

EDMAC TRIGUEIRO

HISTÓRIA DA VIDA

TALENTOS
DA LITERATURA
BRASILEIRA

EDMAC TRIGUEIRO

HISTÓRIA DA VIDA

TALENTOS DA LITERATURA BRASILEIRA



Copyright © 2015 by Edmac Trigueiro

COORDENAÇÃO EDITORIAL Nair Ferraz
DIAGRAMAÇÃO Luís Pereira
CAPA Carlos Eduardo Gomes
REVISÃO Denise de Camargo
Equipe Novo Século

TEXTO ADEQUADO ÀS NORMAS DO NOVO ACORDO ORTOGRÁFICO DA
LÍNGUA PORTUGUESA (DECRETO LEGISLATIVO Nº 54, DE 1995)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Trigueiro, Edmac
História da vida / Edmac Lima Trigueiro. -- Barueri, SP : Novo
Século Editora, 2015. -- (Talentos da literatura brasileira)

1. Ciência 2. Evolução -- História 3. Evolução humana I. Título
II. Série.

15-00022

CDD-576.8

Índices para catálogo sistemático:
1. Evolução : Ciência da vida 576.8

Edição eletrônica: 2015

DIREITOS CEDIDOS PARA ESTA EDIÇÃO À
NOVO SÉCULO EDITORA LTDA.
Alameda Araguaia, 2190 - 11º andar - CJ 1111
CEP 06455-000 - Barueri - SP
Tel. (11) 3599-7137 - Fax (11) 3699-7323
www.novoseculo.com.br
atendimento@novoseculo.com.br

E-ISBN: 978-85-428-0526-0

Para Machidovel, Edirthes, Machidovel Filho, Lana, Pedro Henrique, Eduardo,
Giovana e Maria Lucíola.

Agradeço ao professor Myrson Lima pela revisão.

Se fosse dar um prêmio à melhor ideia já tida, daria a Darwin, e não a Newton ou Einstein.

Daniel Dennett

A ciência constitui o instrumento mais avançado e seguro de que dispomos para
contarmos a História da Vida.

SUMÁRIO

[Introdução](#)

[1 – Luca](#)

[2 – O pai de Luca](#)

[3 – A casa de Luca](#)

[4 – Como Luca cresceu](#)

[5 – Os filhos de Luca](#)

[Referências](#)

INTRODUÇÃO

Das palavras, as mais simples.

Das simples, as mais curtas.

Churchill

Este livro é sobre a História da Vida. De certa forma, é a continuação do primeiro, História do Universo, mas uma continuação diferente, porque é uma história mais simples do que a primeira. É um livro que vai contar como a vida começou e como evoluiu à luz da ciência. Você não vai encontrar aqui, portanto, nada da estória contada pelas religiões. Também nada de discussões mitológicas ou morais. Tudo isso porque nada tenho a dizer sobre elas.

Não se quer aqui, entretanto, ser o dono da verdade. Pretende-se apenas ser fiel ao que conta a ciência, em sua versão mais atual e predominante. A origem e a evolução da vida é um assunto que interessa a todos. Espero que com ele, Pedro Henrique, que cursa o Ensino Médio e está às voltas com o Enem, possa descansar das leituras técnicas e entediadas, das aulas monótonas, das intermináveis fórmulas a que é obrigado a reter na memória. Gostaria de que se lesse o livro como quem assiste a uma sessão de cinema, em um sábado à tarde, com direito à pipoca e à coca-cola, após haver passado a manhã “curtindo” uma praia, num lindo dia do verão brasileiro.

Assim, não deixa de representar o livro uma tentativa de resgate do prazer de aprender e estudar. Se alcançar esse desiderato, estarei realizado como autor.

No livro anterior, que tratou da origem do Universo, apresentei a teoria prevalecente sobre o assunto, o *Big Bang*, não sem mencionar, contudo, a existência de outras (como a Teoria do Estado Estacionário, do Universo Cíclico, do Multiverso), cujos adeptos são em menor número.

Quanto à História da Vida, não existe outra teoria para os cientistas além da apresentada por Darwin em 1859. Nesse campo, portanto, não há teorias alternativas, embora possa haver diferenças tópicas quanto à origem da vida propriamente dita ou quanto a detalhes do mecanismo evolutivo.

