicitar as críticas encetadas por Stephen Jay Gould à teoria sintética ao longo de sua obra. Até aqui, coube-nos configurar o cenário deste embate teórico no interior da pesquisa evolutiva contemporânea, porém, sem observações de cunho filosófico.

A teoria sintética da evolução é considerada uma das principais fontes de compreensão científica da existência do homem e de toda vida na terra. Ela representa o resultado de esforços científicos, não uma crença, e, portanto é reexaminada e testada criticamente a todo o momento por biólogos, evolucionistas e cientistas de todas as áreas. Apesar de haver grande discordância entre os neodarwinistas, suas bases já estavam traçadas na obra *A Origem das Espécies*, escrita por Darwin em 1859. A partir de então, os conceitos de evolução, seleção natural, organizações, interação entre organismos e o meio ambiente, etc., são fornecidos por esta área da biologia, mas são extrapolados e aplicados a diversos campos do conhecimento, tais como Administração, Demografia, Economia, Psicologia e Sociologia, por exemplo. A teoria sintética atualmente é tão ferrenhamente defendida pela comunidade científica que qualquer crítica dirigida a seus fundamentos é logo taxada de não-científica ou obsoleta.

Seja como for, a teoria sintética é amplamente aceita por biólogos e não-biólogos. Saudada como um dos grandes pilares da ciência contemporânea, o que

ocorre de fato é que o exame mais atento de suas bases e aplicações revela uma argumentação frágil, que vem sendo bastante questionada desde sua apresentação. Ao longo do Capítulo II, mostramos como existem críticas incisivas e consistentes aos fundamentos da teoria sintética. A partir das críticas levantadas por Gould, fica evidente a necessidade de novos modelos que ampliem o horizonte da teoria evolutiva, trazendo maior precisão e poder explicativo à teoria. Esse porém, ainda é um tema tratado de forma obscura pela biologia e história das ciências, devido aos preconceitos científicos que descartam de antemão qualquer novidade em prol da manutenção do paradigma vigente. A omissão científica com relação às críticas dirigidas à teoria sintética é a regra (quase) geral.

Esta seção é destinada a uma leitura dos dados e informações obtidos até o presente momento, no intuito de compreender o sentido, as articulações e os contornos da teoria evolutiva contemporânea.

As idéias de Darwin tiveram e ainda têm grande impacto na estruturação e funcionamento de toda biologia. Com as contribuições que lhe foram acrescentadas ao longo do século XX, sua visão da evolução parece ter se modificado muito nos últimos anos, culminando com o surgimento de sua forma mais elaborada: a teoria sintética. Mas podemos nos questionar se esse panorama realmente mudou: A teoria sintética contemporânea é a melhor ou a única direção para a atual pesquisa evolutiva? Ela deve ser mantida, complementada ou reescrita? Está efetivamente emergindo um novo paradigma na teoria da evolução e, nesse caso, qual? Estas são algumas das questões que Gould tenta responder em sua última e monumental obra *The Structure of Evolutionary Theory* (2002), onde o autor traça o panorama da teoria evolutiva ao longo da história até nossos dias. A eloquência de suas discussões, sua riqueza de exemplos e a imensa profundidade com que trata os

temas fazem da sua última obra um trabalho ímpar na explicação da evolução, uma análise histórica detalhada e uma visão científica crítica bem atual. Nesta obra, Stephen Gould descreve o conteúdo do darwinismo clássico, sua origem e história, e argumenta convincentemente contra os três pilares fundamentais da teoria sintética:

- I - que as pressões evolutivas operam agindo sobre os indivíduos apenas;
- II - que a seleção natural é praticamente o mecanismo exclusivo das mudanças evolucionárias adaptativas;
- III - e que as transformações dos organismos são lentas e graduais.

Através das críticas expostas por Gould ao longo da obra, fica evidente a necessidade de abertura do pensamento evolutivo para dar espaço a uma multiplicidade de mecanismos contingentes que influem no processo evolutivo e que, se devidamente analisados, podem explicar de forma mais coerente o domínio fenomenológico adaptativo da vida. A clareza de sua argumentação sobre a estrutura da teoria evolutiva aliada a suas críticas ferozes traz por consequência um outro elemento fundamental na análise do processo evolutivo: a contingência histórica. O principal objetivo de sua argumentação em *The Structure of Evolutionary Theory* é o de mostrar o verdadeiro espaço da contingência histórica no devir do processo evolutivo.

Gould retoma suas críticas dirigidas à teoria sintética, começando com a controversa teoria do *equilíbrio pontuado* proposta em 1972, segundo a qual, em lugar de ocorrer de forma gradual e imperceptível, a evolução biológica ocorre sob a forma de transformações abruptas associadas à formação de novas espécies, as quais permanecem sem se transformar por milhões de anos. O gradualismo, até Gould, era uma tradição venerada e praticamente unânime em evolução, já que

caracteriza a teoria de Darwin e a sua sucessora moderna, a teoria sintética. Esta foi a primeira grande crítica gouldiana: a querela entre gradualismo x equilíbrio pontuado.

Para Gould, uma vez que as espécies se originam, elas se mantêm praticamente inalteradas durante grandes períodos de tempo geológico, até que novas espécies se originem em eventos de mudança curta e rápida. A regra geral em evolução seria a não-transformação dos organismos (êxtase), e as mudanças significativas se concentrariam em breves períodos de tempo, associadas à origem de novas espécies. A evolução se dá aos saltos, conforme sugere a teoria do equilíbrio pontuado. Essa hipótese desafiou o modelo gradualista predominante e contribuiu para a incorporação de uma diversidade de novos fatores para explicar os processos evolutivos que destacavam evidenciando, por exemplo, a importância do acaso na construção de padrões observados na história da vida.

O segundo grande momento da crítica ao neodarwinismo tratado em *The Structure of Evolutionary Theory*, é a crítica ao programa adaptacionista inaugurada no famoso artigo *Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm...*(1979), onde Gould e Lewontin lançam um ataque frontal à teoria sintética, aprofundando sua crítica ao papel exclusivo da seleção natural como mecanismo que rege a evolução. Neste artigo, eles propõem a necessidade da expansão da teoria darwinista para uma visão mais integral e plural da evolução, em que os organismos sejam concebidos como resultantes da interação entre os processos e acidentes experimentados em sua história evolutiva (filogenética), com as restrições (*constraints*) e possibilidades que impõe seu desenvolvimento individual (ontogenético). Gould chama atenção para a concepção do organismo como um

todo integrado e sistêmico, em contraste com o reducionismo metodológico e a fragmentação (darwinismo do gene) que supõe o enfoque adaptacionista.

