

Kauffman e a teoria da evolução ‘no limite do caos’

Alexandre Torres Fonseca

Resumo: Este trabalho apresenta a teoria proposta pelo biólogo teórico Stuart Kauffman a respeito da teoria da evolução, buscando esclarecer a sua posição em relação à teoria da evolução defendida pelos neodarwinistas. Kauffman propõe que busquemos os princípios da adaptação nos sistemas complexos, colocando o darwinismo em um contexto mais amplo, no qual a auto-organização espontânea é a fonte principal da ordem que vemos no Universo. Discuto a posição de Kauffman em relação à importância da seleção natural na evolução da vida, e procuro também inserir o estruturalismo processual (*process structuralism*) na discussão, a partir do histórico debate entre evolucionismo e criacionismo. Argumento ainda que a utilização do esquema Russel/Ospovat, como proposto por Amundson, permite uma solução ao problema de se discutir se a teoria de Kauffman é darwinista ou anti-darwinista.

Palavras-chave: Kauffman, Stuart; auto-organização; teoria da evolução

Kauffman and the theory of evolution "at the edge of chaos"

Abstract: This work presents Stuart Kauffman's proposal on the Theory of Evolution. Kauffman, a theoretical Biologist, tries to clarify his position in regards to the Neodarwinism. Kauffman proposes that adaptation principles should be found in Complex Systems, thus broadening Darwinism. In his view spontaneous self-organization is the main source of the order we see in the Universe. In this work we also discuss Kauffman's position in relation to the importance of natural selection in Evolution. We frame our discussion within Process Structuralism starting from the historical debate between Evolutionism and Creationism. We argue that using Russel/Ospovat's schema as proposed by Amundson will lead to a solution to the question whether Kauffman's theory is Darwinist or anti-Darwinist.

Keywords: Kauffman, Stuart; auto-organization; theory of evolution

Kauffman e a teoria da evolução “no limite do caos”

Alexandre Torres Fonseca*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos trinta anos tem ocorrido um intenso debate na área teórica das ciências biológicas, especialmente no que se refere à teoria da evolução, isto é, na busca de entender a emergência e a evolução da ordem biológica. Com o avanço cada vez maior das pesquisas, principalmente na área da biologia do desenvolvimento, vários problemas vêm sendo esclarecidos, mas muitas questões ainda estão em aberto como, por exemplo, a mais importante e misteriosa para nós, a origem da vida. Discutirei neste artigo a contribuição de Stuart Kauffman para este debate. Kauffman, ao lado de Brian Goodwin, faz parte dos teóricos que defendem a biologia estruturalista.

Esta discussão gira em torno, principalmente, da seleção natural e da sua importância na teoria da evolução. Questiona-se, quando levamos em conta padrões de grande escala, como a mudança macroevolucionária, se seria requerida alguma coisa além da adaptação pela seleção natural. E aqui se trata da seleção natural da Síntese Moderna. Os neodarwinistas dão grande importância à seleção natural, entendida como o nome comum para um “complexo de processos de tipos bem diversos e diferente significação biológica” (Dobzhansky, 1973, p. ix), “um fenômeno estritamente biológico, no sentido de que é uma consequência da vida, e existe exclusivamente no mundo vivo” (*ibid.*, pp. 3-4).

Identificam-se três posições claras a respeito da importância da seleção natural. A principal é bem estabelecida e defende que a seleção natural é o único ou o mais importante mecanismo causal e direcional na evolução. As

* Instituto das Ciências Humanas, Comunicação e Artes (ICHCA), Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, BR 104, Km 96.7, Tabuleiro do Martins, CEP 57072-970, Maceió, AL. E-mail: alexandre.ufal@gmail.com
Filosofia e História da Biologia, v. 2, p. 23-38, 2007.

outras linhas variam entre negar o papel proeminente da seleção natural ou negar a sua unicidade no processo evolucionário. Esta resistência se refere ao *status* ontológico da seleção natural. A resposta da Síntese Moderna, representada pelos neodarwinistas, para esta discussão é que a seleção natural não somente é adequada como é a única alternativa às retrógradas idéias do criacionismo.

Existe, porém, entre o neodarwinismo e o criacionismo uma alternativa. Ela está ligada ao projeto de pesquisa que costuma receber o nome de estruturalismo processual (*process structuralism*, ou *developmentalism*):

O aspecto “estruturalista” deste programa refere-se à sua tentativa de descobrir estruturas gerais (padrões, formas) regidas por leis do desenvolvimento. O aspecto “processual” do programa refere-se ao seu foco no processo completo de desenvolvimento em vez de causas particulares. O estruturalismo processual na filosofia da biologia é um ponto de vista anti-reducionista e anti-centralismo genético e holístico. (Resnik, 1997, p. 40)

O estruturalismo processual defende a idéia de que a seleção natural é apenas uma, e talvez nem mesmo a mais fundamental, fonte de ordem biológica. O estruturalismo apresenta uma perspectiva não historicista, defendendo o argumento básico de que as leis da forma e da estrutura da matéria interferem diretamente na maneira como os organismos são construídos. As “leis da forma”, que já existiam antes da teoria de Darwin, têm sido associadas à ênfase dada ao papel do desenvolvimento, ou às restrições ao desenvolvimento, no processo evolucionário. Assim, segundo Stephen Jay Gould, “as características principais da arquitetura orgânica não são nem especificamente adaptações construídas pela seleção nem são as contingências históricas, mas representações de padrões naturais inerentes” (Gould, *apud* Brockman, 1998, p. 94).

