



Dossiê: Evolução biológica & espiritualidade

O CONCEITO CRIACIONISTA DE “TIPO”, ESPÉCIES EM ANEL E O REGISTRO FÓSSIL

por Emiliano Carneiro Monteiro¹

Resumo: Após explicar brevemente o processo de descendência com modificação e seleção natural, o artigo contrapõe a noção criacionista de tipos distintos e reprodutivamente isolados aos estudos de diversidade com “espécies em anel” (em particular populações da salamandra *Ensatina*). Por fim, é apresentado um comentário sobre como o registro fóssil elucidada os processos evolutivos. Cabe explicar que o presente artigo busca nada mais do que uma introdução, bem como o esclarecimento de alguns mal entendidos comuns acerca da teoria evolutiva. Para tanto, em vez de buscar na literatura científica especializada, preferi me ater, muitas vezes à fontes disponíveis e com linguagem mais acessível, mas proveniente de fontes confiáveis. Referências especializadas estão disponíveis tanto neste artigo como em eventuais fontes citadas.

Palavras-chave: espécies em anel; especiação; registro fóssil.

Abstract: After explaining briefly the process of descent with modification and natural selection, this article analyses the creationist notion of distinct, reproductively isolated types with diversity studies with regards to ring species populations (in particular with the *Ensatina* salamander). At last, it is presented a brief commentary on how the fossil record elucidates macro-evolutionary processes. The present article seeks to introduce and resolve some misunderstandings in regards to the evolutionary theory. Thus, in several instances, available sources without technical language were preferred over specialized

¹ Emiliano Carneiro Monteiro é biólogo e doutorando do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva da Universidade de São Paulo (USP), e participa do Coletivo por uma Espiritualidade Libertária. Blog: <http://kleineherz.blogspot.com>; e-mail: herbiliano@gmail.com.



scientific literature; such specialized references are available not only in this article but also in cited sources.

Keywords: ring species; speciation; fossil record.

Em uma recente conversa, com um amigo recém graduado no mestrado, discutimos – entre outras coisas – acerca das dificuldades em se estudar e lecionar acerca da evolução. Apesar de se tratar de um processo bastante intuitivo (você verão abaixo), alguns aspectos são curiosamente difíceis de acessar e esclarecer para o público leigo; e outros ainda são causa de controvérsias dentro da comunidade científica. Irei me abster de comentar acerca das controvérsias dentro da comunidade científica, visto que o objetivo deste artigo é esclarecer aspectos do processo de descendência com modificação e seleção natural produzindo diversidade de vida, e este processo é aceito de forma unânime dentro da comunidade científica.²

A idéia do meu amigo para ensinar evolução para um público potencialmente cético era simples: “mostre para eles as diferentes raças de cachorros”, simples assim. De fato, cães apresentam uma incrível diversidade morfológica variando desde raças grandes como o dogue alemão, o doberman e o são bernardo, até pequineses,

² O blog Evolucionismo recentemente postou resultados de uma pesquisa feita pela *Pew Research Center*, em 2009, acerca do número de membros da comunidade científica que aceitam (e não aceitam) a teoria da evolução. Basicamente: “0,84% dos cientistas que estudam a vida e a Terra, que são geralmente treinados nas questões das origens, são criacionistas”. E “97% de todos os cientistas norte-americanos aceitam a ancestralidade comum das espécies incluindo o homem, enquanto apenas 2% são criacionistas, e apenas 8% defendem o criacionismo do tipo Design Inteligente” (Vieira, 2011; cf. *Pew Research Center*, 2009; *The National Science Foundation*, 1999).

chihuauas, yorkshines e shibas, mas como isso pode auxiliar a esclarecer o processo de evolução?

Algumas pessoas equiparam o processo de evolução com a “ação do acaso”³, o que simplesmente não está correto. Evolução é um processo que ocorre quando a variedade existente em uma população é selecionada por possuir uma aptidão reprodutiva diferenciada (ver abaixo), visto que tal variação seja hereditária.

Trocando em miúdos:

Populações de seres vivos possuem variedades: se você analisar uma população de qualquer ser vivo irá perceber que não se tratam de indivíduos idênticos. Alguns indivíduos serão maiores, outros menores, alguns podem ter cores diferentes, ser mais ou menos ornamentados, mais ou menos pêlos (penas) etc.

Se você se aprofundar no estudo desses seres vivos, verá que muitas dessas variações são *hereditárias, as crias são mais parecidas com seus pais do que com o resto da população*. Filhos de pais altos tendem a ser mais altos, filhos de pais de olhos claros tendem a possuir olhos claros. O mesmo se estende para a cor da flor em mudas de plantas, o tipo da pelagem em mamíferos etc.