Outro aspecto importante levantado por Gould é a questão da contingência na evolução. A primeira defesa desse tema surge em *Vida Maravilhosa* (1990), com a noção de *contingência histórica* concebida como um processo em que fatores em parte aleatórios, em parte oportunistas, em parte deterministas, marcam a história da evolução em grande escala, a evolução acima do nível da espécie (macroevolução). Gould não nega a importância da seleção natural darwiniana como um processo de adaptação das povoações às condições locais, porém relativiza a sua importância como elemento causal único e decisivo da mudança evolutiva.

Para fundamentar suas afirmações Gould, em *Vida Maravilhosa*, chama atenção para o sítio arqueológico de *Burguess Shale*, buscando comprovar a influência das mudanças ambientais que submeteram os organismos às mais diversas pressões no processo evolutivo, e como esse fator essencial deve ser considerado pelas pesquisas em teoria evolutiva. O adaptacionismo se mostra reducionista ao eleger a seleção natural como única força responsável pela evolução. Existe uma série de escolhas aleatórias e eventos contingentes que geram as mais diversas pressões evolutivas, sendo responsáveis pela extinção, especiação e diversidade no mundo vivo, e deveriam ser levadas em consideração em qualquer explicação evolutiva mais precisa.

Gould não acredita no velho mito de que os cientistas são modelos de objetividade isenta de preconceitos, igualmente abertos a todas as possibilidades e chegando às suas conclusões apenas através do peso dos indícios e dos argumentos lógicos, mas não se deixa levar para o extremo oposto de que "os

*indícios objetivos não desempenham nenhum papel, de que as percepções da verdade são inteiramente relativas e de que as conclusões científicas são apenas uma outra modalidade de preferência estética". Para ele "a ciência, tal como é praticada, constitui-se num diálogo entre dados e idéias preconcebidas" (Gould, 1990:281).*

Ele critica os procedimentos científicos que são incapazes de considerar toda a variedade de processos existentes na natureza, as quais precisam ser estudadas com ferramentas proporcionadas pela história. Segundo Gould, as ciências históricas utilizam um tipo diferente de explicação, baseada na comparação e na riqueza de dados provenientes da observação, e embora não possamos observar os eventos ocorridos no passado, não é a observação direta que caracteriza a firmeza das ciências, mas uma verificabilidade confiável.

Para Gould as explicações históricas são narrativas de etapas em sucessão, ou seja, um evento 'E' ocorre, não por acaso, mas em conseqüência de várias etapas anteriores. Se houver qualquer alteração em uma ou mais etapas, não se pode afirmar com certeza que ocorreria o evento 'E', o que caracteriza o princípio central de toda a história - a contingência (Gould, 1990:324-7). Em sua perspectiva, eventos contingenciais que não são considerados pelo neodarwinismo, são responsáveis, em grande parte, pelo curso da evolução.

Ao se contrapor à iconografia da escada evolutiva que dissemina a idéia da previsibilidade na evolução, Gould não invoca seu oposto, o acaso, nem se coloca na posição intermediária. Ele propõe uma terceira alternativa, pela qual os resultados finais não podem ser previstos no início do processo, pois qualquer acontecimento casual ou não, no seu decorrer, mesmo aparentemente sem importância na ocasião, pode alterar a trilha original. *"Esta terceira alternativa é*

*nada mais nada menos do que a essência da história. Seu nome é contingência...*" (Gould, 1990:52).

Um conjunto de explicações históricas, bem documentadas e que não se manifestem como consequência dedutível de alguma lei da natureza e nem sejam previsíveis a partir de alguma propriedade geral ou abstrata de um sistema mais amplo tem o mesmo status de uma conclusão científica convencional. Com base na análise histórica do processo evolutivo humano, ou seja, considerando os aspectos contingentes que levaram ao surgimento da espécie humana, Gould refuta a teoria da tendência, em que o *"Homo Sapiens transforma-se no resultado antecipado de uma tendência evolutiva comum a todas as populações humanas..."* (Gould, 1990:325-77), propondo uma hipótese pela qual a evolução humana se deu a partir de uma frágil e improvável entidade que, por sorte, foi bem sucedida. Significa que nós humanos não somos o resultado 'previsível' de uma tendência evolutiva global.

Segundo a concepção gouldiana, a evolução não leva à idéia de progresso, qualquer que seja o critério que adotemos para defini-lo. Também não existe uma tendência para uma complexidade maior que nos permita definir a evolução como um processo progressivo. Ao contrário da opinião corrente, o progresso e a complexidade crescente não são característicos da evolução da vida na terra. A ciência não mais pode sustentar a visão progressiva que afirma que a evolução é sempre conduzida para o melhor, para o mais organizado, para o mais complexo. E por mais que os neodarwinistas neguem, é fato que as explicações adaptativas mais entusiásticas sempre carregam um tom teleológico. A noção de complexidade crescente, onde o homem ocupa o topo da escala evolutiva, é uma idéia antropocêntrica da evolução totalmente alheia aos fatos e dados científicos atuais e

não representativa da verdadeira dimensão da evolução biológica no conjunto do mundo vivo. Conforme Gould (1990), a evolução não se guia por uma seta rumo à maior complexidade.

A maioria dos biólogos preocupados com a história da vida assume que a seleção natural é a causa de todas as características dos organismos vivos ou extintos, sendo que a tarefa do biólogo fica restrita a fornecer explicações através de uma narrativa razoável, da razão pelas quais certas características das espécies foram favorecidas pela seleção natural. De outra forma, a ênfase da explicação evolucionária de Gould é no sentido de trabalhar com a diversidade fundamental dos processos biológicos na busca pelas causas das mudanças evolutivas, levando em conta a história das espécies de forma mais profunda e atenta para as diferentes motivações que lhes permitiram desenvolver soluções evolucionárias criativas. De acordo com sua avaliação da estrutura da teoria evolucionária, então, é possível verificar que a atual biologia evolutiva – pautada pelos ditames da teoria sintética – deve operar uma abertura conceitual radical em seus fundamentos, incorporando novas estratégias explicativas capazes de resolver questões que são geralmente relegadas a um segundo plano pela teoria sintética. Ele aponta para um programa de pesquisa em biologia evolutiva não centrado exclusivamente na seleção natural, ou, mais especificamente, na seleção natural dos genes como força motriz exclusiva em ação na evolução.