Esta linha também defende que outra fonte, a auto-organização, é a responsável por toda esta imensa ordem biológica que vemos. A auto-organização dos sistemas biológicos coloca em questão a seleção natural como principal característica da evolução. Já a Teoria dos Sistemas Complexos coloca em questão da relação entre a morfogênese e a origem da vida. O estudo destes sistemas foi facilitado pelo aumento cada vez maior da capacidade de processamento dos novos computadores. Os sistemas dinâmicos governados por regras relativamente simples podem dar origem a resultados muito complexos, e em particular a complexos padrões espaciais.

O trabalho mais interessante nesta linha alternativa é o de Stuart Kauffman, o qual propõe que tanto a seleção natural quanto a auto-

organização são responsáveis pela geração desta ordem, pois ambas atuam em conjunto. Para Kauffman (1993; 1995), o papel da auto-organização estaria ligado à evolução das espécies, neste caso atuando junto com a seleção natural, complementando-a ou restringindo-a.

2 KAUFFMAN E A TEORIA DA COMPLEXIDADE

Stuart Kauffman é um biólogo teórico que faz parte do *Science Board* do *Santa Fe Institute*, instituto criado em 1984 por um dos membros do Projeto Manhattan, George A. Cowan. A idéia de Cowan era criar um instituto privado, sem fins lucrativos, no qual poderiam ser estudados problemas complexos de maneira interdisciplinar não constrangidos pela tradicional compartimentalização acadêmica. O objetivo do Instituto era forjar um mecanismo de transmissão, entre as disciplinas tradicionais, de um conjunto de idéias e metodologias conhecido como “ciências da complexidade”. Desta forma, Cowan reavivou os objetivos do movimento cibernético dos anos 50 e 60, agora aliados a um novo conjunto de ferramentas, tais como computadores poderosíssimos (Lewin, 1994, p. 329).

Kauffman considera que a teoria da evolução é apenas parte de uma outra teoria maior que a englobaria. Para ele, a tarefa agora não é apenas:

[...] explorar as origens da ordem que possam estar disponíveis à evolução. Devemos também integrar esse conhecimento à visão básica oferecida por Darwin. A seleção natural, apesar de nossas dúvidas em casos particulares, é realmente uma força proeminente na evolução. Portanto, para combinar os temas da auto-organização e da seleção, devemos expandir a teoria evolutiva para que ela tenha uma base mais ampla e depois erguer um novo edifício. (Kauffman, 1993, p. xiv)

Apesar de vários aspectos de seu pensamento estarem de acordo com a biologia estruturalista, este autor apresenta algo diferente que o destaca dos demais, como, por exemplo, a utilização das redes booleanas como método para investigar a dinâmica dos sistemas complexos. As redes booleanas, também conhecidas como redes binárias, são sistemas termodinâmicos que se comportam conforme três regimes: um ordenado, um caótico e um complexo. É no regime complexo, o qual se encontra “no limite do caos”, que vamos encontrar os sistemas vivos (Kauffman, 1993, capítulo 4, *Order for free*). Kauffman, ao olhar para a evolução, usando um modelo matemático abstrato baseado em redes booleanas randômicas, vê transições de fase entre atratores próximos e ordem espontânea (*free order*) ou emergente surgindo da auto-organização. Os neodarwinistas, ao contrário, vêm adapta-

ção e mudança gradual (Kauffman, 1993; Richardson, 2001, p. 656; Auyang, 1999, pp. 195-202).

Kauffman reconhece a influência dos morfologistas racionais em seu trabalho, referindo-se à continuação de uma tradição. Admite especialmente a importância de D'Arcy Wentworth Thompson. Kauffman, que leu a principal obra de Thompson, *On growth and form*, considera que este livro continua sendo um dos melhores já escritos para aqueles que se interessam em encontrar a ordem que existe nos organismos. Ele afirma que

A investigação de Thompson, que o levou a considerar superfícies de mínima energia, a transformação de sistemas de coordenadas como a função do crescimento diferencial, e todo um conjunto de fenômenos, tem se firmado como uma fonte permanente para uma pequena linha da tradição intelectual que chega até à biologia contemporânea. (Kauffman, 1993, p. 643-44)

On growth and form, lançado inicialmente em 1917 e com uma nova edição extensamente aumentada em 1942, deu uma nova vida à morfologia racional. Neste livro, Thompson faz uma crítica ao darwinismo (seleção natural), defendendo que a “harmonia do mundo manifesta-se em forma e número, e o cerne e a alma e toda a poesia da filosofia natural estão incorporados no conceito de beleza matemática” (Thompson, 1942, p. 1096).

