

5

Fósseis de transição, elos perdidos, fósseis vivos e espécies estáveis

Octávio Mateus*

1. *Introdução*

Os actuais fixistas e criacionistas alegam que os fósseis não provam a evolução, pois não existem formas de transição (ver Avelar et al.¹ sobre os argumentos criacionistas e Gaspar et al.² sobre os argumentos científicos).

Este artigo pretende dar exemplos e discutir o conceito e validade de fósseis e formas de transição e outros conceitos evolutivos: elos perdidos, espécies estáveis e fósseis vivos.

2. *Fósseis de transição*

O pai da taxonomia, Lineu, e mesmo Darwin, desconheciam fósseis exemplos de transição. Mas a paleontologia, entretanto, desenvolveu-se e sofisticou-se, multiplicando os achados que reflectem a evolução e suportam as teses científicas. Hoje em dia conhecemos literalmente milhares de fósseis que mostram a evolução entre os taxa (grupos de organismos). Centenas de fósseis demonstram a origem dos mamíferos a partir de sinapsídeos mais primitivos, dos anfíbios a partir dos osteiíctios, a origem dos cetáceos a partir dos mesonquídeos, dos primatas a partir dos plesiadaptiformes, dos dinossauros a partir de répteis semelhantes a tecodontes, e da maioria dos principais grupos de vertebrados. É necessário notar que nem todos os grupos têm a mesma propensão de fossilização, ainda assim exemplos de transição são conhecidos em quase

* Faculdade de Ciências e Tecnologia, CICEGE, Universidade Nova de Lisboa, Caparica; Museu da Lourinhã, Lourinhã (omateus@fct.unl.pt).

todos. Alforrecas e medusas são, por exemplo, constituídas exclusivamente por partes moles enviando *a priori* o seu potencial de fossilização. Daí que a evolução das alforrecas não esteja tão bem conhecida como a dos equinodermes (estrelas-do-mar) constituídos por partes carbonatadas.

Os paleontólogos têm-se debruçado sobre este tema, produzindo inúmeros artigos, dos quais se destaca «Transitional Forms» *Versus* Transitional Features³ dos paleontólogos Kevin Padian e Kenneth Angielczyk das Universidades da Califórnia e Bristol, respectivamente. Estes adiantam que os problemas de reconhecer “formas de transição” são muitos e profundos. São na sua essência pseudo-problemas que podem ser desmascarados se em vez da escada inerente à taxonomia lineana, considerarmos ao invés a evolução como uma árvore (filogenia). Existem, assim, características de transição mas não taxa de transição. Reconhece-se que embora o registo fóssil não esteja completo, é bastante rico para responder a muitas perguntas evolutivas principais. Em caso algum, o registo fóssil não é relativamente pior do que o registo histórico de seres humanos para a maioria de perguntas análogas.

Os defensores do “design inteligente” sustentam que a teoria evolutiva não esclarece muitas das transições evolutivas. Tal alegação reflecte meramente o desconhecimento real ou estratégico dos seus autores sobre como se processa a evolução, reflectindo também a sua inabilidade em explicar os passos evolutivos das formas de transição, aquisição de caracteres, selecção natural, etc.

Alguns grupos de vertebrados, por exemplo, possuem um *bauplan* (arquitectura corporal básica) comum e estão na base das grandes classes lineanas de vertebrados: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Contudo, a classificação lineana não reflecte a filogenia (relação de parentesco entre os organismos) e este sistema taxonómico implica a existência de formas de transição (fig. 1).

O termo “fósseis, ou formas, de transição” tem vindo a cair em desuso, pois refere-se a espécies extintas que representam um estágio intermédio entre dois grupos de organismos, e incorporam simultaneamente características ancestrais (ou plesiomórficas) e derivadas (ou apomórficas) dos mesmos. Curiosamente, os paleontólogos empregam pouco o termo “fóssil de transição”, frequentemente mais usado aquando das discussões criacionistas. Talvez porque, ao lidarem com fósseis, os paleontólogos compreendem que, salvo casos de evolução rápida, estes são o resultado de uma mudança gradual e todos eles são, no limite, fósseis de transição (excepto se não tiverem descendentes), mesmo que essa transição morfológica seja apenas ligeira.

O método de classificação lineana, sugerido por Carolus Linnaeus antes da teoria de Darwin, foi desenvolvido sem noções de evolução, e talvez por isso está actualmente a cair em desuso para dar lugar a classificações filogenéticas (ou cladísticas), que procuram reflectir a evolução e que se baseiam em apomorfias (novidades morfológicas adquiridas por um grupo de organismos). Na classificação lineana os organismos são agrupados em *rankings* hierárquicos, inspirados nos escalões militares, do mais lato para o mais restrito: Divisão, Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Género e Espécie. Contudo, os taxonomistas tiveram dificuldade em classificar espécies com uma morfologia intermédia entre dois grupos, apelidando-as de “formas de transição” (fig. 1). Um exemplo típico de “forma de transição” seria o *Acanthostega*, não sendo verdadeiramente um peixe nem um anfíbio. O *Acanthostega* tem características anatómicas de ambos os grupos, logo não cabe nesta classificação (que não deixa de ser arbitrária, logo, irremediavelmente, revelando parte da natureza dos seres vivos). Onde colocá-lo então? Tal como o *Acanthostega* tantos outros se iam juntando ao saco das “formas de transição”. O que se ia verificando é que cada vez mais formas eram “formas de transição”. Onde colocar os sinapsídeos, são répteis ou mamíferos? Onde colocar o *Archaeopteryx*, é um réptil ou uma ave? Onde colocar o *Cyclosaurus*, um réptil ou um anfíbio? As “formas de transição” são não a excepção mas a regra.

Por outro lado, numa perspectiva de evolução filogenética, ou cladismo, o conceito de “forma de transição” não é aplicável, pois os grupos taxonómicos monofiléticos (os clados, ou se quisermos, uma forma e todos os seus descendentes) são estruturados com base nas apomorfias adquiridas (características derivadas). Determinado organismo pode ser considerado externo (ou *outgroup*) relativamente a um clado ou fazer parte do mesmo (*ingroup*). Por exemplo: o *Australopithecus* ou é considerado um primata homínideo (isto é, dentro do clado Hominidae) ou um primata não-homínideo (isto é, fora do clado Hominidae). Não existem soluções intermédias. Não obstante poder possuir caracteres de transição, do ponto de vista metodológico, este primata não pode ser classificado como um “mais-ou-menos” homínideo, um homínideo de transição. Numa análise rigorosa com base em métodos filogenéticos, o conceito de espécie de transição não pode, por isso, ser empregue.