Tenho dito a amigos próximos que tem sido um prazer pesquisar e escrever sobre a origem do Universo, da Vida e do Homem à luz da ciência. Para a História do Universo, a interface predominante foi com a Física e a Cosmologia. Neste segundo livro, o leitor verificará que o diálogo constante será com a Biologia Evolucionária. Como no anterior, a obra apresenta as ideias dos mais eminentes especialistas no assunto, cujas referências aparecem no final. Para o leitor especializado, tenho a confessar que não há nada de novo, talvez apenas a maneira de como contar a história.

Capítulo 1

LUCA

A realidade histórica da evolução de todos os organismos a partir de um ancestral comum é consenso entre os cientistas há mais de um século.

Douglas Futuyma

Os humanos e as bactérias têm um ancestral comum que viveu há mais de três bilhões de anos.

Michael Cain

LUCA é o adorável personagem criado por Mauricio de Sousa para a Turma da Mônica. É uma criança especial, que anda com a ajuda de uma cadeira de rodas. Apesar das dificuldades, ele sabe de muitas coisas e é o “queridinho” das meninas. Gostaria muito de continuar falando sobre esse LUCA, mas o personagem de nosso livro é o outro LUCA!

O LUCA¹ de nosso livro é o apelido carinhoso que os cientistas deram ao primeiro ser vivo, o precursor dos precursores, o pai de todos nós. Foi com ele (ou com ela) que tudo começou!

O bichinho mais parecido com LUCA, hoje em dia, chama-se bactéria. Sempre me senti atraído por esse bichinho estranho e esquisito. Acho que essa atração advinha do nome do bichinho. “Bactéria”! Passados muitos anos, a recordação do período escolar evoca-me o sentimento de fascinação que sentia quando o professor colocava o nome no quadro-negro, “Bactéria”. Naquele momento, minha cabeça ficava nas nuvens. Os detalhes técnicos do bichinho não me interessavam muito. Minha fascinação era quanto a seu nome, ao tamanho minúsculo, à simplicidade e aos poderes que detinha. “Esse bichinho pequeno é capaz de nos matar, que coisa hein!”, pensava eu, atônito.

Hoje, muitos anos depois, ao escrever este livro, continuo perplexo. Quer dizer que um dia fomos esses bichinhos? Parece ser isso mesmo, ou algo muito próximo a isso, o que nos ensina a moderna Teoria da Evolução.

Até pouco tempo atrás, tanto bactérias quanto archaea, por serem ambas seres procariotos (células simples), eram agrupadas em um só reino, porém se descobriu que elas (as bactérias e as archaea) eram tão diferentes entre si quanto um humano é diferente de uma bactéria, por isso os taxonomistas (biólogos que classificam os organismos) decidiram pela separação dos domínios, classificando-os agora em dois domínios separados – o domínio das bactérias e o domínio das archaea. A grande maioria dos organismos que compõem esses dois domínios é unicelular e microscópica.

Modernamente, os organismos vivos são divididos em três domínios: Bactéria, Archaea e Eukarya. O domínio a que pertencemos é o do Eukarya. O que todos esses domínios têm em comum? É que todos eles surgiram de LUCA!

A Teoria da Evolução começou a ser engendrada há muitos anos, mas tomou forma definitiva em 1859, na Inglaterra, quando um moço de meia-idade, que fizera quase a volta ao mundo a bordo de um navio, tendo inclusive visitado o Brasil, publicou um livro que, à época, não causou tanta repercussão assim.

Hoje, esse livro, juntamente com o *Principia*, de Newton, é considerado a maior obra científica jamais escrita. O nome do livro é *A Origem das Espécies*, e o autor, Charles Darwin.

Darwin, Newton e Einstein formam a tríade de cientistas mais famosos do mundo. Quase todos os estudantes, algum dia na vida, ou ouviram ou ouvirão falar deles. Ninguém passa pelos bancos escolares sem o contato com suas teorias. E, se formos cientistas, serão nossa eterna companhia, a ponto de despertar ciúmes até na família.

Da primeira vez que ouvi falar de Darwin não me lembro, mas fiquei encantado com ele ao ler recentemente sua biografia.² Muito mais remotas são minhas lembranças da sua obra.

Nos anos em que Darwin elaborava sua teoria, um religioso, quase tão importante para a história da ciência quanto o próprio Darwin, mas não tão famoso, estudava com afinco em um mosteiro e fazia experiências tentando entender a maneira como as ervilhas se reproduziam e passavam suas características aos descendentes. Seu nome era Gregor Mendel e o que estudava naqueles remotos anos de 1865 passou para a história como a “herança mendeliana”, ensinada nos colégios até os dias de hoje. No ano de 1900, cientistas procuraram unir as teorias de Darwin e Mendel, dando origem à Síntese Moderna da Teoria da Evolução, ou Neodarwinismo. Misturar Genética com Evolução, misturar Darwin com Mendel, portanto, é hoje fundamental e imprescindível para se entender a origem da vida e a evolução das espécies.