O trabalho de Kauffman é uma tentativa de continuar a tradição aberta por Thompson; agora, porém, com o espírito que está animando partes da física: a procura das origens da ordem nas propriedades genéricas dos sistemas complexos. É a procura de uma estrutura profunda para a biologia, área que Kauffman denomina de teoria dos sistemas complexos.

Este teórico sugere que deveríamos reconsiderar a:

[...] teoria da evolução, pois as fontes da ordem na biosfera vão agora incluir tanto a seleção quanto a auto-organização. [...] A auto-organização presagia ainda mais. Eu digo que nós temos que englobar os papéis tanto da auto-organização quanto da seleção darwiniana na evolução. (Kauffman, 1995, pp. 25-26)

Kauffman desenvolveu seus modelos de ontogenia e morfologia baseando-se na dinâmica não-linear ou na teoria do caos, aplicando esta última aos sistemas biológicos auto-catalíticos e aos sistemas regulatórios genômicos. Usando principalmente modelos criados em computador, ele mostra que estes sistemas biológicos exibem propriedades auto-organizadoras, às quais correspondem algumas das propriedades auto-organizadoras encontradas nos sistemas caóticos. Assim, ele argumenta, as coisas vivas podem

ser tratadas como sistemas no limite do caos.

O autor trabalha com a hipótese (ousada, porém frágil, segundo ele mesmo) de que em muitas frentes a vida evolui em direção a um regime equilibrado entre a ordem e o caos: “a vida existe no limite do caos”. Tomando emprestada uma metáfora da física, a vida pode existir em torno de uma certa transição de fase. A água existe em três fases: sólida (gelo), líquida (água) e gasosa (vapor). Ele considera que idéias semelhantes possam se aplicar a sistemas adaptativos complexos, dando como exemplo as redes genômicas que controlam o desenvolvimento do zigoto até o adulto, que podem existir em três tipos de regimes: um regime congelado e ordenado, um regime gasoso e caótico, e um tipo de regime líquido, localizado na região (limite do caos) entre a ordem e o caos. Estes regimes são os mesmos apresentados pelas redes booleanas. Stuart Kauffman considera esta hipótese “encantadora, com dados confirmativos consideráveis” (Kauffman, 1995, p. 26; *idem*, 1993, caps. 4-5). Ele explica:

Os sistemas genômicos se situam no regime ordenado perto da fase de transição para o caos. Se tais sistemas estivessem imersos demasiadamente fundo no regime congelado ordenado, eles seriam rígidos demais para coordenar as seqüências complexas de atividades genéticas necessárias ao desenvolvimento. Se eles estivessem demasiadamente imersos no regime gasoso caótico eles não seriam ordenados o suficiente. Redes no regime perto do limite do caos – este compromisso entre a ordem e a surpresa – parecem mais capacitadas para coordenar atividades complexas e também mais capacitadas a evoluir. É muito atraente a hipótese de que a seleção natural cria redes regulatórias genéticas que se encontram perto do limite do caos. (Kauffman, 1995, p. 25)

A auto-organização encontrada nas coisas vivas ajudaria a seleção natural, porque os sistemas auto-organizados são mais capazes de se adaptar no correr do tempo do que os sistemas que não são auto-organizados. Mas ela também restringiria a seleção natural ao fazer com que ela seja obrigada a trabalhar com a organização inerente aos sistemas vivos. À medida que estes sistemas se tornam mais complexos, estas restrições organizacionais apresentam uma influência maior sobre a evolução. Assim, para Kauffman, as “restrições ao desenvolvimento” na evolução são baseadas nas propriedades da auto-organização da vida, e não são restrições apenas históricas ou físico-químicas.

Kauffman afirma que a imagem do limite do caos surge também na co-evolução, pois, assim como nós evoluímos, o mesmo fazem os nossos competidores. Para que os homens se mantenham em forma eles têm que

se ajustar às adaptações dos seus competidores. Em sistemas coevolutivos cada um dos parceiros vai escalando sua paisagem de aptidão em direção aos picos de aptidão, ao mesmo tempo em que aquela paisagem é constantemente deformada pelos movimentos adaptativos de seus parceiros coevolucionários. Tais sistemas coevolutivos também se comportam num regime ordenado, num regime caótico e num regime de transição:

É quase assustador como tais sistemas parecem coevoluir para o regime no limite do caos. Como movida por uma mão invisível, cada espécie adaptativa age de acordo com sua própria vantagem egoísta e, no entanto, o sistema inteiro parece, como por encanto, evoluir para um estado equilibrado, no qual, em média, cada um faz o melhor que se poderia esperar. (Kauffman, 1995, p. 26)

No entanto, como em muitos dos sistemas dinâmicos que são estudados por este pesquisador, cada um é impelido finalmente à extinção, apesar de seus melhores esforços pelo comportamento coletivo do sistema como um todo.

Neste ponto Stuart Kauffman pode ser chamado de darwinista, pois aqui pode-se perceber que ele desenvolve o programa de pesquisa de Theodosius Dobzhansky. A referência às paisagens de aptidão o aproxima da tradição darwinista. A seleção natural é mais efetiva quando existem múltiplos picos de aptidão em uma paisagem. Sewall Wright e Dobzhansky já haviam intuído isto, e, com sua pesquisa, Kauffman consegue uma explicação mais profundamente dinâmica (Weber, 1998, pp. 135-36, 42).