No percurso evolutivo, os organismos vão acumulando características morfológicas, mantendo ou perdendo os caracteres tidos inicialmente. Os grupos taxonómicos, ou clados, são diagnosticados através de sinapomorfias, ou seja, de características morfológicas novas adquiridas e partilhadas entre todos os membros deste clado.

O termo “fóssil de transição” poderá aplicar-se, apenas de forma informal, em casos em que surgem grupos de seres vivos com uma arquitetura corporal aparentemente diferente estruturalmente da conhecida até então, i.e. com um formato corporal quase revolucionário no sentido biológico. Sublinha-se, contudo, que numa análise filogenética rigorosa este conceito não pode ser empregue.

Embora Stephen Jay Gould⁴ considere como quase impossível recolhermos formas de transição no registo fóssil, Donald R. Prothero⁵ dá um estado da arte do contributo da paleontologia para a compreensão da evolução com vários exemplos de formas intermédias, sobretudo a nível supra-específico. A este nível, a paleontologia é prolixa em exemplos de grupos que sugerem gradualismo evolutivo⁵. Na evolução dos dinossauros, por exemplo, o interesse geral do público bem como a quantidade avassaladora de novos achados nos últimos anos, faz com que a evolução dos dinossauros esteja muito bem compreendida entre os vertebrados fósseis mesozóicos. Embora seja apenas uma fracção da diversidade real durante o Mesozóico, o registo da origem dos principais clados de dinossauros está cada vez mais completo, mostrando vários níveis de formas intermédias, que são dispostas na árvore filogenética: a árvore da vida.

Ao nível específico (da espécie), as formas intermédias que testemunham a especiação (ou surgimento de uma nova espécie) são mais raras, devido à dimensão necessariamente reduzida da amostra original da população, e, à sua menor distribuição geográfica e temporal (a longevidade de uma espécie de vertebrado é, em geral, de um a três milhões de anos) quando comparado com níveis hierárquicos superiores (e.g. género). Associado a este facto, existe um enviesamento metodológico, implícito à classificação taxonómica dos organismos em espécies. “Espécie” é um conceito estanque, intuitivamente homogéneo, embora as populações sejam sobretudo polimórficas. Imaginemos uma determinada espécie, a que chamamos “A”, com uma elevada diversidade e com algumas populações morfológicamente tendencialmente mais semelhantes a uma espécie irmã, “B”. Este segundo taxon recebe deste modo um outro nome lineano, sem que este nos dê conta da variação morfológica entre indivíduos eventualmente mais próximos à população “A”. O enviesamento metodológico ocorre quando, na classificação taxonómica, os biólogos procuram as diferenças para justificar a nomeação de novas espécies. Mas, ao basearmo-nos unicamente nessa taxonomia para designar espécies, por definição e numa circularidade do argumento, não se encontram espécies de transição. Este argumento é tanto mais relevante no que concerne às “espécies-anel”, ou numa

nomenclatura mais adequada, “espécies-leque”. Este conceito de espécies-anel, erigido por Wake et al.⁶, aplica-se quando o isolamento sexual se dá nos extremos de populações polimórficas; por exemplo, uma dada população A reproduz-se com B, esta com C, que se reproduz com D, mas a população D está isolada reprodutivamente de A. As gaivotas do género *Larus* e a salamandra *Ensatina* são exemplos de espécies anel^{6,7,8}. Nestas espécies, existem formas de transição muito evidentes.

Usemos o exemplo de grupos de vertebrados que evoluíram para uma arquitectura corporal aparentemente radical, com mudanças extremas de habitat, originando dois grupos de sucesso: os cetáceos (e.g. baleias), que se adaptaram exclusivamente a um ambiente marinho a partir de um ancestral partilhado com os artiodáctilos (e.g. bovídeos, cervídeos); e as aves, que conquistaram um exímio poder de voo a partir de dinossauros carnívoros terrestres. Poderemos, se quisermos manter a designação, considerar como fósseis de transição os pré-cetáceos, que evoluíram durante um “período de transição” de um ambiente terrestre para marinho, e as pré-aves, na transição entre os ambientes terrestre e aéreo.

2.1. *Ancestrais directos e ancestrais colaterais*

Os fixistas reclamam que não existem espécies directamente antepassadas das que conhecemos actualmente^{1,2}, ou seja, um ancestral directo. Os biólogos evolutivos evitam usar o conceito de ancestral directo sobretudo por uma questão de precaução, uma vez que é necessário uma resolução estratigráfica e filogenética quase perfeita para se poder afirmar que determinada espécie fóssil é o ancestral directo de uma outra espécie actual, por exemplo. A metodologia filogenética incorporou esta ideia de precaução e mostra a relação entre as espécies num cladograma (ou árvore filogenética) em que, por definição, não se incorpora ancestrais directos. Em contrapartida, todas as espécies ancestrais são interpretadas como ancestrais colaterais, ou seja espécies que estão colateralmente relacionadas. Este pormenor importante incorpora implicitamente o enviesamento do registo fóssil. Numa analogia com a genealogia humana, os biólogos filogenéticos agrupam os organismos fósseis como os primos, tios e tios-avós, em vez de pais e avós directos.

2.2. *Exemplos de adaptação ao meio marinho: a evolução dos ictiossauros e a origem das baleias*

Vários grupos de vertebrados terrestres procuraram ocupar os nichos ecológicos marinhos e adaptaram-se ao meio aquático, adquirindo algumas modificações corporais e fisiológicas recorrentes (ou biologicamente

falando: análogas) no decurso da evolução. São exemplos desta adaptação ao meio marinho, os cetáceos, os pinípedes (como as focas) os ictiossauros, os plesiossauros, as serpentes marinhas, as tartarugas marinhas, os mosassauros, alguns crocodilos, os fitossauros, os champsossauros e algumas aves. Curiosamente, muitos deles partilham tendências evolutivas semelhantes: corpo hidrodinâmico, regressão posterior da abertura nasal, afilamento dos ossos cranianos, redução dos membros ou alongamento da cauda.