³ A citação, muitas vezes utilizada de Hoyle (1983) de que o processo evolutivo é comparável a passagem de um tornado por um depósito de lixo resultar na montagem de um 747, é um bom exemplo desse tipo de argumento. De fato, apesar de uma das bases da evolução ser a ocorrência de mutações ao acaso, o processo também envolve a seleção pelo ambiente dessas mutações, um processo que não tem nada a ver com acaso. Os artigos *Evolution and Chance* de John Wilkins (1996-97) e *Chance from a Theistic Perspective* de Loren Haarsma (1996), bem como referências ali contidas, são bastante concisos e claros em esclarecer tais mal entendidos.



Essa variabilidade hereditária acarreta em uma aptidão diferenciada⁴ nesses seres. De forma que alguns deixam mais descendentes que outros.

E onde entram os cachorros? Bem, há milênios os seres humanos sabem e se aproveitam dessas variações herdáveis nas linhagens de seres vivos! Promovendo cruzamentos entre indivíduos que contenham as características desejadas conseguimos produzir as mais distintas raças e linhagens de animais e plantas! Para meu colega, esse era o exemplo mais claro possível do poder da evolução para produzir diversidade, e de fato, trata-se de um exemplo bem claro e elegante, o próprio Darwin dedica o primeiro capítulo do *A origem...* para descrever variações em espécies domésticas de animais e plantas (cf. Darwin, 2004).

Entretanto, para os que se opõem a teoria evolutiva, observar as diversas linhagens de cães apenas faz aumentar o ceticismo acerca da capacidade de tal teoria ser responsável pela embasbacante diversidade de seres vivos que temos hoje no planeta. De fato, muitos deles estão prontos a apontar que: “Cães apenas produzem mais cães! Em nenhum momento vemos cães produzindo gatos, ou porcos, ou galinhas verdes. Por mais que as variações em cães sejam grandes, tratam-se sempre de cães!”. Tal argumento pode

⁴ O livro *Evolução* de Mark Ridley (2006) traz, em sua terceira edição, a seguinte definição para aptidão: “Variação da aptidão do organismo de acordo com seu estado quanto a um carácter herdável. Na teoria evolutiva, a aptidão é um termo técnico, que significa o número médio de descendentes diretos deixado por um membro médio da população. Portanto, essa condição significa que um indivíduo da população com alguns caracteres deve ter uma maior probabilidade de reproduzir-se (ie., ter uma maior aptidão), do que outros. (O significado evolutivo do termo aptidão difere do seu significado atlético)” (*ibidem*, p. 701).

ser visto em diversos artigos e livros dentro da literatura criacionista. O artigo *Dogs breeding dogs* (Batten, 1996) publicado primeiramente na revista *Creation* é um bom exemplo desse tipo de argumentação. O artigo começa:

Museums, and school, college and university courses in biology, emphasize variation within a kind as ‘evidence’ for evolution. For example, the Natural History Museum in London says that breeding of dogs shows evolution. Presumably all you have to do is breed dogs for long enough and you will get something which is not a dog—something that is basically different. To the uninformed this can seem convincing—after all, there are many and varied breeds of dogs. However, the evidence from breeding and the science of genetics actually presents a huge problem for evolution. In spite of much breeding and the generation of many varieties of dogs, from chihuahuas to Great Danes, dogs are still dogs. Dogs have only ever bred dogs. Roses have only ever bred roses. (*ibidem*)

De fato, para os criacionistas, a própria ausência de “pulos” no processo de descendência e hereditariedade é condizente com o relato bíblico da Criação segundo o qual Deus teria criado as espécies formadas de acordo com seu “tipo”.⁵

⁵ Segundo este argumento, a palavra hebraica *min* utilizada em Gênesis, traduzida como “espécie” (exemplo: “Deus fez os animais selvagens segundo a sua espécie...”, Gênesis 1:25 – TEB), teria, na verdade, o significado de “tipo”, sendo assim um indicativo de que grupos de espécies possuem características essenciais distintas. Sendo assim a variação e evolução dentro desses “tipos” é esperada, mas nunca a variação evolutiva seria tão grande a ponto de extrapolar os limites do que seria um tipo. Vale acrescentar que, enquanto a tradução de Almeida (ARA) e a maioria das traduções em português (TEB e outras) traduzem a palavra *min* como “espécie”, a versão em inglês *King James* traduz a palavra como *kind*, o que é mais coerente com a interpretação apresentada acima. Um bom exemplo pode ser



Tal argumento é erigido sobre uma construção equivocada acerca do que é a teoria evolutiva. Como visto acima, *as variações herdáveis dentro de uma população fazem com que a prole seja mais parecida com seus progenitores do que a média da população*. Em outras palavras, pessoas que estudam evolução sabem muito bem que “cães só produzem cães”. Se algum dia fosse constatado que cães às vezes dão a luz a gatos ou a grifos, isso traria sérios problemas à teoria da evolução como a entendemos hoje.