Gould é o mais ferrenho crítico dos pressupostos adaptacionistas, lançando um ataque frontal às bases da teoria sintética. Suas principais noções teóricas - o equilíbrio pontuado, a crítica ao programa adaptacionista e a defesa da contingência na evolução da vida - colocam em xeque toda a teoria sintética e apontam para uma

revisão atenta e geral das bases da teoria evolutiva, levantando novas questões também em epistemologia e filosofia da biologia.

Desde os primórdios da síntese moderna, o estudo dos mecanismos evolutivos vem demonstrando a necessidade de expansão da teoria para incorporar novas informações, novas questões e novas soluções. A elucidação da base molecular da hereditariedade, a partir de 1953, quando Watson e Crick propuseram a estrutura do DNA, forneceu uma compreensão mais profunda da natureza da mutação e da variação genética, e revelou cada vez mais novos fenômenos que enriqueceram, e algumas vezes desafiaram, a teoria neodarwinista. Dados moleculares aliados a uma expansão da teoria matemática apropriada, estabeleceram a deriva genética aleatória como o principal agente da mudança evolutiva, juntamente com a seleção natural. O próprio conceito de seleção natural foi expandido de modo a incluir não somente a sobrevivência e reprodução diferenciais dos organismos individuais, mas também, genes, grupos e populações.

Boa parte da teoria neodarwinista é altamente abstrata, incluindo sua formalização nos modelos matemáticos da genética de populações, os estudos sobre as frequências de alelos e os coeficientes de seleção que aparecem nos modelos evolutivos estatísticos. A teoria sintética se baseia em informações exclusivamente relativas aos dados e aspectos genotípicos dos organismos.

Gould (2002) afirma que as características reais dos organismos foram, cada vez mais, tratadas pela teoria evolutiva através do desenvolvimento de modelos específicos de aspectos da história natural e do comportamento, modos de reprodução e similares. Áreas inteiras do conhecimento, tais como comportamento e ecologia foram incorporados à biologia evolutiva. Enquanto isso ocorria, tornou-se cada vez mais claro que as características reais presentes nos organismos não

podem ser compreendidas somente em termos da variação genética existente e coeficientes das pressões de seleção. Ao contrário, as características presentes são determinadas, em parte, pelos processos de desenvolvimento que traduzem genótipos e estes, por sua vez, são produtos da história evolutiva:

*“É verdade que o neodarwinismo clássico enfatizou alguns modos de explicação, níveis de análise e questões às quais pesquisas foram direcionadas, às expensas de outras. A teoria evolutiva está no momento sofrendo uma expansão (Gould 1982) em todos esses aspectos. A explicação preferida tem sido a ação da seleção natural dentro de populações; fatores tais como a deriva genética e a ação da extinção de populações e espécies, foram reconhecidos, mas apenas recentemente receberam maior ênfase. O nível tradicional de análise tem sido o estudo da ação gênica e mudança na frequência gênica; existe agora uma ênfase maior em níveis superiores de organização biológica, tais como o desenvolvimento e as restrições impostas pela história filogenética. A importância do desenvolvimento e da contingência histórica foi sempre reconhecida (pelos neodarwinistas), mas até recentemente esse reconhecimento tem sido do tipo formal, polido, dado a um estranho em uma festa íntima.”*

(Futuyama, 1992:463)

Desde o início de seu percurso na pesquisa evolutiva, Gould demonstrou que suas críticas oferecem novas possibilidades para o estudo da vida. Podemos apontar como característica principal da última e monumental obra de Gould, os esforços incansáveis em expor e problematizar dados com o intuito de mostrar como a evolução opera em diferentes níveis - de genes a espécies:

*“... a noção segundo a qual a evolução pode proceder mais ou menos independentemente em três níveis: o das moléculas (mudanças genéticas), o dos indivíduos nas populações (micro-evolução), o das espécies (macro-evolução)”.*

(Blanc, 1994:176)

É necessário explicar a estrutura global do organismo, como funcionam diferentes alternativas adaptativas, o ritmo particular da evolução, a conexão entre a história da Terra e as diferentes pressões evolutivas, as interações entre os organismos e o meio ambiente variante, enfim, todo um conjunto de elementos que são, ainda hoje, negligenciados pela teoria sintética da evolução, ou seja, a pesquisa evolutiva deve levar em conta o nível macroevolucionário (que os neodarwinistas identificam com a microevolução acumulada), o que possibilitará uma visão sistêmica, mais ampla e mais fiel da evolução:

*“O estudo dos mecanismos evolutivos não pode ser divorciado do estudo da biologia do desenvolvimento e da história, temas básicos da sistemática e da paleontologia. A síntese dessas diversas áreas da biologia evolutiva apenas começou.”*

(Futuyama, 1992:14)

Uma abordagem mais sistêmica que faça perguntas apropriadas sobre os componentes integrados do sistema não deve ser ignorada. Tal abordagem deve, porém, ser capaz de evitar os extremos de uma pesquisa extremamente reducionista ou extremamente aberta e imprecisa da evolução. Os críticos da teoria

sintética, citados e comentados nessa dissertação, chamam a atenção para os limites explicativos da teoria evolutiva e quais aspectos são prioridade nesse processo de reavaliação teórica. Suas críticas recaem exatamente sobre os pontos estancos, onde só uma abertura conceitual que promova o abandono de alguns pressupostos para incorporação de outros poderá lançar uma luz sobre questões atualmente insolúveis pela teoria evolutiva vigente.