Os ictiossauros são répteis mesozóicos que evoluíram para um corpo fusiforme, vagamente semelhante ao de um golfinho (embora não partilhem nenhum parentesco próximo com estes mamíferos; é um exemplo clássico de evolução convergente). Nos seus estádios mais derivados, os oftalmossauros, estão completamente adaptados à vida marinha e não tinham a capacidade de locomoção terrestre (fig.2). Os membros anteriores evoluíram de uma arquitectura básica de cinco dedos, tal como a grande maioria dos vertebrados, para membros polidáctilos em forma de barbatanas⁹ (fig. 2). O registo fóssil de ictiossauros, durante quase todo o Mesozóico, mostra os estados intermédios com progressivamente mais falanges, com progressiva redução das dimensões do úmero e “falangização” – à falta de melhor termo – do rádio e cúbito.

Outra conquista do meio marinho foi conseguida pelos mamíferos cetáceos. Os actuais cetáceos são vertebrados adaptados à vida aquática, mas que retêm vestígios dos antepassados mamalianos terrestres como, por exemplo, presença de vibrissas nos primeiros estádios de vida, de cintura pélvica atrofiada e glândula mamárias. A evolução está inerentemente constrangida física, genética e fisiologicamente e os cetáceos recorreram e adaptaram os órgão que já possuíam na sua condição terrestre. Apesar de marinhos, os cetáceos não possuem, por exemplo, tentáculos ou tenazes porque evoluíram de mamíferos e não de cefalópodes ou artrópodes.

Não faz sentido procurar uma forma de transição entre um mamífero e um cetáceo pois este último já é, e sempre foi, um mamífero. Podemos, por outro lado, procurar os fósseis relativos à sua origem. Existem, pelo menos, 32 géneros, 41 espécies e centenas de achados de arqueocetes (os antepassados dos cetáceos modernos). Os géneros conhecidos até à data são: *Basilosaurus*, *Basiloterus*, *Gaviacetus*, *Dorudon*, *Zygorhiza*, *Saghacetus*, *Ancalcetus*, *Chrysocetus*, *Pontogeneus*, *Pappocetus*, *Babiacetus*, *Takracetus*, *Georgiacetus*, *Natchitochia*, *Indocetus*, *Rodhocetus*, *Qaisracetus*, *Artiocetus*, *Pakicetus*, *Nalacetus*, *Ichthyolestes*, *Ambulocetus*, *Gandakasia*, *Himalayacetus*, *Andrewsiphium*, *Remingtonocetus*, *Dalanistes*, *Attockicetus*, *Kutchicetus*, *Protocetus*, *Carolinacetus* e *Eocetus*. Insinuar

que não existem formas de transição é não se render à evidência esmagadora que os fósseis reclamam.

2.3. *A origem das aves*

A origem das aves dá-se a partir dos dinossauros terópodes (grupo de bípedes e carnívoros ao qual pertence o *Tyrannosaurus rex*; fig. 3 e 4). Não se pode afirmar que ocorre a transição dos dinossauros para as aves, nem sequer dos répteis para as aves, pois do ponto de vista filogenético, as aves são dinossauros e répteis. Da mesma forma que nós humanos, sob o ponto de vista filogenético, somos osteícteos (animais ósseos) e sinapsídeos (répteis mamalianos). Ou, dito de forma mais elegante, partilhamos com os peixes ósseos e répteis mamalianos um ancestral comum.

Como comparação, procurar a transição entre os répteis e as aves é como procurar a transição entre os mamíferos e os primatas: não existe. Isto sob o ponto de vista taxonómico lineano, é claro. Uma “caixa” não cabe noutra “caixa” do mesmo tamanho. Desembrulhando esta metáfora, a caixa “répteis” é do mesmo tamanho que a caixa “aves”, ou seja, tem o mesmo nível hierárquico na classificação lineana. Mas o que acontece é que as aves são répteis.

No caso das aves, conhecem-se, pelo menos, 142 géneros de dinossauros celurossauros não-neornites, ou seja, os dinossauros terópodes precursores das aves actuais (contagem de géneros a partir de Weishampel et al.¹⁰). Estes valores só contabilizam os géneros, mas o número aumenta drasticamente (para a ordem de milhares) se contarmos todos os achados e ocorrências e incluirmos todas as espécies de cada género. Alguns exemplos de dinossauros com penas (ou com características partilhadas) são o *Sinosauropteryx*, *Beipiaosaurus*, *Caudipteryx*, *Pelicanimimus*, *Protoarchaeopteryx*, *Alvarezsaurus*, *Sinornithosaurus*, *Archaeopteryx*, *Microraptor*, *Rahoniavis*, *Confuciusornis*, *Iberomesornis*, e *Liaoningornis* (fig. 5).

3. *A capacidade de previsão do registo fóssil*

Os paleontólogos, como Thomas Henry Huxley (1825-1895) e, mais tarde, John H. Ostrom (1928-2005), postularam, com base em evidências morfológicas, que as aves evoluíram e apareceram a partir de dinossauros carnívoros, os terópodes. Nem todos estes deram origem às aves, mas algumas espécies são claras formas de transição, possuindo caracteres comuns como fúrcula, ossos ocos, membros anteriores hiperatrofiados, carpos hemisféricos, hallux rodado, condição arctometatarsalia, redução ou ausência de dentes, ovalidade dos ovos e muitas

outras características avianas (fig. 3). A mais emblemática das características é a presença de penas em, pelo menos, uma vintena de fósseis de dinossauros não-avianos e não voadores (figs. 3, 4 e 5).

A existência de dinossauros com penas foi postulada muito antes do primeiro fóssil deste tipo ter sido descoberto, há cerca de 10 anos atrás. (Note-se que, inicialmente, o *Archaeopteryx* não era considerado um dinossauro, mas sim uma ave; esse, já descoberto no séc. XIX.) Tal previsão só foi possível à luz da evolução darwiniana, sendo actualmente suportada pelas fortes evidências fósseis. Esta e outras previsões (úteis para testar hipóteses na paleontologia) não podem ser explicadas por nenhuma teoria não evolucionista alternativa. Esta questão tem sido esquecida por criacionistas, seja de forma honesta, por ignorância, ou de forma estratégica e deliberada. A capacidade de previsão da ciência, e em particular da teoria da evolução, não só lhe dá força, como demonstra adequação ao mundo natural.