E como, então, pode se dar o processo evolutivo? Não haveria de fato uma barreira permitindo a evolução dentro de certas linhagens, mas impedindo que evolução ocorra em uma escala maior? – como, por exemplo, os processos evolutivos que deram origem aos tetrápodes a partir de seres aquáticos ou dos cetáceos modernos a partir de ancestrais terrestres.

A resposta é negativa. Não está dentro do escopo deste breve artigo se aprofundar nos processos de isolamento reprodutivo e

encontrado no texto de Georgia Purdom e Bodie Hodge (2008), intitulado *Zonkeys, Ligers, and Wolphins, Oh My!*. Os autores escrevem:

The first thing that needs to be addressed is “what is a kind?” Often, people are confused into thinking that a “species” is a “kind”. But this isn’t necessarily so. A species is a man-made term used in the modern classification system. And frankly, the word species is difficult to define, whether one is a creationist or not!

Instead, the Bible uses the term “kind”. The Bible’s first use of this word (Hebrew: *min*) is found in Genesis 1 when God creates plants and animals “according to their kinds”. It is used again in Genesis 6, 8 when God instructed Noah to take two of every kind of animal onto the Ark and also in God’s command for the animals to reproduce after the Flood. A plain reading of the text infers that plants and animals were created to reproduce within the boundaries of their kind. Evidence to support this concept is clearly seen (or rather not seen) in our world today, as there are no reports of dats (dog + cat) or hows (horse + cow)! So, a good rule of thumb is that if two things can breed together, then they are of the same created kind. It is a bit more complicated than this, but for the time being, this is a quick measure of a “kind”. (*ibidem*)

especiação que dão origem a novas linhagens (“tipos”) de seres vivos. Irei, no entanto, apresentar exemplos que ilustrem de forma clara a ocorrência de tais processos.⁶

No meu primeiro artigo publicado nesta revista (*cf.* Monteiro, 2010) enumerei diversas evidências que mostram como os processos evolutivos atuam nas populações de seres vivos. Em particular chamei atenção para o fenômeno de “populações em anel” (ou “espécies em anel”). Acredito que a existência de tais padrões de distribuições de populações apresentem uma resposta clara de como – contrário a afirmações criacionistas mencionadas acima – variações intra-específicas podem se acumular produzindo linhagens distintas.

“Espécies em anel” são definidas no livro do Ridley (2006) da seguinte forma:

Uma situação em que duas populações isoladas reprodutivamente, vivendo na mesma região, estão conectadas por um anel geográfico de populações que podem intercruzar. (*ibidem*, p. 703)

⁶ Para uma introdução no tema de especiação, isolamento reprodutivo e o problema de espécie sugiro a página sobre evolução da Universidade de Berkeley (<http://evolution.berkeley.edu/evosite/evo101/VSpeciation.shtml>). Esta página atualmente está sendo traduzido ao português mas, no momento que escrevo, a tradução não está completa (<http://www.ib.usp.br/sti/evosite/evohome.html>). O domínio *Talk Origins* possui dois textos acerca de eventos observados de especiação: *Observed Instances of Speciation* de Joseph Boxhorn (1993-2004) e *Some More Observed Speciation Events* de Chris Stassen, James Meritt, Anneliese Lilje e L. Drew Davis (1992-1997). Ele possui ainda uma bibliografia recomendada sobre o assunto, a *Speciation bibliography* (<http://www.talkorigins.org/origins/biblio/speciation.html>). Para uma fonte mais atual, recomendo o livro *Speciation* de Coyne e Allen Orr (2004).