As espécies tiveram a mesma origem e não são imutáveis.³ A ideia de que as espécies tiveram uma origem comum, que se transformam e que podem extinguir-se é científica e não religiosa. Ensina-se a muitas pessoas que as espécies foram criadas separadamente e que elas são sempre as mesmas desde sempre, ou seja, o gato, o cachorro, a girafa ou o elefante que vemos hoje teriam surgido de modo separado na natureza e seriam como sempre foram no passado, não se modificando ao longo do tempo. A ciência, contudo, principalmente após Darwin, afirma o contrário, ou seja, que as espécies tiveram uma origem comum, são mutáveis e extingúveis, inclusive a espécie humana. E as espécies mudam por causa de um processo principal, o processo da seleção natural⁴, descoberto por Darwin. Darwin descobriu esse processo quando leu, de setembro para outubro de 1838, um livro famoso em sua época, *Um ensaio sobre o princípio da população*, de Thomas Robert Malthus, um economista britânico. De acordo com o livro, a população crescia a uma taxa bem maior do que os alimentos disponíveis. Darwin transplantou, com adaptações, essa ideia para os estudos biológicos com sucesso. Ele mesmo explica como isso se deu: “Em outubro de 1838, quinze meses depois de ter iniciado minha pesquisa sistemática, li, com prazer, o ensaio de Malthus sobre a população. Estando bem preparado para reconhecer a luta pela existência que se desenrola em todos os lugares a partir da observação prolongada dos hábitos de animais e plantas, compreendi de imediato que, nessas circunstâncias, as variações favoráveis tenderiam a ser preservadas, e as desfavoráveis a ser destruídas. O resultado disso seria a formação de novas espécies”.⁵

Em meu primeiro livro, *História do Universo*, os personagens principais foram Newton, o pai da Teoria da Gravitação, e Einstein, o pai da Nova Teoria da Gravitação (A Teoria da Relatividade Geral). Neste segundo livro, o personagem principal será Darwin, o cientista que produziu a maior revolução na Biologia: a descoberta do mecanismo através do qual as espécies se modificam ao longo do tempo.

Outra figura notável e ilustre em nossa história é Gregor Mendel, o pai da Genética. Mas, enquanto Darwin é um nome de que ouvimos falar desde criança, o de Mendel permanece bem mais discreto, apesar das contribuições de ambos para a ciência terem sido de certa forma equivalentes. Embora contemporâneos, Darwin não chegou a conhecer o trabalho de Mendel, que teve uma vida bem mais difícil que a de Darwin e nunca conseguiu obter em vida um lugar público na ciência, ou o reconhecimento que se espera de um cientista de seu calibre. Entretanto, assim como Darwin, Mendel era um homem à frente de seu tempo que fez todo o trabalho de pesquisa em hereditariedade cruzando

ervilhas que mantinha no mosteiro em que exercia também o ofício de pároco.

Na época de Darwin, não se entendia como os filhos se pareciam com os pais, nem qual mecanismo biológico explicava isso. As chamadas leis da hereditariedade só foram compreendidas após os experimentos de Mendel com as ervilhas no jardim de seu mosteiro. Mendel era um monge que gostava de ciência. Ele fez vários experimentos cruzando ervilhas e analisando o resultado desses cruzamentos. Até essa época, o estudo da hereditariedade ainda era bastante primitivo. Acreditava-se em duas verdades que hoje se provaram uma falácia. A primeira era a de que os pais transmitiam aos filhos uma mistura de suas características. Era como se o pai fosse o café e a mãe o leite. O filho seria a mistura dos dois, ou seja, o café com leite. Hoje se sabe que não é assim. Um filho de uma mãe alta com um pai baixo, de uma mãe negra com um pai branco, não herda a média misturada dessas características, porque as características genéticas do pai e da mãe não se misturam. Os filhos herdam genes íntegros do pai e da mãe em pares que não se misturam. O que vai definir a característica apresentada pelo filho é a prevalência do gene paterno sobre o materno ou, o contrário, do gene materno sobre o paterno, vale dizer, o que define a característica apresentada pelo filho é o caráter de “prevalência” (dominância) ou “não prevalência” (recessividade) do gene.⁶ E Mendel, pesquisando a forma como as ervilhas transmitiam suas características aos descendentes, foi o responsável por essa descoberta que revolucionou a Genética.