Outra questão muitas vezes ignorada é a distribuição temporal dos fósseis. Ao longo do tempo geológico, visível através dos perfis estratigráficos, observa-se uma sucessão de espécies através de um contínuo ciclo de aparecimento e extinção, o já no séc. XIX chamado *faunal succession*. Em cada momento geológico, por exemplo, a cada milhão de anos, regista-se o aparecimento de centenas de novas espécies a nível global e o desaparecimento de outras tantas. Este fenómeno é, por vezes, tão rigoroso e constante que muitas espécies são usadas como indicadores de idade geológica, ou seja, a sua curta duração temporal e larga dispersão geográfica são usadas para reconhecer determinadas idades, tal como uma característica arquitectónica em edifícios antigos serve para estimar a idade do imóvel.

Apesar de se assumir terem ocorrido seis grandes episódios de extinção em massa, todos os momentos geológicos são marcados, em maior ou menor escala, pelo aparecimento e extinção pontual de espécies. Esta evidência não é explicada através da hipótese da criação independente das espécies e rejeita a hipótese criacionista das espécies fósseis se terem extinguido num único episódio diluviano. Afinal, quantos dilúvios seriam necessários? Em contas redondas, tomando como boa a lógica criacionista, seriam necessárias dezenas de milhares de dilúvios.

4. *Para grandes afirmações, grandes provas*

A suportar a evolução existe uma quantidade insuperável de pressupostos verificáveis, testes e evidências acumuladas ao longo dos séculos, mesmo antes de Charles Darwin. A distribuição vertical das espécies na

estratigrafia, em particular os contributos da biostratigrafia, a relação filogenética entre as espécies, a homologia de caracteres, a biogeografia, a genética, e todos os grandes conceitos da Biologia são explicáveis à luz da Teoria da Evolução. É mais provável que as teorias da criação estejam incorrectas que todos os ramos da ciência o estejam.

Se se pretende fazer verdadeira Ciência, os criacionistas que defendem um criador inteligente deverão apresentar provas, pressupostos verificáveis, testes, evidências que o confirmem, em vez de sugerirem uma teoria com base numa fé dogmática sobre a existência de uma entidade sobrenatural sobre a qual não existe uma única evidência empírica. As assunções, ou se quisermos, os axiomas em que se baseia a Ciência (e.g. universalidade, parcimónia, reprodutibilidade, simplicidade, etc.) são incomensuravelmente mais unitários que o grande axioma criacionista (i.e. um ser sobrenatural que, a dada altura, pôs e dispôs a vida na Terra).

A única explicação avançada pelos criacionistas é a da criação por uma entidade sobrenatural, mal explicada e mal compreendida e da qual não existe nenhuma prova e evidência sujeita a verificação e aceite pela comunidade científica.

Mas o que seria necessário encontrar para sugerir uma criação independente? A criação independente e fixista seria uma hipótese cientificamente plausível se na natureza se verificasse que:

1) A maioria dos seres vivos fosse indubitavelmente morfológica e fisiologicamente diferente entre si, isto é, sem qualquer afinidade nem caracteres em comum, em resultado de uma criação independente.

2) Todos (ou a maioria) dos seres vivos aparecessem no registo fóssil de todas as eras geológicas.

3) Ao longo das eras geológicas, não se verificasse um aumento médio da complexidade – passe a dificuldade em definir este termo – dos organismos.

4) As espécies não sofressem alterações morfológicas ao longo do tempo.

5) Os organismos não exibissem caracteres vestigiais de parentesco óbvio, mas de nenhuma utilidade (por exemplo: os ossos pélvicos nas baleias mostram o seu antepassado terrestre mas não possuem nenhuma utilidade actual).

Entre tantas outras linhas de evidência que a Ciência tem posto à mercê da refutação.

Mesmo antes de Darwin, as questões da estratigrafia e relação filogenética entre as espécies levantavam sérias dúvidas sobre uma Criação independente e divina das espécies. Contudo, na altura, não existia melhor hipótese que essa.

A hipótese da criação independente, por um criador inteligente, perfeito e onnipotente, não explica a existência de caracteres ou de genes defeituosos, prejudiciais ou deletérios, presentes em todas as espécies.

Em contraste com a quantidade esmagadora de dados, provas, testes e hipóteses verificáveis que suportam a evolução, a hipótese de uma criação independente das espécies não tem uma única evidência. Por não haver provas, a existência de uma criação independente por um ser sobrenatural é *improvável*. A teoria da evolução é a que melhor explica o mundo natural dos seres vivos.

5. *Elos perdidos* (“missing links”)

Mas é verdade que o registo fóssil é incompleto, que os fósseis são raros e possivelmente não representam mais do que 1% de todas as formas de seres vivos que já viveram, sobretudo se considerarmos as espécies sem esqueleto ou partes duras. Cada espécie e cada ser vivo é resultado de um elo de uma cadeia ininterrupta de sobrevivência e transferência de genes. Cada vez que a Ciência mostra um novo fóssil de transição, um elo desta cadeia, os criacionistas refutam-no e exigem ainda outro elo, numa demanda insatisfeita e sem fim. Ironicamente, também os paleontólogos se demonstram insatisfeitos, procuram mais resolução na evolução e continuam a trabalhar.

Em termos práticos, podemos considerar impossível ter exemplares de todas as espécies que viveram em determinado momento, e esta observação é tanto mais real quanto maior for o tempo que nos separa do período em análise. Mesmo na actualidade, não fazemos ideia de quantas espécies existem, e muito menos estamos perto de dar uma classificação formal a todas¹¹. Se esta dificuldade é real para as espécies actuais, para as espécies extintas torna-se uma fronteira intransponível. A isto acresce a dificuldade de fossilização de algumas espécies, sobretudo as de corpo mole, não esquelético, e em alguns ecossistemas, como a maioria dos habitats de montanha, deserto ou floresta tropical. Todas estas vicissitudes fazem com que tenhamos apenas uma nesga de luz sobre o que foi o passado e como, de facto, a evolução ocorreu. Todas as espécies relevantes para a compreensão da filogenia e que ainda não foram descobertas são, portanto, um “elo perdido”, ou seja, um organismo de outrora de que não se conhece nenhum exemplar mas que representa uma morfologia primitiva relativamente a um clado ulterior. O problema do elo perdido é esse mesmo... está perdido.