Já a resposta de Kauffman para a repetição reiterada dos mesmos padrões é muito mais parecida com a dos morfologistas racionais do que com a de Darwin. Ele diz que isso aconteceu porque existem formas naturais, leis do organismo. Para ele, a razão para estarmos aqui não é produto do acaso, mas produto de uma lei natural, com a humanidade encontrando seu lugar no universo da mesma maneira que um atrator encontra seu lugar em um espaço de possibilidades:

A existência de uma ordem espontânea é um desafio incrível às nossas idéias estabelecidas em biologia desde Darwin. A maior parte dos biólogos acreditou durante mais de um século que a seleção fosse a única fonte de ordem na biologia, que apenas a seleção é o “remendão” que cria as formas. Mas, se as formas dentre as quais a seleção faz sua escolha foram geradas por leis da complexidade, então, isto significa que a seleção dispôs sempre de uma serva. A seleção natural não seria, afinal de contas, a única fonte da ordem e os organismos não seriam apenas engenhocas feitas de qualquer jeito, e sim expressões de leis naturais mais profundas. Se tudo is-

to é verdade, que revisão da visão de mundo darwiniana se estenderá diante de nós! Não nós, os imprevistos, e sim nós, os esperados. (Kauffman, 1995, p. 8)

Ele especula que se nós somos (de uma forma que ainda não conseguimos entrever) as expressões naturais da matéria e da energia unidas em sistemas de não-equilíbrio, se a vida em sua abundância devesse fatalmente surgir, não enquanto um acidente incalculavelmente improvável, mas sim como uma efetivação esperada da ordem natural, então nós estaríamos verdadeiramente em casa no universo (*at home in the universe*).

Para Stuart Kauffman, a teoria da complexidade pode explicar não só a origem da vida e do metabolismo, mas também a origem de formas corporais, das relações ecológicas, da psicologia, dos padrões culturais e da economia. Ele busca mostrar que leis gerais poderiam governar fenômenos que vão desde a explosão do cambriano até nossa era tecnológica pós-moderna, na qual o ritmo explosivo de inovação traz o horizonte temporal de um choque futuro cada vez mais para perto. Esta tentativa de esboçar estas leis é considerada por ele como a busca de uma “teoria da emergência” (Kauffman, 1995).

Um dos grandes críticos de Kauffman é o filósofo Michael Ruse. Ele acredita que este pesquisador, e mais um bom número de pessoas inteligentes, têm dificuldade em aceitar que se possa explicar tudo pela seleção natural. Por isso buscariam, então, explicações que vão mais para o lado místico, falando “em questões como organização, holística e coisas assim”, trazendo para a discussão coisas religiosas ou metafísicas (Araújo & Oliveira, 1999, pp. 13-14). Esta é uma crítica que tem de ser levada em consideração, pois em *At home in the universe* Kauffman diz que o aparecimento da ciência, e também da explosão tecnológica que se seguiu, nos levou à atual visão secular do mundo. Para ele, “ainda subsiste uma fome espiritual” (Kauffman, 1995, p. 4), e ele tem esperança de que as ciências da complexidade “possam nos ajudar a encontrar novamente nosso lugar no universo” (*ibid.*, p. 4). Assim poderíamos “recuperar nosso senso de valor, nosso sentido de sagrado” (*ibid.*, p. 5). “Aqui não se trata de uma mera pesquisa científica. Trata-se de uma aspiração mística [...] que passa pela busca de nossa raízes” (*ibid.*, p. 20).

Penso que essa crítica pertinente de Ruse não deveria invalidar a contribuição que o trabalho de Kauffman trouxe até agora. Por exemplo: diversos teóricos que discutem a biologia evolutiva do desenvolvimento (evo-devo), e que têm publicado trabalhos mais recentemente, citam os trabalhos de Kauffman.

Outro problema da hipótese de Kauffman é que ela é toda baseada em programas de computador, e a partir daí se infere que este comportamento também acontece em sistemas biológicos. Falta, ainda, ao estruturalismo processual, produzir mais resultados que impressionem e resistam à passagem do tempo. Até o momento o estruturalismo processual ainda não provou empiricamente a sua tese. A resolução destas questões depende, em grande parte, do sucesso do programa de pesquisa proposto por Kauffman e outros estruturalistas processuais.

A respeito deste último ponto, um caso promissor é o de Andreas Wagner. No recém lançado *Robustness and evolvability in living systems* (2005), ele tenta sanar este problema ao defender algumas das idéias de Kauffman, contribuindo significativamente para o esforço de se repensar a evolução. Wagner aprofunda a proposta de Kauffman de que “muitas das características dos organismos e sua evolução [seriam] profundamente robustas e insensíveis a detalhes” (Kauffman, 1995, p. 23). Ao final do livro Wagner lança sete questões abertas para a consideração dos biólogos sistêmicos e dos neodarwinistas, reconhecendo que ambos ainda não responderam a uma série de questões, que são atualmente muito mais empíricas do que teóricas.