Trocando em miúdos:

Imagine uma espécie cuja distribuição geográfica se estenda por toda a costa brasileira. Trata-se de uma única espécie e pode ser encontrada em todo litoral nacional. Podemos ver que indivíduos dessa espécie que residem no litoral paulista se reproduzem sem problemas com indivíduos residentes no litoral do Espírito Santo nas oportunidades em que eles se encontram. O mesmo ocorre quando indivíduos de São Paulo se encontram com indivíduos de Santa Catarina. Da mesma forma, indivíduos desta espécie que residem no litoral baiano se reproduzem sem problemas com indivíduos do Espírito Santo ou Rio de Janeiro, bem como com indivíduos lá do norte, Maranhão ou Pará. Entretanto, imagine que – para essa espécie – os indivíduos não sejam capazes de se locomover por toda a extensão de sua distribuição geográfica. Por exemplo, um indivíduo dessa espécie que reside no Rio Grande do Sul pode encontrar indivíduos que residem em Santa Catarina ou no litoral paranaense, mas raramente se encontraria com um indivíduo residente em São Paulo, e nunca com um indivíduo do Espírito Santo ou Rio de Janeiro. O mesmo vale para toda extensão da distribuição geográfica nesta espécie. Indivíduos residentes do litoral nordestino podem ocasionalmente se encontrar com indivíduos do litoral do Rio de Janeiro, mas quase nunca – ou nunca – com indivíduos de São Paulo.

Agora force um pouquinho mais sua imaginação. Imagine que você pode “curvar” a distribuição geográfica desta espécie de forma que ela forme um “anel” e os indivíduos residentes no extremo norte

do litoral brasileiro se encontrem com indivíduos do extremo sul! Deu pra imaginar? Isso é uma espécie em anel!

E o que você imagina que acontece quando os membros da espécie até então residentes do Oiapoque se encontram com a população que até então residia no Chuí? O que acontece é que *elas se comportam como espécies distintas*. Eles mantêm-se em populações reprodutivamente isoladas e expressam diferenças acumuladas ao longo de toda distribuição.

As “espécies em anel” não são apenas um exercício imaginativo. Existem exemplos descritos nos quais a população dos seres vivos refletem tal distribuição. Um dos exemplos mais famosos é o da salamandra *Ensatina*. Tais salamandras habitam a região do sul da Califórnia nos Estados Unidos. Na década de 1940, Stebbins (s/d) descreveu duas espécies de salamandras deste gênero naquela região: *Ensatina klauberi* e *Ensatina eschscholtzii*. De fato, tais salamandras possuíam características morfológicas distintas e estudos posteriores mostraram que elas não se inter cruzavam nas regiões onde coexistiam.

Estudos posteriores e coletas mostraram que, ao longo da costa podem ser encontradas populações de *E. eschscholtzii*, até a região do norte da Califórnia e Oregon. Já a *E. klauberi* pode ser encontrada no interior da Califórnia à leste do Vale São Joaquim. Também a distribuição desta espécie se estende até o norte da Califórnia e Oregon. O curioso é que, a medida em que se caminha para o norte, seja pelo litoral (onde encontramos *E. eschscholtzii*), seja



pelo interior (onde encontramos *E. klauberi*), o aspecto morfológico de ambas espécies vai se alterando. Finalmente, quando atingimos o norte da Califórnia e Oregon, podemos encontrar apenas uma forma de *Ensatina*.⁷

Mais uma vez, a explicação que o Ridley dá para o padrão encontrado é:

Existia originalmente uma espécie, que vivia na parte norte da área de distribuição atual. A população então se expandiu em direção ao sul e, assim, dividiu-se em dois ramos, um em cada lado do vale de San Joaquim, que ficou ao centro. A subpopulação do lado do Pacífico evoluiu para o padrão de cores e a constituição genética característicos da *E. eschscholtzii* costeira, enquanto a subpopulação do interior evoluiu para o padrão manchado e a constituição genética característicos de *E. klauberi*. Ao longo da Califórnia, em vários pontos as subpopulações atravessaram o vale e encontraram a outra forma. Em algumas dessas áreas de encontro, híbridos podem ser encontrados, pois as duas formas se inter cruzaram em certo grau: lá elas não evoluíram para formas separadas o suficiente para se tornarem espécies reprodutivas separadas. Mas na extremidade sul da Califórnia, as duas linhagens da população evoluíram para formas suficientemente separadas, de modo que, quando elas se encontram, como em *Camp Wolahi* não há inter cruzamento: elas são duas espécies normais. Portanto as duas espécies de

⁷ Para ilustrar veja a imagem na página: http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/05/2/image_pop/1_052_05.html. Sobre as “espécies em anel” das salamandras do gênero *Ensatina* ver os textos *Taxonomy of the plethodontid salamander genus Ensatina* (Wake e Schneider), *Intraspecific sympatry in a “ring species”, the plethodontid salamander Ensatina eschscholtzii, in southern California* (Wake, Yanev e Brown, 1986). Para uma discussão acerca da importância evolutiva das “espécies em anel” ver o texto *Ring species as bridges between microevolution and speciation* (Irwin, Irwin e Price, 2001).