Assim que for descoberto, torna-se um fóssil mais ou menos importante, mantendo o apanágio de “elo” e deixando cair o de “perdido”.

6. *Formas estáveis e fósseis vivos*

O conceito de “fóssil vivo” é um termo informal muito usado, com um significado diferente mas frequentemente confundido com “fósseis de transição”. O fóssil vivo é uma espécie, ou grupo restrito de espécies, que existe actualmente, sem parentescos próximos actuais e que representa taxon/taxa outrora abundantes.

São exemplos de fósseis vivos os *Ginkgo biloba* ou os náutilos. O primeiro é um representante de árvores gimnospérmicas Ginkgoopsida, abundantes no Mesozóico, e actualmente restrito a uma só espécie a viver nos jardins de todo o mundo e originário das florestas da China. O segundo é um molusco cefalópode igualmente abundante nos mares do Mesozóico e actualmente restrito a seis espécies.

Cada “fóssil vivo” não é exactamente a mesma espécie em todo o registo geológico. Os fósseis vivos também evoluíram, embora a uma taxa menor, muitas vezes apenas a nível específico ou genérico durante dezenas ou centenas de milhões de anos. As espécies de *Ginkgos* ou *Nautilus* não são as mesmas que viveram no Mesozóico, se bem que são morfologicamente e taxonomicamente muito próximas. Se bem que o género *Ginkgo* viveu desde o Jurássico (há 170 milhões de anos) até aos nossos dias, ocorreu evolução a nível específico, sendo conhecidas várias espécies: *G. yimaensis*, *G. apodes*, *G. adiantoides* e, finalmente, *G. biloba*, que diferem no formato das folhas e frutos^{12,13} (fig. 6).

Os taxa de fósseis vivos não mudaram muito morfologicamente, pelo que as suas formas são, na generalidade, estáveis.

Muitos grupos de organismos pouco mudaram nos últimos milhões de anos, observação sobretudo válida para os invertebrados. Estas espécies são exemplos frequentemente usados, pelos fixistas, para mostrar que (alegadamente) não ocorre a evolução. S.J. Gould e N. Eldredge^{4,14} referem, no contexto do equilíbrio pontuado, que os organismos se mantiveram essencialmente estáveis e que novas espécies surgem por evoluírem a partir de uma pequena população.

O braquiópode *Lingula* é o exemplo clássico de um género que pouco mudou morfologicamente desde o Devónico, há 550 milhões de anos, mas investigações recentes mostram uma evolução gradual do grupo, com várias espécies, entre as quais: *Lingulepis*, no Câmbrico, *Lingularia*, do Carbonífero ao Cretácico, e *Lingula* e *Glottidia* do Terciário à actualidade¹⁵.

A paleontologia de Portugal fornece-nos um exemplo de uma forma estável: o género de bivalve pterióide *Isognomon*. A ocorrência mais antiga deste género data, pelo menos, do Triásico superior, há 203 milhões de anos¹⁶, mas em Portugal, este bivalve ocorre em sedimentos do Jurássico Superior, com cerca de 150 milhões de anos, na Bacia Lusitânica (que compreende a Região Oeste de Portugal), sendo representado por *Isognomon rugosus* e outras espécies¹⁷ (fig. 7). Mas este género ainda vive, representado actualmente por cinco espécies, *Isognomon alatus*, *I. bicolor*, *I. janus*, *I. radiatus*, *I. recognitus*, mostrando a estabilidade morfológica do género.

Mas estas espécies são a excepção explicável e uma infinitésima parte do mundo natural e não escondem a existência de todos os outros milhões de animais e plantas que apareceram e se extinguíram numa corrente evolutiva que dura há, pelo menos, 3600 milhões de anos, e que resulta em todas as formas de vida, incluindo os humanos.

Do nosso conhecimento, não existe nenhuma espécie do Mesozóico que exista actualmente, nem nenhuma espécie actual que esteja representada no registo fóssil de mais de 65 milhões de anos. O mesmo já não é válido ao nível genérico: o exemplo já referido do género *Ginkgo*, ou o bivalve *Isognomon* atravessam quase todo o Mesozóico e Cenozóico.

7. Conclusão

Em suma, conclui-se que:

- O termo “fóssil de transição” é desadequado, tendo em conta a metodologia de classificação filogenética e o conhecimento sobre como a evolução actua.
- De forma informal, podemos definir “fóssil de transição” como espécies extintas que representam um estágio intermédio entre dois grupos de organismos e incorporam simultaneamente características ancestrais (ou plesiomórficas) e derivadas (ou apomórficas) dos mesmos.
- Com os avanços da Paleontologia das últimas duas décadas, conhecem-se centenas de fósseis tidos como exemplos de “fósseis de transição”, nomeadamente relativos à origem das aves, dos anfíbios e dos cetáceos.
- Os organismos conhecidos como “fósseis vivos” são evolutivamente estáveis, ou seja, sofrem evolução lenta. Alguns géneros (*Ginkgo*, *Isognomon*) estendem-se desde o Triásico até a actualidade, mas ao nível específico e salvo melhor análise, não há exemplos da mesma espécie que ocorram desde o Mesozóico até à actualidade.

Agradecimentos

Agradeço a Helena Abreu pelo convite para a participação neste livro, a Carlos Natário e Simon Schneider pelas fotografias, Paul Sereno, Scott Harman e Z.-Y. Zhou pelas ilustrações, e a Ricardo Araújo e Rui Castaninha pela revisão do manuscrito.