Autores como Gould, Eldredge, Lewontin, Elisabeth Vrba, dentre outros, apesar da discordância com a teoria sintética, trabalham dentro do esquema geral darwiniano. Todos porém, sugerem uma ampliação na janela explicativa da teoria evolutiva, ou seja, uma expansão nos fatores, elementos e variáveis que a teoria deve explicar, possibilitando um conhecimento mais rico da forma como os organismos evoluem. O mecanismo da evolução, nesta perspectiva, deixa de ser exclusivamente a seleção natural e é alargado para outros mecanismos que também devem ser levados em conta no processo evolutivo, atentando para todo o conjunto de fatores que podem, de alguma maneira, influenciar a evolução.

O resultado do que foi avaliado até aqui revela que a mais aceita e difundida teoria acerca da evolução – a teoria sintética – é restrita quanto ao poder explicativo de suas asserções, não levando em conta elementos, mecanismos e variáveis importantes que entram em jogo no processo evolutivo. Diante da argumentação gouldiana, desde as primeiras críticas a teoria sintética já em 1972, até sua última obra de 2002, transparece sempre a necessidade de uma ampliação naquilo que a teoria evolutiva deveria levar em conta, ou seja, um alargamento dos *esplanada* da teoria, o que possibilitará à pesquisa evolutiva reconfigurar suas questões de forma muito mais precisa. As críticas sugerem uma revisão radical em conceitos

sedimentados e preconceitos adaptacionistas para ampliar o horizonte explicativo da teoria e aprimorar suas respostas aos desafios da pesquisa.

Apesar das críticas levantadas por Gould tornarem explícitas a inadequação e incompletude da teoria sintética como explicação da evolução, ela não pode ser acusada de errada. Qualquer desenvolvimento da teoria evolutiva no futuro deverá incluir e ser compatível com mutações ao acaso, seleção individual e toda a genética de populações, da mesma forma que teorias bioquímicas devem ser compatíveis com as teorias da química e da física. O poder do neodarwinismo está na sua generalização de explicações, e quanto mais genérica uma teoria se torna, mais abstrata. A teoria sintética ganha poder explicativo quando conceitos tais como freqüências gênicas e seleção ganham conteúdo empírico, quando aplicados às características reais de organismos reais: comportamento, histórias de vida, sistemas reprodutivos, fisiologia e morfologia. Quando isto é feito, entretanto, surgem novas questões apropriadas àquelas características particulares e fatores específicos ao contexto devem ser adicionados à teoria.

A teoria sintética é uma teoria de mecanismos. Ela foi elaborada para explicar a existência de uma história de mudança evolutiva. Enquanto o estudo do mecanismo assumiu um papel central, o estudo da história – a partir da paleontologia, sistemática e morfologia – não teve um peso tão importante. Mas assim como a história real dos eventos humanos é tão rica e viável quanto à sociologia que estuda seus mecanismos, também o estudo e a atenção com a história evolutiva levantam questões e hipóteses com seu próprio conteúdo, descrevendo padrões de diversificação, extinção e mudança historicamente contingente e factualmente determinantes.

Gould salienta a necessidade de um trabalho de extensão teórica da janela explicativa da teoria sintética da evolução, ou seja, daquilo que deve ser considerado pela teoria evolutiva. Uma perspectiva evolutiva mais elaborada, segundo a argumentação gouldiana, exige que o foco explicativo da biologia evolutiva seja ampliado para todo o organismo e não apenas para suas partes isoladas; que se explique não apenas a função atual, mas a função atual e sua origem eventualmente diferente; e também, as variações das pressões evolutivas de acordo com o leque de variáveis envolvidas, não apenas determinada pressão específica ou aquilo que sofre a pressão.

Em lugar de considerar apenas mudanças graduais, como faz a teoria sintética, uma teoria mais estruturada deve atentar para o registro fóssil e tentar dar uma explicação plausível para os buracos fenotípicos. Isso exige que se leve em conta alguma forma de evolução aos saltos, ou seja que o equilíbrio pontuado seja incorporado à teoria. A explicação de processos evolucionários macroevolutivos só pode ser operada se o locus evolutivo passar do gene (ou do patrimônio genético de um indivíduo) como afirmam os neodarwinistas, para níveis hierárquicos superiores, como as espécies e os ecossistemas. Também mecanismos evolutivos não-adaptativos como as exaptações e as catástrofes naturais devem ser consideradas.

É interessante notar como essa perspectiva aponta para a necessidade de se restabelecer a concepção do organismo como um todo integrado, de caráter marcadamente sistêmico, em contraste com a fragmentação que supõe o enfoque adaptacionista, o que pode resultar em novos modelos explicativos. Amparada por seus colaboradores, a argumentação gouldiana não visa substituir a teoria darwiniana da evolução por outra, nem desmantela a teoria sintética em prol de um pluralismo explicativo leviano. O que podemos afirmar com certeza é que Gould



### **3.2 – Gould Representa um Novo Paradigma em Evolução?**

Neste momento da dissertação, norteados sempre pelas obras, artigos e autores pesquisados, podemos formular duas ou três questões simples, porém, obliteradas pelo pensamento científico contemporâneo, acerca do debate entre Gould e seus aliados de um lado e adeptos da teoria sintética, de outro.

A primeira questão é a seguinte: frente à teoria sintética da evolução estamos diante de uma teoria adequada aos fatos, porém, ainda incompleta, ou será o neodarwinismo uma teoria condenada a ser ultrapassada como explicação evolutiva? Outra pergunta adequada aqui é: será que a crítica à teoria sintética, levantada por Gould, pode levar a pesquisa evolutiva rumo a um novo paradigma, mais amplo e mais elaborado, capaz de traçar um esboço mais profundo dos processos evolutivos no mundo vivo para chegar a respostas mais precisas? E ainda: podemos considerar a perspectiva evolutiva de Gould como esse novo paradigma?

Nenhuma das leituras realizadas ao longo da dissertação coloca um ponto final nessas questões. Como estes temas se desenvolvem no tênue limite entre ciência e filosofia, poucos são os que se arriscam a enveredar por este debate: às vezes faltam argumentos científicos para sustentar a reflexão filosófica; outras faltam reflexões de caráter mais abstrato e epistemológico para complementar o trabalho dos biólogos. Principalmente no Brasil, as publicações são poucas e as pesquisas nesta área, muito escassas. Este foi o grande desafio de escrever esta dissertação, principalmente a partir do momento em que o próprio trabalho nos leva a responder perguntas eminentes, porém ainda sem solução satisfatória. Cabe, então, uma análise do panorama atual da pesquisa, visando um posicionamento frente ao embate teórico exposto ao longo da dissertação.