CampWolahi estão conectadas por um conjunto de populações intermediárias que formam um círculo em torno do vale central. (Ridley, 2006, p. 74.)

Existem outros casos observados de “espécies em anel”, como por exemplo a espécie de toutinegra que habita a Ásia central (cf. Irwin, Bensch e Price, 2001). Caso um dos critérios para estabelecer os “tipos” criacionistas seja *isolamento reprodutivo*, “espécies em anel” são um ótimo exemplo de como tal modelo rui frente a observação. O argumento “cães só produzem cães” aparentemente não é válido para as *Ensatina* que, depois de algum tempo de isolamento reprodutivo, acabam produzindo *Ensatinaeschscholtziie* *Ensatinaklauberi*, formas que qualquer especialista iria classificar como sendo *diferentes e que não se reproduzem entre si*. Não foram necessários saltos, e em nenhum momento uma *E.eschscholtziideu* deu a luz prontamente a uma *E.klauberi* (ou vice-versa). Antes, o acúmulo gradual – de geração em geração – de diferenças genéticas e isolamento reprodutivo culminou em “tipos” diferentes de salamandra, seguindo o que é proposto pela teoria evolutiva.

Entretanto, muitas vezes os criacionistas não possuem uma definição clara para o que classificam como “tipo” e, portanto, não delimitam onde terminaria um “tipo” e começaria outro. De fato, o critério utilizado geralmente envolve isolamento reprodutivo, mas não é necessariamente o caso. Uma explicação criacionista poderia incorporar o surgimento de isolamento reprodutivo dentro de um mesmo “tipo” de alguma forma, provendo assim, uma hipótese que se



sustente mesmo frente a constatação de que variações intra-específicas podem se acumular para produzir espécies distintas. Sendo assim, irei apresentar, brevemente mais alguns exemplos de estudo científico que ilustram de forma clara a ocorrência de macro-evolução e a comum ancestralidade em grupos distintos.

Além das evidências provenientes de estudos genéticos e de biologia molecular, que apontam claramente para a ancestralidade comum dos diversos grupos de seres vivos no planeta terra⁸, a forma mais concisa – e que por muito tempo foi tida como a principal – para evidenciar os processos evolutivos, situou-se no registro fóssil. A despeito de afirmações criacionistas em relação às lacunas no registro fóssil e escassez de formas transicionais⁹, existem diversos exemplos

⁸ Um artigo particularmente interessante foi publicado na *Nature Review Genetics*, em 2007. Os autores comparam os cariótipos (conjunto dos cromossomos em determinada espécie) de diversas espécies de ordens distintas de mamíferos e, através de modernas técnicas de marcação (em particular *Chromossomepainting*), foram capazes de apontar regiões conservadas nos cromossomos das espécies distintas. A partir daí os autores puderam verificar alguns dos mecanismos de evolução dos cariótipos e determinar as relações evolutivas dos mamíferos a partir de um ancestral comum (cf. Ferguson-Smith e Trifonov, 2007).

Talvez um exemplo ainda mais claro e contundente é a comparação do cariótipo humano com o de primatas proximalmente relacionados. Enquanto chimpanzés e gorilas possuem 24 pares de cromossomos, os seres humanos possuem apenas 23. Para que a hipótese de comum ancestralidade neste grupo se confirme, o par de cromossomos “faltante” nos seres humanos não pode ter simplesmente desaparecido. Deve ter ocorrido uma fusão de 2 cromossomos em 1 ao longo da evolução. E de fato, um artigo, de 2005, constatou que o cromossomo 2 humano é uma fusão do que nos demais primatas do velho mundo são 2 cromossomos, possuindo 1 centrômero inativo, além de regiões teloméricas em regiões centrais do cromossomo (cf. Hillier *et al.*, 2005).

Para descrição facilitada recomenda-se as páginas: <http://biologos.org/blog/signature-in-the-synteny/P40/>; e <http://biologos.org/blog/the-theological-dilemma-of-evolution-part-2/>. Em particular este breve vídeo do Youtube: http://www.youtube.com/watch?v=8FGYzZOZxMw&feature=player_embedded.

⁹ O texto *O dilema das formas de transição* presente no blog do Michelson Borges (2008) nos dá um exemplo claro deste tipo de argumento. O autor comenta: “Criaturas meio-peixe, meio-anfíbio, que ainda teriam características de peixe, embora tendo adquirido quatro patas e pulmões, deveriam ter vivido no

no registro fóssil de fósseis transicionais e linhagens de fósseis que ilustram de forma clara a evolução nessas linhagens (cf. Mead, 2009; Chiappe, 2009).