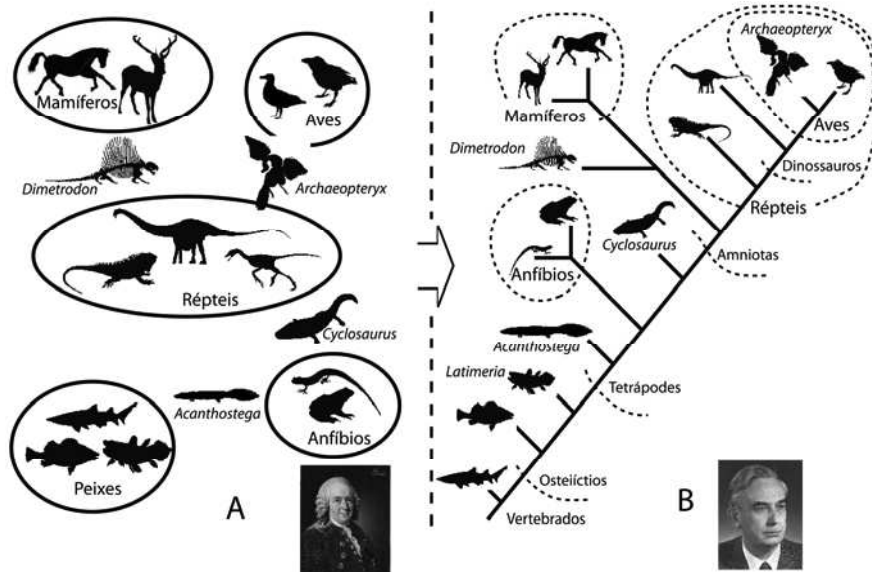


Fig. 1: Classificação dos vertebrados numa perspectiva (A) lineana, desactualizada, e (B) filogenética, mais moderna. Antes da compreensão da evolução e da classificação filogenética, os paleontólogos tinham dificuldades em classificar animais como o *Acanthostega*, *Cyclosaurus*, *Dimetrodon* e *Archaeopteryx*, que partilhavam características entre dois grupos de animais, sendo encarados como “fósseis de transição”. Actualmente estes têm o seu lugar bem definido na árvore filogenética e o atributo de “fóssil de transição” já não faz sentido. Repare-se que o grupo dos “peixes” já não é empregue por ser parafilético. A primeira metodologia de classificação foi proposta por Carolus Linnaeus (1707-1778) e a segunda por Willi Hennig (1913-1976), nas imagens A e B respectivamente.

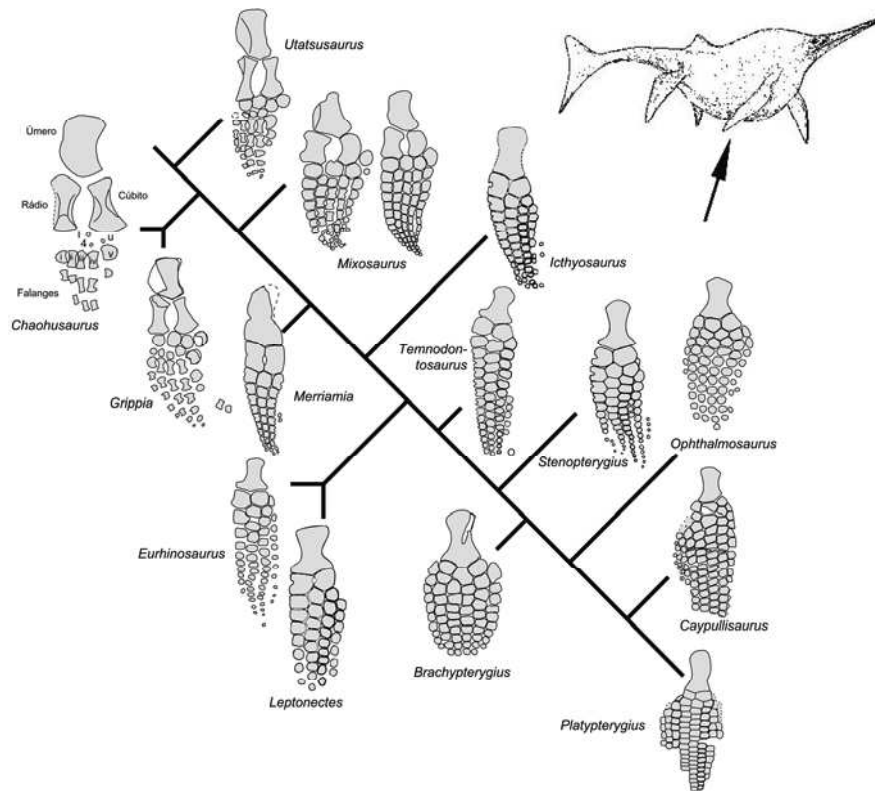


Fig. 2: Evolução das barbatanas dos répteis ictiossauros. Observa-se uma evolução desde a morfologia básica de cinco dedos, comum à maioria dos vertebrados, até um membro anterior polidáctilo em forma de barbatana altamente adaptada ao meio marinho (adaptado de Montani, 1999).

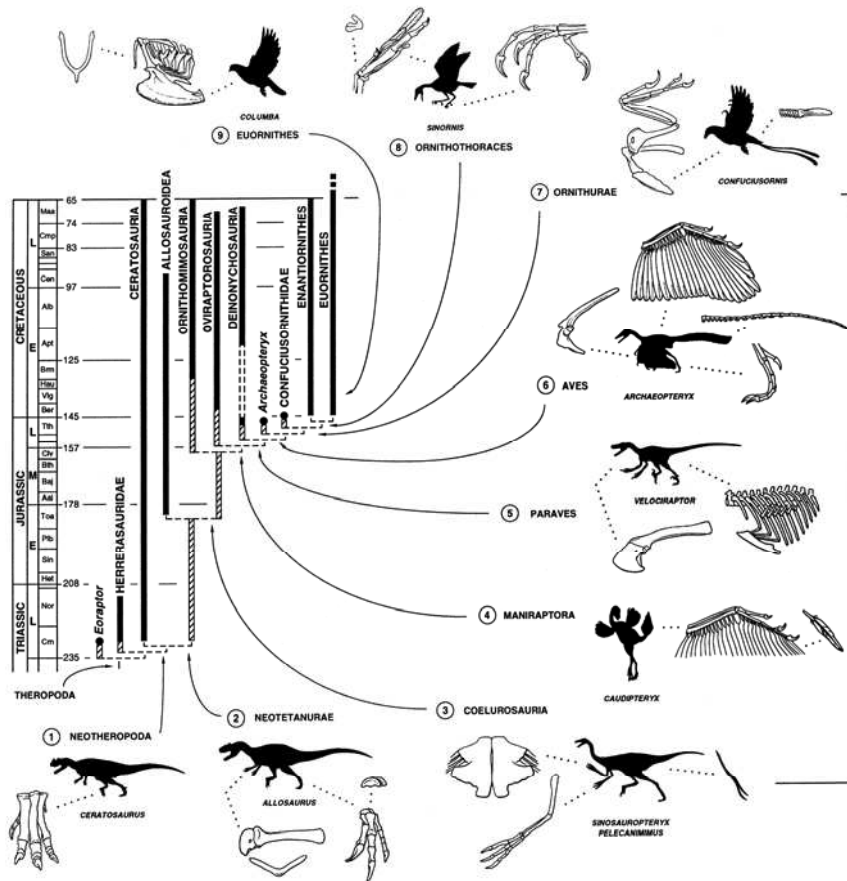


Fig. 3: Origem e relação filogenética (cladograma) das aves com as principais alterações filogenéticas (reproduzido, com permissão da AAAS, a partir de Sereno, 1999).