O neodarwinismo parece querer extrapolar os limites de uma simples teoria para se tornar uma doutrina científica, baseada em dois princípios 'indiscutíveis' que pretendem explicar toda a variabilidade existente nos seres vivos: as mutações ao acaso, como geradoras de variabilidade, e a seleção natural como canalizadora destas variações. Este paradigma consagrado constitui o que hoje chamamos teoria sintética da evolução. Ela compreende a integração do darwinismo original e seu mecanismo de seleção natural, com princípios da hereditariedade descobertos por Mendel, aliados com os modelos matemáticos desenvolvidos para descrever as mudanças das frequências de genes por seleção natural. Este conjunto de ingredientes se cristalizou em um paradigma: o da evolução gradual por mudanças adaptativas, em que a seleção natural é o mecanismo fundamental e exclusivo para interpretar a evolução da vida.

Nos extremos deste debate sobre teoria evolutiva temos duas posturas que são ambas darwinistas, porém em direções diferentes. De um lado, temos o que o próprio Darwin chamaria hoje de 'interpretação estreita' da seleção natural, a idéia da "*natureza de dentes e garras ensangüentadas*" (Dawkins, 1975), que afirma a seleção natural como mecanismo principal, senão único, que rege a evolução e que, após o advento da genética, caracteriza o gene como a unidade primeira da evolução, ou seja, como cerne do processo evolutivo.

A outra postura fica por conta das atitudes mais críticas com relação a essa doutrina oficial da biologia evolutiva, cujo pioneiro e maior exemplo é Stephen Jay Gould, que ataca os pilares do pensamento neodarwinista, a saber, o gradualismo e o adaptacionismo, concedendo à *espécie* em sua totalidade de relações a categoria de matéria-prima sobre a qual atua a evolução.

A teoria sintética vem sendo atacada como um sistema monolítico e reavaliada, pouco a pouco, por uma nova maneira pluralista de abordar os problemas evolutivos. Já na década de 70, Gould desafiava o paradigma evolutivo estabelecido pelos arquitetos da nova síntese. A nova abordagem emergente nega o dogma central da teoria sintética, a saber, de que mutações causais e seleção natural são fatores necessários e suficientes para explicar toda a evolução. Daí por diante, com o abalo dos seus fundamentos teóricos, a teoria sintética entra em crise.

Com base das críticas expostas neste trabalho, fica evidente que uma teoria evolutiva reestruturada de uma forma mais coerente e aberta faz-se necessária para ser incorporada à essência do argumento darwiniano, visando, no mínimo a coerência entre a teoria e os dados científicos obtidos contrários a ela. As evidências científicas contraditórias com seu modelo teórico fundamental (como é o caso, por exemplo, dos buracos fenotípicos e dos fósseis de Burgess Shale) têm conduzido a pesquisa evolutiva e toda biologia a uma situação que parece adequar-se ao que Thomas Kuhn qualifica como *crise na ciência* (1978).

A ciência realizada com base no paradigma vigente é denominada por Kuhn *ciência normal*. A ciência normal representa o dia-a-dia do cientista. Ao realizar a ciência normal, o pesquisador se encontra - tendo ou não consciência disto - dentro de um sistema de concepções fundamentais que ele aceita como verdadeiras e, por isso, toma como norma para seu trabalho. Se algo que ele constata não concorda com seus pressupostos básicos, sua tendência é crer que está errado, e muitas vezes (como na crítica que Gould dirige à *teoria do artefato fóssil*), os dados das pesquisas mais atuais são relevados para salvar as suas mais profundas concepções paradigmáticas.

Como consequência da ciência normal (a ciência cotidiana), se chega a conhecimentos que contradizem a interpretação habitual dos dados científicos, surgindo interpretações alternativas e mesmo anômalas. Tais anomalias levam a ciência normal a uma crise cada vez maior, cuja solução possível é uma mudança radical na forma de ver e analisar o problema. Kuhn denominou esse momento de transformação das concepções científicas de *mudança de paradigma*. Os paradigmas representam conjuntos de conceitos fundamentais que, em um dado momento, determinam o caráter da descoberta científica. São os parâmetros ou modelos gerais que orientam o encaminhamento das pesquisas realizadas pelos pesquisadores que se encontram em seu interior.

A ciência normal é cumulativa; a mudança de paradigma é uma revolução. Quando Darwin publicou *A Origem das Espécies*, surgiu uma nova ciência - a biologia evolutiva - que engatinhou a princípio, para depois se erguer e se impor entre as demais. Quando as leis de Mendel foram redescobertas em 1900, também velozmente nasceu uma nova ciência, a genética. Trata-se, como se vê, de verdadeiros cortes epistemológicos.

Cada corte epistemológico nem sempre representa uma novidade absoluta, mas algo novo que permite, sob certos aspectos, o envolvimento do paradigma suplantado sem negá-lo totalmente, superando os obstáculos conceituais colocados, mas preservando aspectos do arcabouço teórico anterior. Assim é que o darwinismo envolveu o lamarckismo, que a teoria sintética envolveu o darwinismo, a genética o *weismannismo*, etc. Um paradigma não se desenvolve cedendo lugar a outro; o novo paradigma é sempre uma novidade que nega o modelo anterior mas pode, às vezes, envolver partes dele.

As crises não significam, necessariamente, o prenúncio do surgimento de um novo paradigma. Pode acontecer que a própria ciência normal resolva as anomalias, desta forma eliminando a crise, ou que as anomalias persistam e sejam postas de lado para futura solução. Como Kuhn sabiamente aponta, um paradigma só é abandonado quando há outro para substituí-lo. Não havendo, a tendência é manter a confiança no paradigma em crise, não se aceitando as anomalias como contra-exemplos, mas apenas como um *quebra-cabeça* que a ciência normal deverá resolver mais cedo ou mais tarde. Quando necessário se elaboram modificações *ad hoc* das evidências contrárias ao paradigma vigente para que ele possa resistir. Por exemplo: Linneu achava a princípio serem imutáveis as espécies desde sua criação. Pressionado por dados contrários, chegou a passar essa característica das espécies para os gêneros, continuando a ser fixista (Blanc, 1994). Por isso a ciência deve descobrir quais as anomalias que representam verdadeiros contra-exemplos a seus paradigmas. Estes sim é que, bem estudados, virão a configurar a *ciência extraordinária*, marcada por teorias especulativas que, a partir de então, terão dois caminhos alternativos: ou serão postas de lado, se não forem bem sucedidas, ou indicarão o caminho de um novo paradigma.