E aí entramos no último ponto que eu abordarei no artigo: o *registro fóssil*. A formação de fósseis é, tudo indica, um evento bastante raro, o ser vivo tem de ser enterrado rapidamente e sob certas condições especiais para que seus restos sejam preservados (cf. Cassab, 2000; Silva, 2005). Sendo assim, o registro é bastante incompleto. Apesar disso, o que ele evidencia é inequívoco. Existe uma clara transicionalidade ao longo dos diversos extratos geológicos com formas mais recentes substituindo as mais antigas em uma seqüência com modificações graduais.

Os cetáceos, que representavam até alguns anos atrás um claro exemplo da suposta “impossibilidade” da ocorrência da evolução já não são mais. Foram encontrados diversos fósseis transicionais inequívocos para resolver o problema – *estes foram encontrados nas precisas localidades onde os naturalistas, tomando por base a teoria evolutiva, esperavam encontrá-los* (cf. Perrin, Wursig e Thewissen,

passado. Da mesma maneira, répteis-aves que mantivessem algumas características de répteis mas que tivessem adquirido características de aves deveriam também ter existido” (*ibidem*).

Como mencionado no texto, existem diversos fósseis representativos de formas transicionais entre grupos distintos de seres vivos. O exemplo mais claro é o *Archeopteryx*, mas tem sido descobertos recentemente diversas formas transicionais pré-avianas. Particularmente recomendo a leitura do excelente texto do Luiz Azevedo Rodrigues (2011). Ver também os textos *A Well-Preserved Archaeopteryx Specimen with Theropod Features* (Mayr, Pohl e Peters, 2005) e *A pre-Archaeopteryx troodontid the ropod from China with long feathers on the metatarsus* (Hu, Hou, Zhang e Xu, 2009).



2002).¹⁰ Mesmo exemplos tidos como “complicados”, como a origem dos tetrapodes ou a origem das aves, têm sido gradativamente elucidados pela descoberta constante de novos fósseis (cf. Mead, 2009; Chiappe, 2009). Estudos paleontológicos, nos quais as taxas de modificação morfológica causada ao longo do tempo por processos evolutivos é observada e medida confirmam com clareza que estes mesmos processos explicam também a diversidade de vida encontrada no registro fóssil.¹¹

Concluindo:

O criacionismo não é uma metodologia científica, por isso não é falseável. Qualquer observação realizada pode se encaixar dentro de um modelo criacionista, especialmente se afirmações forem feitas a respeito da “impossibilidade humana de entender as obras de Deus”. Entretanto, as observações de diversos (e, às vezes, extremamente rápidas) casos de especiação documentado, o registro fóssil, a paleobiogeografia, sem mencionar estudos de Evo-devo e biologia molecular, ajudam a tornar cada vez menos nítidas as barreiras entre

¹⁰ Veja também as seguintes páginas, cheias de informações – *The Evolution of Whales*: http://www.edwardtbabinski.us/whales/evolution_of_whales/; *The Thewissen Lab*: <http://darla.neoucom.edu/DEPTS/ANAT/Thewissen/>; e *Research on the Origin and Early Evolution of Whales (Cetacea)*: <http://www-personal.umich.edu/~gingeric/PDGwhales/Whales.htm>.

¹¹ A taxa de alterações morfológicas evolucionárias ao longo do tempo pode ser expressa numericamente em uma unidade chamada *darwin*. Um *darwin* equivale a uma mudança em qualquer caráter em um fator de e ($e = 2,718$) em 1 milhão de anos. Medições feitas em populações naturais de animais sob seleção divergente encontraram taxas variando de 3.700 a 45.000 *darwins*. As alterações mais rápidas encontradas no registro fóssil giram em torno de 0,06 *darwins*. Aparentemente a microevolução possui um poder bastante “macro” (cf. Renzik *et al.*, 1997; Gingerich, 1983).

“micro-evolução” e “macro-evolução”, o que refuta a idéia criacionista de que os processos evolutivos são incapazes de explicar a origem de diferentes espécies e grupos de seres vivos (macro-evolução). Particularmente, os exemplos apresentados no presente artigo ajudam a esclarecer alguns mal entendidos comuns sobre a teoria evolutiva.