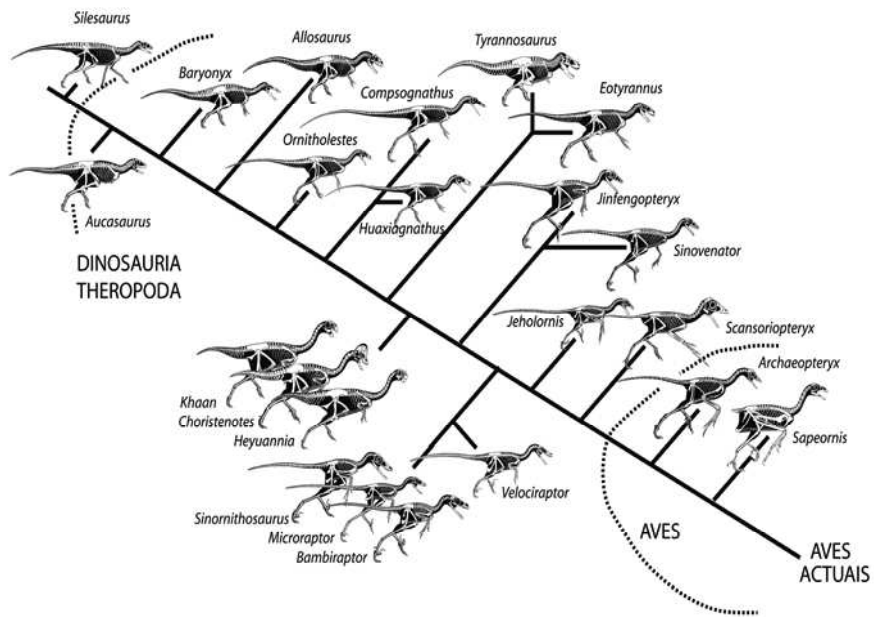


Fig. 4: A evolução dos dinossauros terópodes e a origem das aves mostra ser gradual e com formas intermédias (desenhos dos esqueletos executados e gentilmente cedidos por Scott Hartman).

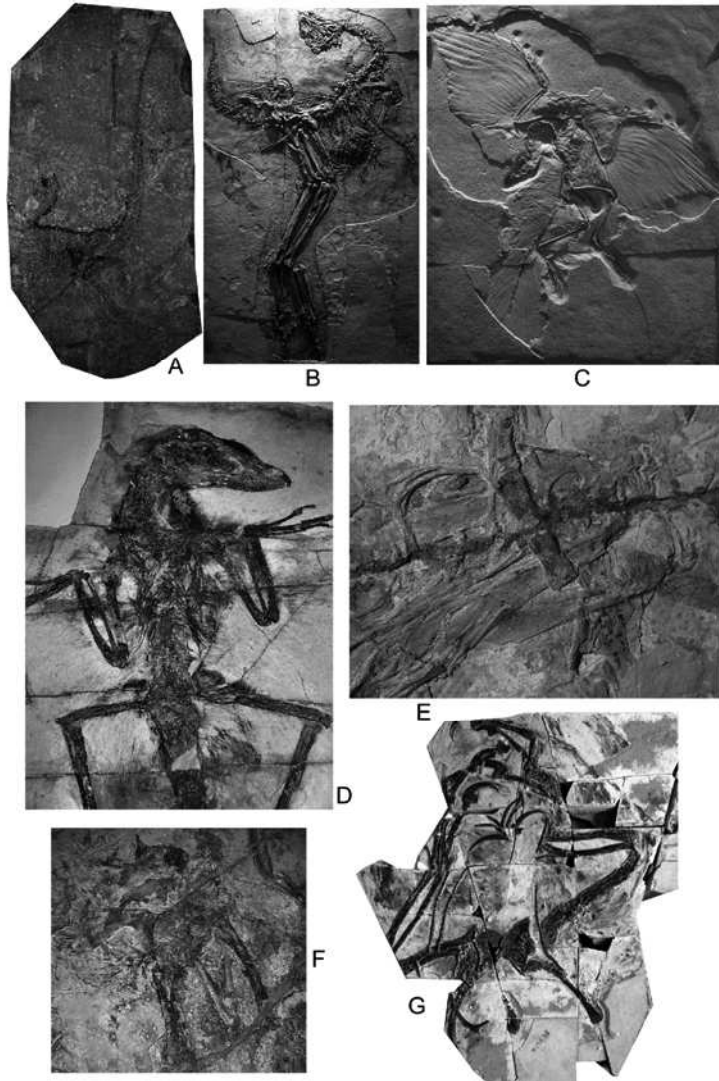


Fig. 5: Dinossauros com penas, que são testemunhos da origem teropodiana das aves: A, *Sinosauropteryx* (espécime NIGP 127586; GMV 2123 - Holótipo); B, *Caudipteryx*; C, *Archaeopteryx lithographica* (espécime de Berlim); D, *Sinornithosaurus* (espécime NGMC91); E, *Sinosauropteryx prima* (espécime NIGP 127587); F, *Protoarchaeopteryx robusta*, ilium, par de pubis e fêmures (NGMC 2125, espécime holótipo); G, *Yixianosaurus longimanus* (V12638). Destes dinossauros, só o *Archaeopteryx* (C) é uma ave. Fotografias A, D, E e F por Carlos Natário e as restantes (B, C e G) pelo autor.