A análise das teorias e explicações ao longo da história mostra-nos como o enfoque de distintos aspectos de um problema ou o mesmo problema, visto de outras possíveis perspectivas, oferece repentinamente novas soluções. Dos resultados destes problemas surgem novos conceitos, leis, teorias, medidas, etc., que nos conduzirão a um novo modelo pelo qual possamos ver e explicar o mundo com maior precisão e coerência. Estas observações se chocam frontalmente com a visão tradicional da ciência como um processo de acumulação de saberes, como um *continuum* entre a primeira observação natural e os tempos atuais, no qual as

explicações, teorias e leis têm se desenvolvido mediante a reordenação e encaixe de fatos e descobertas. Esta característica saltacionista do progresso dos conhecimentos transforma totalmente a perspectiva tradicional. Porque não se trata de uma mudança de matiz ou linha de pesquisa dentro de um paradigma, nem se trata de um falso saltacionismo produzido pela aceleração do processo de mudança gradual.

Por suas próprias características, a impressão maior de todos os críticos da teoria sintética é de que o debate e o atual momento teórico da pesquisa evolutiva trazem implícita uma mudança necessária e real. Esta crise possui um caráter local e acontece no interior de um processo de alargamento das ciências da vida. É difícil constatar se ela representa ou não uma mudança de paradigma. Ao que parece, a confirmação destas críticas constituiria, ao menos em certa medida, o que Kuhn chamou de *revolução científica* e as conseqüentes mudanças de paradigma resultantes, já que podem afetar não só a compreensão dos mecanismos, como também a interpretação e o significado de alguns mistérios evolutivos, e ainda trazer outras importantes conseqüências epistemológicas.

Para Thomas Kuhn, os critérios que definem uma revolução científica e sua conseqüente mudança de paradigma, são os seguintes: em primeiro lugar, a nova teoria deve conseguir resolver as anomalias que tenham criado a crise no antigo paradigma, as quais conduzem à necessidade de um outro novo modelo; além disso, é necessário que o novo paradigma preserve toda ou grande parte da capacidade de resolução de problemas concretos do paradigma anterior. Quando ambos os critérios se cumprem, acontece um progresso como resultado de saltos qualitativos da ciência. Uma verdadeira revolução científica, após se iniciar, é seguida por um período de *ciência normal*, dedicada ao estudo do novo paradigma.

De acordo com a análise do debate empreendida nesta dissertação, vimos que os argumentos expostos por Gould em favor da macroevolução revelam uma vasta lacuna teórica que não tem como ser preenchida a partir dos mecanismos genéticos descritos pela teoria sintética. As observações de Gould e seus colaboradores não deixam dúvida quanto à necessidade imediata da ampliação do horizonte explicativo da teoria da evolução. Apesar da crítica gouldiana explicitar uma ruptura conceitual entre os elementos que a teoria sintética explica e aqueles elementos que devem ser considerados em uma explicação evolutiva abrangente, ela não representa uma mudança de paradigma ou uma revolução científica no interior da biologia evolutiva.

As críticas sugerem uma mudança radical de postura frente à pesquisa adaptacionista, não uma revolução nos moldes kuhnianos. A perspectiva gouldiana cumpre a primeira exigência assinalada por Kuhn: resolver as anomalias que tenham criado a crise no antigo paradigma (que é a grande contribuição de Gould, ao operar a ruptura com preceitos evolutivos cristalizados e sugerir novas possibilidades investigativas). Porém, é também necessário que o novo paradigma preserve grande parte da capacidade de resolução de problemas concretos do paradigma anterior – o que a visão gouldiana não é capaz. A evolução também acontece via fenômenos genéticos e processos evolutivos graduais, os quais a perspectiva paleológica gouldiana não pode solucionar. A abordagem evolutiva de Gould é macroevolucionária e considera as características fenotípicas dos organismos. Portanto, não se presta a análises de fenômenos evolucionários genotípicos que são realizadas de forma bastante competente pela teoria sintética.

Isso significa que, apesar da precisão de seus apontamentos e do rompimento com o dogmatismo neodarwinista, a obra de Gould não cumpre os

critérios kuhnianos necessários para que seja considerada como um novo paradigma evolutivo. Gould continua a pensar a evolução a partir do paradigma geral darwiniano, apontando um grande vazio conceitual da teoria sintética e oferecendo possibilidades teóricas da resolução de grandes problemas. Porém, a teoria sintética não pode ser substituída pela teoria gouldiana. Como afirma o próprio Kuhn, um paradigma só é abandonado quando a outro para substituí-lo. Todo o embate teórico se fundamenta e é alicerçado nas sólidas bases do pensamento evolutivo darwiniano, sugerindo o aprimoramento da idéia de evolução inaugurada por Darwin, não seu abandono. Existe sempre um *pano de fundo* darwiniano que perpassa todo o debate.

Apesar da precisão de Gould em apontar a necessidade da ampliação do horizonte explicativo da teoria evolutiva contemporânea, ele não chega a oferecer nenhum novo paradigma e não existe uma ruptura radical com o paradigma geral darwiniano, apenas o alargamento do escopo da teoria evolucionista e a constatação da efetiva necessidade de expansão da janela explicativa da teoria. Apesar disso cabe ressaltar sua importância como um autor que conseguiu chamar a atenção dos pesquisadores para o reconhecimento das contingências históricas na análise de processos evolutivos, contribuindo concretamente para o engrandecimento da pesquisa e da reflexão sobre evolução.

### Conclusão

A teoria da evolução por meio da seleção natural e seu principal desenvolvimento contemporâneo, a teoria sintética, sofrem duras críticas que atingem seus pressupostos fundamentais. Chegamos neste ponto da dissertação com mais perguntas do que respostas. Apesar disso, acreditamos que o debate em busca do aprimoramento conceitual da teoria evolutiva justifica a temática tratada nesta dissertação. Vejamos o que podemos concluir com base em nosso percurso.