Referências bibliográficas

- AGOSTINHO. (2002), *Confissões*. São Paulo: Martin Claret.
- BATTEN, D. (1996), *Dogs breeding dogs*. In: *Creation* 18(2), 1996, pp. 20–23. Disponível na página: <http://creation.com/dogs-breeding-dogs>.
- BÍBLIA. Português. (1969), *Tradução de João Ferreira de Almeida. Edição Revista e Atualizada no Brasil* (ARA). São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil.
- _____. (1994), *Bíblia. Tradução ecumênica* (TEB). Edição de estudo. São Paulo: Loyola.
- BORGES, M. (2008), *O dilema das formas de transição*. Disponível na página: <http://www.criacionismo.com.br/2008/05/o-dilema-das-formas-de-transio.html>.
- BOXHORN, J. (1993-2004), *Observed Instances of Speciation*. Disponível na página: <http://www.talkorigins.org/faqs/faq-speciation.html>.
- CARROL, S. B. (2005). *Infinitas formas de Grande Beleza*. Jorge Zahar.
- _____. (2006) *The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic Record for Evolution*. W. W. Norton & Company inc.
- CASSAB, R. C. T. (2000), *Objetivos e princípios*. In: CARVALHO, I. S. (ed.). (2000), *Paleontologia*. Rio de Janeiro: Interciência.
- CHIAPPE, L. M. (2009), *Downsized Dinosaurs: The Evolutionary Transition to Modern Birds*. Disponível na página: <http://www.springerlink.com/content/66w3755838876571/fulltext.html>.
- COLLINS, F. S. (2007), *Linguagem de Deus*. São Paulo: Gente.



- COYNE, J. A.; ALLEN ORR, H. (2004), *Speciation*. Sinauer Associates Inc.
- CRONIN, T. M.; SCHNEIDER, C. E. (1990), *Climatic influences on species: evidence from the fossil record*. In: *Evolutionary Biology and Ecology*, 5, 1990: pp. 275-279.
- DARWIN, C. (2004), *A origem das espécies*. São Paulo: Martin Claret.
- DAWKINS, R. (2009) *The Greatest Show on Earth: The Evidence for Evolution*. Free Press.
- FERGUSON-SMITH, M. A.; TRIFONOV, V. (2007), *Mammalian karyotype evolution*. In: *Nature Reviews Genetics* 8, pp. 950-962 (December 2007).
- GINGERICH. (1983), *Rates of evolution: Effects of time and Temporal Scaling*. In: *Science* 222: pp. 159-161.
- HAARSMA, L. (1996), *Chance from a Theistic Perspective*. Disponível na página: <http://www.talkorigins.org/faqs/chance/chance-theistic.html>.
- HAUGHT, J. F. (2001), *Cristianismo e Evolucionismo em 101 Perguntas e Respostas*. Gradiva Publicações.
- _____. (2002), *Deus após Darwin: uma teologia evolucionista*. Rio de Janeiro: José Olympio.
- HILLIER; et al. (2005), *Generation and Annotation of the DNA sequences of human chromosomes 2 and 4*. In: *Nature* 434: pp. 724-731.
- HOYLE. F. (1983), *The Intelligent Universe*. London: Michael Joseph Limited.
- HU, D.; HOU, L; ZHANG, L.; XU, X. (2009), *A pre-Archaeopteryx troodontid the ropod from China with long feathers on the metatarsus*. In: *Nature*, v. 461, pp. 640-643.
- IRWIN, D. E.; BENSCH, S.; PRICE, T. D. (2001), *Speciation in a Ring*. *Nature*, v.409, pp. 333-337.
- IRWIN, D. E.; IRWIN, J. H.; PRICE, T. D. (2001), *Ring species as bridges between microevolution and speciation*. *Genetica* 112-113: 223-243.
- LARSON, E. J. (2004) *Evolution: The Remarkable History of a Scientific Theory*. Toronto. Modern Library.
- LEWIS, C. S. (2006), *O problema do sofrimento*. São Paulo: Vida.
- MAYR, G.; POHL, B.; PETERNS, S. D. (2005), *A Well-Preserved Archaeopteryx Specimen with Theropod Features*. In: *Science*, v. 310, pp. 1483-1486.