3 POR UM OLHAR ALTERNATIVO: O ESQUEMA RUSSELL/OSPOVAT

Os defensores do paradigma dominante (a Síntese Moderna) tendem a relacionar o estruturalismo com os *Naturphilosophen*, com os morfologistas racionais e com os anatomistas transcendentais, quase sempre com o intuito de desqualificar as duas concepções que Willis W. Harman e Elisabet Sahtouris denominam de uma “nova biologia”. Na primeira,

A física quântica e a teoria da complexidade oferecem novas idéias tão inspiradoras que as suas implicações conduzem a uma biologia qualitativamente “nova”; nenhuma modificação epistemológica fundamental parece ser necessária. Concepção 2: Há a necessidade de uma biologia mais holística, caracterizada pelo reconhecimento de que o todo é mais do que a soma das suas partes, por qualidades “manifestas” não redutíveis mesmo em princípio às ciências exatas e por uma epistemologia mais participativa. (Harman & Sahtouris, 2003, pp. 13-14)

Segundo Lynn Nyhart, no início do século XIX “a *Naturphilosophie* tornou-se a palavra código que significava especulação e era regularmente usada como um rótulo conveniente para depreciação” (Nyhart, 1995, p.

44). Citando, como exemplo, um artigo de Michael Ruse, de 1993, Ron Amundson afirma que esta tradição depreciativa ainda continua viva. No artigo, Ruse afirmava que, “embora tendo sido influente, a *Naturphilosophie* foi no final das contas um disparate muito ridículo, com todas as suas tolas noções sobre polaridades e arquétipos e por aí afora” (Amundson, 1998, pp. 170-171).

A *Naturphilosophie* (Filosofia da Natureza) era uma corrente da filosofia alemã do início do século XIX, associada particularmente com Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling e Georg Wilhelm Friedrich Hegel, representando uma síntese filosófica das características gerais e das grandes leis da natureza. Fora da Alemanha este movimento tomou o nome de Anatomia Filosófica (*Philosophical anatomy*). Historicamente, estão associados a esta linha alguns naturalistas como Goethe, Oken, Owen e Geoffroy Saint-Hilaire. Para John Wilkins (1998), estes biólogos pré-darwinianos procuravam leis matemáticas capazes de explicar por que a natureza parecia recorrer sempre aos mesmos motivos. Para eles, as espécies eram consideradas divisões naturais, o resultado de leis ocultas da natureza. No século XX, um desdobramento desta perspectiva, às vezes chamada de morfologia racional ou morfologia idealística, tem como representantes William Bateson e D’Arcy Wentworth Thompson.

Wilkins (1998) relaciona o estruturalismo processual com o formalismo e com as leis do crescimento (*laws of growth*), também conhecida, segundo ele, como *Naturphilosophie*. O formalismo e as leis do crescimento defendiam a existência de profundas leis de mudança que determinavam algumas, ou todas, características dos organismos. Foi com os *Naturphilosophen* e com Goethe que surgiu “a tendência em designar com o termo “arquétipo” a imagem original de estruturas complexas concretas, acabadas, quer do mundo orgânico (a pata, a asa, a folha, etc.) quer do inorgânico” (Thom, 1985, p. 167).

A morfologia no período pré-evolucionista combinou a observação de certos tipos de estrutura (unidade de plano) com o conceito platônico de *eidos*, postulando que os organismos representariam um número limitado de arquétipos. Os morfologistas buscavam a essência verdadeira, o tipo ideal, ou como os alemães a chamavam, a *Urform*, latente na grande variedade observável (Mayr, 2005, pp. 42, 189; Mayr, 1982, p. 458). Monod afirma que havia mesmo “uma ambição “platônica” na pesquisa sistemática dos invariantes anatômicos, à qual se consagraram os grandes naturalistas do século XIX” (Monod, 1972, p. 119).

Segundo Ernst Mayr, os morfologistas idealistas não conseguiram ex-

plicar a unidade de plano e o porquê das estruturas guardarem rigorosamente o seu modelo de conexões, independentemente do quanto fossem modificadas por necessidades funcionais. Owen (1804-1892), que foi o último grande morfologista idealístico do período pré-darwiniano, incorporava em sua teoria a teleologia de Cuvier, o princípio das conexões de Geoffroy, a idéia da repetição serial das partes de Oken, e alguns aspectos da evolução dualista de Lamarck (Mayr, 1982). Em 1859, com a teoria da evolução, Darwin substituiu o arquétipo da morfologia idealística pelo ancestral comum e redefiniu, em função disto, a homologia, conferindo um novo sentido à pesquisa morfológica. Para ele, “nada poderia ser mais inútil do que tentar explicar esta semelhança de padrão nos membros da mesma classe com base na utilização ou na doutrina das causas finais” (Darwin, 2002, p. 329).

Wilkins, Maynard Smith, Monod, e Mayr, além do próprio Darwin, apresentam uma visão de uma determinada história e filosofia da biologia que considerava, e ainda considera, o criacionismo como a única alternativa ao evolucionismo.