Parece claro que a teoria darwiniana padece de graves dificuldades desde sua proposição, e que seus fundamentos – variação aleatória conduzida pela seleção natural – foram mantidos, desde então, às custas de argumentos *ad hoc* que limitaram o alcance da teoria. Apesar disso, a teoria sintética assumiu e radicalizou os pressupostos darwinianos, representando atualmente o principal caminho da pesquisa evolutiva contemporânea, possibilitando grandes conquistas, porém, desconsiderando dados científicos incontornáveis que exigem explicação.

As críticas levantadas por Gould representam verdadeiros obstáculos conceituais ao neodarwinismo, apontando dificuldades da teoria sintética que não podem passar despercebidas.

O debate apresentado mostra que existe uma necessidade real de ampliação nos elementos que a teoria evolutiva deve considerar em suas explicações. Ao integrar a paleontologia moderna à teoria evolutiva, Gould e seus colaboradores operam uma cisão entre macroevolução e microevolução, distinção essa que não é aceita pela teoria sintética, pois o instrumental teórico adaptacionista é incapaz de tratar dos aspectos macroevolucionários suscitados por Gould. Ele dedica seu esforço para mostrar a irreduzibilidade da macroevolução à microevolução e, conseqüentemente, a imprecisão da abordagem neodarwinista.

A teoria sintética afirma que a evolução pode ser explicada em termos de fenômenos e mecanismos genéticos, ou seja, que todo e qualquer processo evolutivo é causado a partir de rearranjos genéticos. Apenas esse aspecto já limita imensamente as possibilidades explicativas, pois nenhum mecanismo funcionando em escala superior é considerado. Transformações climáticas, restrições (*constraints*) estruturais, catástrofes ambientais e geológicas, todos esses fatores ligados à contingência histórica – algo que aconteceu no passado e determina os rumos tomados no presente – não são considerados pelos neodarwinistas, nem são passíveis de explicação coerente pela teoria sintética com base em seus dogmas centrais.

A contingência histórica é o elemento chave que perpassa toda a obra gouldiana. Podemos afirmar que a essência da teoria evolucionária, para Gould, é a contingência. Desde a proposição do equilíbrio pontuado, todas as críticas gouldianas convergem nesse sentido. Gould sugere que a fauna reconstituída de Burgess Shale, interpretada de acordo com a idéia de fazer correr novamente a fita da vida, oferece um poderoso apoio a esta nova maneira de encarar a história da vida: qualquer *replay* conduziria a evolução por um caminho radicalmente diferente daquele que foi realmente trilhado. As conseqüentes diferenças no resultado final, porém, não significam que a evolução seja algo desprovido de sentido e de um padrão significativo; o percurso do *replay*, em retrospecto, seria tão interpretável quanto o caminho que foi realmente percorrido. A diversidade dos itinerários possíveis, no entanto, demonstra claramente que os resultados finais não podem ser previstos no início do processo. De acordo com Gould, a ciência tem demorado em admitir nos seus domínios o universo explanatório da história – e as nossas interpretações têm sido empobrecidas por esta omissão.

Gould não representa uma revolução científica nem um novo paradigma para a teoria evolutiva, pois ele elabora seu esquema teórico no interior do paradigma geral darwiniano, porém ele demonstra as limitações conceituais do atual programa de pesquisa e clama pelo reconhecimento de fatores não genéticos e mecanismos evolutivos complementares à seleção natural. Outro ponto importante foi o reconhecimento de que o lócus evolutivo não deve ser restrito apenas aos genes, devendo se considerar o fato de que a evolução é determinada por eventos que acontecem em diferentes níveis hierárquicos: dos genes as variações ambientais planetárias, passando pelas espécies e *táxons* superiores.

Ao longo do que foi aqui exposto, pudemos perceber a necessidade de uma revisão radical em muitos dos conceitos sedimentados pela pesquisa evolutiva contemporânea. Seguindo os passos do processo evolutivo, a ciência se encontra num momento em que somente uma revolução em sua forma de intervir no mundo pode ampliar o conhecimento humano. A situação exige, tal como expressa Gould, uma revolução por explosão dos preconceitos científicos. A ampliação e abertura conceitual da teoria sintética são necessárias para refinar toda a pesquisa evolutiva.

Tanto na biologia como na física e em todas as áreas de estudo da natureza, as ciências estão passando por um processo de renovação e reatualização dos seus conceitos, libertando-se de uma concepção estreita da realidade objetiva, que negava em seus próprios princípios a diversidade em nome de leis científicas universais e imutáveis. Não dispomos de um novo paradigma, mas certamente estamos passando por uma crise nas ciências, o que não é negativo, pois pode representar um momento de avanço rumo a uma visão de mundo menos míope por parte de cientistas e filósofos.

### Bibliografia:

- AYALA, F. **La Teoría de la Evolución: Temas de Hoy**. Madrid: [s.n.], 1994.
- BLANC, M. **Os Herdeiros de Darwin**. São Paulo:Página Aberta, 1994.
- BOCK, M. **The definition and recognition of biological adaptation**. [s.l.] A. Zoologist n.20, 1980.
- DAWKINS, R. **O Gene Egoísta**. São Paulo:USP, 1979.
- DAWKINS, R. **O Relojoeiro Cego**. Lisboa, Portugal:Edições 70, 1986.
- DARWIN, C. **The Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in Struggle For Life**. John Murray, Londres, 1859.
- DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. São Paulo:Hemus, 1981.
- DENNETT, DANIEL C. **A Perigosa Idéia de Darwin**. Rio de Janeiro, Rocco, 1998.
- DARWIN, C. **A Origem do Homem e a Seleção Sexual**. São Paulo:Hemus, 1974.
- DEWEY, J. **The influence of Darwin on philosophy and other essays in contemporary thought**. New York:Henry Holt and Company, 1951.
- DOBZHANSKY, T. **Genetics and The Origin of Species**. New York:Columbia U. Press, 1951.
- ELDREDGE, N. GOULD, S. J. **Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism, in Models in Paleobiology**. São Francisco:[s.n.], 1973.
- FERRATER-MORA, J. **Dicionário de Filosofia**. Buenos Aires:Sudamericana, 1975.
- FUTUYAMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. São Paulo:Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.
- GOLDSHMIDT, R. **The Material Basis of Evolution**. New Haven:Yale U. Press, 1940.
- GOULD, S.J. **Ontogeny and Phylogeny**. Cambridge, MA: Harvard, 1977.
- GOULD, S.J. **Evolução por Explosão**. São Paulo: Jornal do Brasil, 29 jan. 1978.
- GOULD, S.J. **Darwinism and the expansion of the evolutionary theory**. USA: Science 216, 1982.
- GOULD, S.J. **O Polegar do Panda**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- GOULD, S.J. **Vida Maravilhosa**. São Paulo: Companhia das letras, 1990.
- GOULD, S.J. **Ernest Mayr and the Centrality of Species**. USA:Evolution, 48:1, 1994.