- MCGRATH, A. E. (2005), *Fundamento do diálogo entre ciência e religião*. São Paulo: Loyola.
- MCGRATH, A. E.; MCGRATH, J. (2007), *O delírio de Dawkins*. São Paulo: Mundo Cristão.
- MEAD, L. S. (2009), Transforming Our Thinking about Transitional Forms. Disponível na página: <http://www.springerlink.com/content/501371w1h0h58385/fulltext.html>.
- MEYER, D.; EL-HANI, C. (2005), *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: UNESP.
- MILLER, K. (2000), *Finding Darwin's God: a scientist's search for common ground between God*. New York: Harper Collins.
- _____. (2008), *Only a theory*. New York: Penguin.
- MONTEIRO, E. (2010), *Uma conversa sobre a evolução darwiniana*. In: Espiritualidade Libertária, São Paulo, n.1 (1. sem. 2010), pp. 526-542. Disponível na página: http://espiritualidadelibertaria.files.wordpress.com/2010/07/11_n1_monteiro.pdf.
- MORELAND, J. P.; REYNOLDS, J. M. (2006), *Criação e evolução: três pontos de vista*. São Paulo: Vida.
- MORITZ, C.; SCHNEIDER, C. J.; WAKE, D. B. (1992), *Evolutionary relationships within the *Ensatina eschscholtzi* complex confirm the ring species interpretation*. In: Syst. Zool., 41: pp. 273-291.
- MURPHY, G. L. (2006), *Roads to Paradise and Perdition: Christ, Evolution and original sin*. In: Perspectives on Science and Christian Faith, v. 58, n. 2, June 2006, pp. 109-118. Disponível em: <http://www.asa3.org/ASA/PSCF/2006/PSCF6-06Murphy.pdf>.
- PERRIN, W. F.; WURSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. (2002), *Encyclopedia of marine Mammals*. Academic Press.
- PEW RESEARCH CENTER. (2009), *Scientific Achievements Less Prominent Than a Decade Ago 2009*. Disponível na página: <http://people-press.org/reports/pdf/528.pdf>
- PEW FORUM ON RELIGION AND PUBLIC LIFE. (2011), *Global Survey of Evangelical Protestant Leaders*. Disponível na página: <http://pewforum.org/Christian/Evangelical-Protestant-Churches/Global-Survey-of-Evangelical-Protestant-Leaders.aspx>



- POLKINGHORNE J. (1996) *Além da Ciência*. São Paulo: EDUSC.
- PRIJAMBADA, I. D.; et al. (1995), *Emergence of nylon oligomer degradation enzymes in pseudomonas aeruginosa PAO through experimental evolution*. In: APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, May 1995, pp. 2020-2022.
- PURDOM, G.; HODGE, B. (2008), *Zonkeys, Ligers, and Wolphins, Oh My!* Disponível na página: <http://www.answersingenesis.org/articles/aid/v3/n1/zonkeys-ligers-wholphins>.
- RENZIK, D.; et al. (1997), *Evaluation of the Rate of Evolution in Natural Populations of Guppies (Poeciliareticulata)*. In: Science 275: pp. 1934-1936.
- RIDLEY, M. (2006), *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed.
- RODRIGUES, L. A. (2001), *Dinossauros e as aves*. Disponível na página: http://scienceblogs.com.br/cienciaaonatural/2011/07/dinossauros_e_as_aves.php.
- SCHÜNEMANN, H. E. S. (2008), *O papel do “criacionismo científico” no fundamentalismo protestante*. In: Estudos da Religião, ano XXII, n. 35, pp. 64-86. Disponível na página: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-metodista/index.php/ER/article/viewFile/173/183>.
- SILVA, C. M. (2005), *Dinossauros emplumados*. Lisboa: Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa.
- STASSEN, C.; MERITT, J.; LILJE, A.; DAVIS, L. D. (1992-97), *Some More Observed Speciation Events*. Disponível na página: <http://www.talkorigins.org/faqs/speciation.html>.
- STEBBINS, R. C. (s/d), *Speciation in salamanders of the Plethodontid genus *Ensatina**. Univ. Calif. Publ. Zool. 48: pp. 377-526.
- THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. (1999), *U.S. scientists and engineers, by detailed field and level of highest degree attained*. Disponível na página: <http://www.nsf.gov/statistics/us-workforce/1999/tables/TableB1.pdf>.
- VIEIRA, E. (2011), *Cientistas criacionistas: quantos são?* Disponível na página: <http://evolucionismo.org/profiles/blogs/cientistas-criacionistas>.

- WAKE, D. B.; SCHNEIDER, C. J. (s/d), *Taxonomy of the plethodontid salamander genus Ensatina*. Herpetologica 54: 279-298.
- WAKE, D. B.; YANEV, K. P.; BROWN, C. W. (1986), *Intraspecific sympatry in a “ring species”, the plethodontid salamander Ensatinaescholtzii, in southern California*. Evolution 40: 866–868.
- WILKINS, J. (1996-97), *Evolution and Chance*. Disponível na página: <http://www.talkorigins.org/faqs/chance/chance.html>.
- ZIMMER, C. (1998), *À beira d’água: macroevolução e a transformação da vida*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.