Uma solução interessante para lidar com este debate evolucionismo/criacionismo/estruturalismo vem do trabalho de Ron Amundson. Ele lançou uma luz sobre todo este debate ao sugerir um olhar alternativo sobre a história e a filosofia da biologia (Amundson, 1998). Este olhar alternativo é o que o autor denomina de *esquema Russell/Ospovat*. A utilização deste esquema também é bastante útil para esclarecer o debate em torno da importância da seleção natural na explicação da evolução.

A partir da leitura dos trabalhos de Edward S. Russel (*Form and function*, 1916) e de Dov Ospovat (*The development of Darwin's theory*, 1981; “Perfect adaptation and teleological explanation”, 1978), Amundson vai propor uma nova leitura, tanto para a história do pensamento biológico, quanto para o atual debate em torno da evolução.

O drama da biologia do século XIX adquire novos aspectos a partir do esquema Russell/Ospovat. Em especial, a relevância do estudo da anatomia e da morfologia pode ser vista sob uma nova luz. [...] A alternativa R/O fornece uma perspectiva valiosa não apenas para o século XIX, mas também para a biologia pós-Síntese (Amundson, 1998, p. 154).

A abordagem do pensamento biológico do século XIX começou a ter uma característica marcante quando Darwin escolheu como antagonista o criacionismo e não a morfologia racional. Mesmo tendo reconhecido mais tarde que nem todos os seus contemporâneos se encaixavam na dicotomia criacionismo/evolucionismo, Darwin a usou como um efetivo estratagema

explicativo, que realçou, com grande sucesso, as virtudes de sua teoria. De qualquer maneira, na mente do público em geral, a criação especial era provavelmente a única alternativa bem conhecida para a evolução. E esta dicotomia definida por Darwin, há mais de cento e quarenta anos, continua a dar forma ao nosso entendimento dos debates em biologia, e especialmente na história da biologia (Amundson, 1998, p. 154).

Segundo David Hull (1989, p. 62; cf. Amundson, 1998), Darwin, em *A origem das espécies*, construiu toda a sua argumentação, a evolução gradual das espécies pela seleção natural, contra a criação especial, que seria a crença “que em numerosos períodos da história do mundo determinados átomos elementares tenham subitamente atendido ao comando de se reunirem, irrompendo sob a forma de tecidos vivos” (Darwin, 2002, p. 376). A escolha feita por Darwin de enfrentar diretamente os criacionistas se deveu ao fato de que ele “não tinha idéia de como confrontar as explicações idealísticas em relação às idéias platônicas e às forças polarizantes. Em vez disso, ele usou a arma mais poderosa dos cientistas: o silêncio” (Hull, 1989, p. 63). A estratégia de Darwin obteve um sucesso tão grande “que os cientistas e os historiadores que vieram depois, freqüentemente tomaram seu argumento essencialmente polêmico pelo seu valor de face. Mas, de fato, o debate nunca foi tão categoricamente polarizado” (Rudwick, 1976, p. 222).

Mesmo depois de 1859, Owen e outros cientistas reafirmaram sua antiga posição de que estavam preparados para aceitar algum tipo de evolução, mas não aceitavam aquela proposta por Darwin. Rudwick diz que isso pode ter acontecido tanto pela ignorância de Darwin em relação à ciência feita no Continente, quanto para fortalecer sua argumentação. Quanto à ignorância de Darwin, Rudwick está se referindo à oposição que havia entre a ciência feita na Grã-Bretanha e a feita no Continente europeu (Rudwick, 1976). Havia uma clara divergência entre o pensamento biológico dos biólogos britânicos, que consideravam adaptação orgânica como sendo um fato facilmente observável no mundo natural, preferindo as explicações funcionais, e os biólogos continentais, que pretendiam ter descoberto tipos “superiores” e eram mais especulativos, preferindo as explicações estruturais. “Os fatos funcionais pareciam concretos e empíricos para os britânicos e, por comparação, as teorias estruturalistas continentais (postulando unidades hipoteticamente-inferidas) pareciam transcendentais” (Amundson, 1998, pp. 170-171).

David Hull, em “Darwin and the nature of science” (1989), fez uma distinção entre o idealismo e o criacionismo do século dezenove, rompendo com a tradição de classificar o transcendentalismo como um subtipo da

Teologia Natural. Ele considerou o evolucionismo, o criacionismo, e o idealismo como doutrinas opostas (Amundson, 1998, p. 158). Com Hull, a biologia transcendentalista começou a ser distinguida do criacionismo da Teologia Natural, mas ela ainda se mantinha vazia de conteúdo científico, pois os transcendentalistas continuaram a ser considerados como defensores de uma posição que “não era uma explicação científica”. Esta última expressão é retirada das edições posteriores a 1859 da *Origem das espécies*, logo após um comentário sobre a obra de Owen. Na primeira edição há o comentário sobre Owen, mas não a expressão “não era uma explicação científica”.