- GOULD, S.J. **The Evolutionary Biology of Constraint**. USA:Dedalus p. 39-52:109 1995.
- GOULD, S.J. **Lance de Dados**. Rio de Janeiro: Record, 2001.
- GOULD, S.J. **The Structure of Evolutionary Theory**. USA:Harvard University Press, 2002.
- GOULD, S. J. LEWONTIN, R. **The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptationist Programme**. London:Proceedings of the Royal Society of London, Series B Vol. 205, n. 1161, p.581/598, 1979.
- GOULD, S. J. VRBA, E.S. **Exaptation a Missing Term in the Science of Form**. USA:Paleobiology 8(1):4-15, 1982.
- GRANTHAM, TODD. **Constraints and Spandrels in Gould's Structure of Evolutionary Theory**. Netherlands:Kluwer Academic Publishers, 2004.
- HULL, DAVID. **Filosofia da Ciência Biológica**. Rio de Janeiro:Zahar, 1975.
- HULL, DAVID. **Ciência como um Processo**. Chicago:Imp. Univ. de Chicago, 1998.
- HUXLEY, JULIAN. **Evolution: The Modern Synthesis**. London:[s.n.]1963.
- KELLER, EVELYN FOX. **O Século do Gene**. Trad. Nelson Vaz. Belo Horizonte:Crisálida, 2002.
- KOYRÉ, A. **Estudos de História do Pensamento Científico**. Brasília:Forense Universitária, 1992.
- KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo:Perspectiva, 1978.
- LAMARCK, J. B. **Filosofia Zoológica**. Valencia:Sempere y Compañia Editores, 1909.
- LEWONTIN, RICHARD C. **Elementary Errors About evolution**. USA:Behavioral and Brain Sciences, vol. 6, pg.367-368, 1983.
- LEWONTIN, RICHARD C. **Genes, Organismos y Ambiente: las relaciones de causa y efecto en biología**, Gedisa, Barcelona, 2000.
- LEWONTIN, RICHARD C. **Science and Simplicity**. USA:The N Y Review of Books – p.39-42, 2003.
- MAGALHÃES, GILDO. **Darwin: Herói ou Fraude**. São Paulo:USP, 2002.
- MAIA, NEWTON F. **Teoria da Evolução – de Darwin à Teoria Sintética**. Ed. USP - S. P., 1988.
- MAYR, ERNST. **Cause and Effect in Biology**. Science 134:1501 – 1506, 1961.
- MAYR, ERNST. **Evolution and the Diversity of Life**. Massachusetts:Haward University Press, 1976.

- MAYR, ERNST. **Animal species and evolution.** Cambridge:Belknap Haward U. Press, 1963.
- MAYR, ERNST. **The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance.**  
Cambridge, MA: The Belknap Press, 1982.
- MAYR, ERNST. **How to carry out the adaptationist program?** The American Nat. 121: 324-34, 1983.
- MAYR, ERNST. **Weismann and evolution.** Journal of the History of Biology, v. 18, #3, pg. 313-5, 1985.
- MILLSTEIN, ROBERTA L. **Evolution.** California:Blackwell's Guide to Philosophy of Science, 2001.
- MORRIS, D. WHITTINGTON, H. **The Animals of the Burgess Shale.** – Scientific American, 24 (1):122-33, 1979.
- MPODOZIS, J. **Visión sintética de la Teoría Sintética & Breves apunte sobre los aspectos epistemológicos básicos para el estudio de la teoría evolutiva.** Chile:[s.n.], 1995.
- MURPHY, MICHAEL. O'NEILL, LUKE. **O Que É Vida? 50 Anos Depois.** São Paulo:UNESP, 1997.
- O'GRADY, RICHARD T. BROOKS, DANIEL R. **Telology and Biology.** In Entropy, Information, and Evolution: New Perspectives on Physical and Biological Evolution. Cambridge, MA: MIT Press, 1988.
- JOHNSON, PHILIP. **Darwin on Trial.** Washington:Regnery Gateway, 1991.
- PINKER, S. **'The Blank Slate': An Exchange.** USA: The New York Review of Books, p. 48-49, 2003.
- PUTNAN, HILARY – **Renovar a Filosofia.** [s.l.]:Instituto Piaget, 1992.
- QUENETTE, P. & GERARD, J. **Why Biologists Do Not Think Like Newtonian Physicists.** [s.l.] Oikos 68: 361-363, 1993.
- REEVE, H.K. SHERMAN, P.W. **Adaptation and the goals of evolutionary research.** [s.l.]:Quarterly Review of Biology 68:1-32, 1993.
- SOBER, E. **Conceptual Issues in Evolutionary Biology.** USA:MIT Press, 1994.
- SOBER, E. **Filosofía de la Biología.** Madrid:Alianza, 1996.

THUILLIER, PIERRE. **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica.**

Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

VRBA, ELIZABETH. **Evolution, species and fossils: How does life evolve?** South African Journal of Science, 76, 61-84, 1980.

WEISMANN, AUGUST. **Essays upon heredity and kindred biological problems.** Oxford: Clarendon Press, 1889.

WILLIAMS, G. C. **Adaptation and Natural Selection.** Princeton: Princeton Univ. Press, 1966.

WILSON, E. **Sociobiology: The New Synthesis.** Boston: Harvard University Press, 1975.

WOLF, J. – **Reassessing Research Approaches in the Wildlife Sciences.** USA: Wildlife Soc. Bull. 28:744-750, 2000.