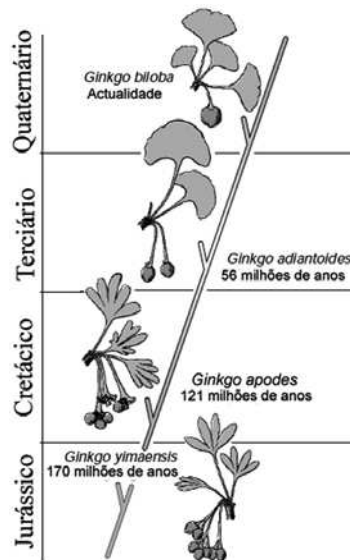


Fig. 6: Evolução do “fóssil vivo” *Ginkgo*: embora apenas a nível específico, ocorre evolução do gênero *Ginkgo* desde o Jurássico (modificado, com permissão, a partir de Zhou & Zheng, 2004).



Fig. 7: Como exemplo de forma estável, o molusco bivalve *Isognomon* existe desde o Triásico, há 203 milhões de anos. A, B e C: *Isognomon rugosus* do Jurássico superior (aprox. 150 milhões de anos) de Portugal; D, *Isognomon bicornis* recente da Colômbia (reproduzido, com permissão, a partir de Schneider & Werner, 2007).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Avelar, O. Mateus, F. Almada and A. Gaspar, *Evolução e Criacionismo: Uma Relação Impossível*. Quasi ed., Lisboa, 2007.
- [2] A. Gaspar, O. Mateus and F. Almada, “Os argumentos criacionistas em face da evidência científica”. In pp.197-237, *Evolução e Criacionismo: Uma Relação Impossível*. Quasi ed., Lisboa, 2007.
- [3] K. Padian and K.D. Angielczyk, “«Transitional Forms» Versus Transitional Features”. In A.J. Petto and L.R. Godfrey (eds.), *Scientists Confront Intelligent Design and Creationism*. Norton, New York, 2007.
- [4] S.J. Gould, *The structure of Evolutionary Theory*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 2002.
- [5] D.R. Prothero, *Evolution, what the fossils say and why it matters*. Columbia University Press. N.Y., 2007.
- [6] D.B. Wake, K.P. Yanev, and C.W. Brown, “Intraspecific sympatry in allozymes in a “ring species,” the plethodontid salamander *Ensatina eschscholtzii*, in southern California”, *Evolution* 40: 866-868 (1986).
- [7] T.R. Jackman, and D.B. Wake, “Evolutionary and historical analysis of protein variation in the blotched forms of salamanders of the *Ensatina* complex (Amphibia: Plethodontidae)”, *Evolution* 48, 876-897 (1994).
- [8] C. Moritz, C. J. Schneider, and D.B. Wake, “Evolutionary relationships within the *Ensatina eschscholtzii* complex confirm the ring species interpretation”, *Systematic Biology* 41: 273-291 (1992).
- [9] R. Montani, “On the evolution and homologies of Ichthyopterygian forefins”, *Journal of Vertebrate Paleontology*, 19(1): 28-41 (1999).
- [10] D.B. Weishampel H. Osmólska and P. Dodson, *The Dinosauria* (2nd Edition). University of California Press, 2004.
- [11] E.O. Wilson, *Diversity of Life*. Belnak Press, 1992.
- [12] Z.-Y. Zhou and S.-L. Zheng, “The missing link in *Ginkgo* evolution”, *Nature* 423, 821– 822 (2003).
- [13] S.-L. Zheng and Z. Zhou, “A new Mesozoic *Ginkgo* from western Liaoning, China and its evolutionary significance”, *Review of Palaeobotany and Palynology* 131(1-2): 91-103 (2004).
- [14] S.J. Gould and N. Eldredge “Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered”, *Paleobiology* 3, 115-151 (1977).

- [15] C.C. Emig, “Proof that *Lingula* (Brachiopoda) is not a living-fossil, and emended diagnoses of the Family Lingulidae”, *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology, Maintenon, Letter 2003/01* (2003).
- [16] E. Véghe-Neubrandt, “Triassische Megalodontaceae - Entwicklung, Stratigraphie und Palaontologie”, *Akadémiai Kiadó, Budapest* [J. Pálffy/M. Bosnakoff/M. Bosnakoff] (1982).
- [17] S. Schneider and W. Werner, “Colour pattern preservation in *Fuersichella* n. gen. (Gastropoda: Neritopsoidea), bivalves, and echinid spines from the Upper Jurassic of Portugal”, *Beringeria* 37: 143-160 (2007).
- [18] P. Sereno, “The Evolution of Dinosaurs”, *Science* 284 (1999).



OCTÁVIO MATEUS | É licenciado em Biologia (Universidade de Évora) e doutorado em Paleontologia pela Universidade Nova de Lisboa (em 2005). É investigador da Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL) e do Museu da Lourinhã, conhecido pela sua importante colecção de dinossauros. Especializado em dinossauros, tem-se empenhado no estudo do Jurássico Superior de Portugal, tendo publicado vários artigos científicos em revistas nacionais e internacionais da especialidade, incluindo a prestigiada revista *Nature*. Baptizou para a Ciência sete novas espécies (ou géneros) de dinossauros, entre 1998 e 2006, tais como os *Lourinhanosaurus*, *Draconyx* ou *Europasaurus*. Interessa-se pela evolução e pelo papel da paleontologia para a sua compreensão. É co-autor do livro *Evolução e Criacionismo* (2007). Desde 1991 que todos os anos realiza escavações de dinossauros em Portugal, mas também já escavou no Laos, Angola, Brasil e Mongólia, entre outros países. Em Angola descobriu o primeiro dinossauro daquele país.

Título

Evolução: História e Argumentos

Autores

Charles Darwin, Alfred Wallace, Carlos Almaça, Dora Batista,
Theodosius Dobzhansky, Octávio Mateus, Nuno Ferrand,
Helena Gonçalves, António Afonso, Pedro Patraquim,
Élio Sucena, Maria M. Romeiras, Maria S. Pais, André Levy

Direitos Reservados

© Esfera do Caos Editores Lda e Autores

Tradução dos Capítulos 1 e 4

André Levy, Dora Batista e Marco Pina

Capítulo 4 (Theodosius Dobzhansky)

Texto traduzido e publicado com permissão de
© The National Association of Biology Teachers
Reston, VA, USA

Design

DesignGlow

Impressão e Acabamento

Papelmunde SMG Lda

Depósito Legal

XXXX

ISBN

978-989-8025-55-5

1ª Edição

Julho de 2008

ESFERA DO CAOS EDITORES LDA

Campo Grande

Apartado 52199

1721-501 Lisboa

esfera.do.caos@netvisao.pt

www.esferadocaos.pt