Embora não fossem um grupo homogêneo, os transcendentalistas concordavam que

[...] existia um “sistema natural”, que unificava formas distintas, e que os padrões estruturais, que podiam ser descobertos em embriologia e morfologia comparativa, davam indícios de sua natureza. Tipos e subtipos eram características intrínsecas deste sistema, e não meramente conveniências de classificação. (Amundson, 1998, p. 172)

Segundo Amundson, Dov Ospovat oferece uma representação melhor do verdadeiro estado do debate na biologia do século XIX. A classificação proposta por Ospovat contrasta os teleologistas com os morfologistas.

Os teleologistas consideravam a adaptação e o ajuste dos organismos ao seu meio ambiente como o fato singular mais profundo da biologia. Os morfologistas rejeitavam a centralidade da adaptação, e consideravam as propriedades em comum das estruturas como as mais profundas indicações da realidade biológica. (Amundson, 1998, pp. 154-155)

Antes de Ospovat, Edward S. Russell, no livro *Form and function* (1916), descreveu a história da biologia como um longo debate entre os defensores da centralidade biológica da forma (estruturalistas) e aqueles defensores da centralidade da função (funcionalistas). Amundson afirma que a perspectiva do esquema Evolução/Criação é usada por diversos filósofos, cientistas e historiadores principalmente entre 1959 e 1980. Já a interpretação que usa o esquema Russell/Ospovat recebe o apoio de um grupo mais atual de historiadores da ciência.

Os biólogos rotulados de “morfologistas idealísticos” são morfologistas, no esquema Russell/Ospovat. Eles pertenciam à categoria da anatomia transcendental, e defendiam a primazia da estrutura ou da forma – da *unidade de tipo*, sobre a função – as *condições de existência*. A estes transcendentalistas, como por exemplo, Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire, Agassiz, Owen

e os *Naturphilosophen*, Amundson acrescenta também os embriologistas continentais, como, por exemplo, Karl Ernst Von Baer (Amundson, 1998, pp. 154-155).

Os defensores da Teologia Natural britânica, aliados do conservadorismo político e religioso, mantinham relações ásperas com os representantes da anatomia transcendental. Os teólogos naturais não consideravam os transcendentalistas como pertencentes ao seu grupo, além de não levar a sério a morfologia. “Os anatomistas transcendentais pareciam ver a natureza como capaz de auto-organização, mais do que o produto planejado de um *Designer* supernatural” (Amundson, 1998, pp. 159-160). Ao se criar o esquema Evolução/Criação, o transcendentalismo, que não era considerado um movimento evolucionário, só poderia ser classificado como um movimento criacionista. Porém, os transcendentalistas não se encaixavam bem em nenhuma das duas opções (Amundson, 1998, p. 165).

4 CONCLUSÃO

Ao defender a imagem do transcendentalismo do século XIX como sendo relacionada com o “argumento do projeto”, a perspectiva funcionalista do neodarwinismo subestimou as influências estruturalistas no pensamento de Darwin e superestimou a oposição de Darwin aos autores estruturalistas. O neodarwinismo apresentou ainda o estruturalismo como a própria antítese do pensamento científico evolucionário (Amundson, 1998, pp. 174-175). Tanto a contraposição da perspectiva *populacional* com a perspectiva *fisiológica*, ou a contraposição da perspectiva *populacional* ou *variacional* com a perspectiva *tipológica* ou *essencialista* são excludentes, pois não permitem que as propostas estruturalistas ou desenvolvimentistas sejam levadas em consideração na explicação da evolução.

Nos últimos quinze anos, os biólogos desenvolvimentistas passaram a argumentar a favor da inclusão das abordagens estrutural e embriológica na teoria evolucionária, sendo que alguns deles até defendem uma Segunda Síntese, que desta vez incluiria a embriologia:

Muitos estruturalistas modernos reconhecem sua ancestralidade intelectual associada aos transcendentalistas do século XIX. Assim como no século XIX, alguns estruturalistas modernos, como Brian Goodwin e Stuart Kauffman, enfatizam padrões abstratos. Outros dão ênfase aos mecanismos ou à genética do desenvolvimento embriológico, como Wake e Gilbert. Os funcionalistas neodarwinianos naturalmente dão pouco valor a estes estudos. Assim como no século XIX, as diferenças metodológicas têm aqui um poderoso papel nos debates (Amundson, 1998, pp. 173-174).

Penso que certos debates evolucionários atuais, como por exemplo, o papel da seleção natural e a biologia evolutiva do desenvolvimento (evo-devo), e também o trabalho de Kauffman (1993, 1995), se ajustariam coerentemente se vistos pela perspectiva do esquema Russel/Ospovat. Isto porque este esquema permite uma abordagem inclusiva, ao deixar claro dois aspectos: primeiro, o claro contraste entre teleologistas e morfologistas; segundo, o longo debate na história da biologia entre os defensores da centralidade biológica da forma (estruturalistas) e aqueles defensores da centralidade da função (funcionalistas). O esquema Russel/Ospovat nos permite ver que, apesar de Kauffman apresentar ferramentas explanatórias diferentes da biologia evolutiva neodarwinista, isso não implica que uma das duas esteja errada. Pelo contrário, as duas poderiam estar corretas. Como bem ressalta Robert Richardson (2001), as obras *The origins of order* (Kauffman) e *The origin of species* (Darwin) não estão em competição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMUNDSON, Ron. Typology reconsidered: Two doctrines on the history of evolutionary biology. *Biology and Philosophy*, **13**: 153-177, 1998.
- ARAÚJO, Aldo Mellender de.; OLIVEIRA, Daisy Lara de. Conversando com Michael Ruse. *Episteme* **8**: 9-20, 1999.
- AUYANG, Sunny. W. *Foundations of complex-system theories in economics, evolutionary biology, and statistical physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- BROCKMAN, John (ed.). *A terceira cultura: para além da revolução científica*. Trad. Álvaro Augusto Fernandes. Lisboa: Temas e Debates, 1998.
- DARWIN, Charles. *Origem das espécies*. Trad. Eugênio Amado. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002.
- DENNETT, Daniel C. *A perigosa idéia de Darwin: a evolução e os significados da vida*. Trad. Talita M. Rodrigues Mourão. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.
- DEPEW, David; WEBER, Bruce (orgs.). *Evolution at a crossroads: the new biology and the new philosophy of science*. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.
- DOBZHANSKY, Theodosius. *Genética do processo evolutivo*. Trad. Celso Abbade. São Paulo: Polígono, 1973.
- ELDREDGE, Niles. *Reinventing Darwin: the great debate at the high table of evolutionary theory*. New York: Wiley, 1995.
- GOODWIN, Brian. Toward a science of qualities. Pp. 215-250, in: HARMAN, Willis (ed.). *New metaphysical foundations of modern science*. Sausalito: Institute of Noetic Sciences, 1994.
- . A biologia é uma dança. Pp. 85-97, in: BROCKMAN, John (ed.). *A*

- terceira cultura: para além da revolução científica*. Trad. Álvaro Augusto Fernandes. Lisboa: Temas e Debates, 1998.
- HARMAN, Willis; SAHTOURIS, Elisabet. *Biologia revisada*. Trad. Henrique Amat Rêgo Monteiro. São Paulo: Cultrix, 2003.
- HULL, David. Darwin and the nature of science. Pp. 62-78, *in*: HULL, David. *The metaphysics of evolution*. Albany: State University of New York Press, 1989.
- KAUFFMAN, Stuart. *At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity*. New York: Oxford University Press, 1995.
- . *Origins of order: Self-organization and selection in evolution*. New York: Oxford University Press, 1993.
- . “O que é vida?” Schrödinger estava certo? Pp. 101-135, *in*: MURPHY, Michael. P.; O’NEILL, Luke. A. J. (orgs.). “O que é vida?” 50 anos depois. *Especulações sobre o futuro da biologia*. Trad. Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: UNESP, 1997.
- LEWIN, Roger. *Complexidade – a vida no limite do caos*. Trad. Marta Rodolfo Schmidt. Rio de Janeiro: Rocco, 1994.
- MAYNARD SMITH, John. *Modelando a vida – genes, embriões e evolução*. Trad. Vitor Miguel Matos. Coimbra: Quarteto, 2001.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge: Belknap, 1982.
- . Prologue: Some thoughts on the history of the evolutionary synthesis. Pp. 1-48, *in*: MAYR, E.; PROVINE, B. W. *The evolutionary synthesis: perspectives on the unification of biology*. Cambridge: Harvard University Press, 1998.
- . *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Trad. Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MONOD, Jacques. *O acaso e a necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna*. Trad. Bruno Palma e Pedro Paulo de Sena Madureira. Petrópolis: Vozes, 1972.
- NYHART, Lynn K. *Biology takes form: animal morphology and the German universities, 1800-1900*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- OSPOVAT, Dov. Perfect adaptation and teleological explanation. *Studies in the History of Biology* 2: 33-56, 1978.
- . *The development of Darwin’s theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- RESNIK, David. Laws and development. *Synthese* 112: 37-51, 1997.
- RICHARDSON, Robert C. Complexity, self-organization and selection. *Biology and Philosophy* 16: 653-682, 2001.

- RUDWICK, Martin J. S. *The meaning of fossils: episodes in the history of palaeontology*. Chicago: The University of Chicago Press, 1976.
- RUSSELL, Edward S. *Form and function*. London: John Murray, 1916.
- THOM, René. *Parábolas e catástrofes*. Entrevista sobre matemática, ciência e filosofia conduzida por Giulio Giorello e Simona Morini. Trad. Mário Brito. Lisboa: Dom Quixote, 1985.
- THOMPSON, D'Arcy Wentworth. *On growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press, 1942. 2 vols.
- WAGNER, Andreas. *Robustness and evolvability in living systems*. Princeton: Princeton University Press, 2005.
- WEBER, Bruce H. Origins of order in dynamical models. *Biology and Philosophy*, **13**: 133-144, 1998.
- WILKINS, John. *So you want to be an anti-Darwinian. Varieties of opposition to Darwinism* (1998). Versão eletrônica, disponível em: <<http://www.talkorigins.org/faqs/anti-darwin.html>>, acessado em 14/12/2005.