A outra ideia equivocada da época em que Darwin viveu era o pensamento dominante de que as características adquiridas pelos pais durante suas vidas poderiam ser herdadas pelos filhos. Nessa época, pensava-se, por exemplo, que se um pai se tornasse, após muito treinamento, um exímio nadador, o filho poderia herdar essa característica. Hoje se sabe que isso não é verdade. Com efeito, experimentos realizados até hoje comprovaram que nenhuma informação pode ser transmitida das proteínas do corpo para os ácidos nucleicos dos gametas. Assim, a habilidade de se tornar o homem mais rápido do mundo na natação, adquirida pelo atleta por causa do treinamento intenso, não será transmitida ao filho. Nem um homem que adquiriu erudição ao longo da vida passará uma gota de seu conhecimento para o filho. Que pena! Mas é assim que funciona a natureza. Quem sabe em um outro mundo, outro planeta, outras vidas possam ter-se organizado de modo diferente.

A pesquisa de Mendel ficou esquecida por 35 anos e só foi redescoberta, quase simultaneamente, em 1900 por três botânicos, que publicaram seus trabalhos de forma independente um do outro: Hugo Marie de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak-Seysenegg. A redescoberta do trabalho de Mendel permitiu que, alguns anos depois, nas décadas de 1920 e 1930, mais outros três cientistas conseguissem unir a teoria de Darwin à de Mendel. A união da Evolução com a Genética produziu a mais importante síntese na Biologia em toda a história. Os responsáveis por essa unificação foram Ronald Fischer, J. B. S. Haldane e Sewall Wright. Eles são os autores da Síntese Moderna da Evolução, também conhecida como Neodarwinismo. Assim, a Teoria da Evolução das Espécies passou por dois momentos principais. O primeiro, ao surgir, com Darwin, em 1859. O segundo, ao se consolidar, com Fischer, Haldane e Sewall, nas décadas de 1920 e 1930, com a Síntese Moderna, que promoveu a união de Darwin com Mendel, a união da Evolução com a Genética. Portanto, Genética e Evolução compõem a base de nossos estudos para compreendermos a origem e a evolução da vida.

Gosto dessa frase, escrita por algum autor do qual não me recordo o nome: “A grande maioria das pessoas acredita no sobrenatural por não aceitar que a morte possa ser o fim definitivo da vida”. Parece, contudo, que a origem e a evolução da vida são devidas simplesmente a forças físicas e químicas, nada devendo ao sobrenatural.

Paracelso (1493-1541), famoso alquímico do início da Idade Moderna, acreditava que toda vida se devia a uma série de processos químicos. Hoje, cientistas modernos chegaram à mesma conclusão. Para James Watson, o prêmio Nobel descobridor da estrutura do DNA, a vida é uma simples questão de química, enquanto Freeman Dyson afirma que a vida, em seus estágios mais primitivos, não se

distanciava muito da química comum.

Com efeito, só existem duas hipóteses para a origem da vida: ou ela foi criada por Deus (essa é a crença mais antiga, mais difundida e mais aceita, é a versão adotada pelas religiões dos mais diversos matizes), ou ela criou a si própria (um fenômeno inerente à própria natureza). Essa última é a versão mais recente, a versão científica, em que se acredita que a vida surgiu naturalmente por evolução química. É a versão contada neste livro. De fato, para a ciência, a vida só pode ter surgido da não vida. Isso é simples de comprovar. Fotografe a Terra logo após sua origem. Não havia vida. Deixe passar alguns bilhões de anos. Fotografe-a depois. O que você encontraria? Um planeta borbulhante de vida. Conclusão: ou a vida surgiu do sobrenatural (a explicação religiosa), ou a vida surgiu da não vida (a explicação científica). E a vida, apesar de muito complexa (imagine o cérebro comandando todo o organismo), guarda uma mágica formidável, o fato de ser formada quase que inteiramente pelas diferentes formas de combinação de apenas três elementos químicos, o carbono, o hidrogênio e o oxigênio, responsáveis pela composição química de cerca de 98% de cada organismo vivo daqui da Terra. Mas a vida, com efeito, é muito mais complexa do que a junção aleatória desses três elementos químicos. O inacreditável, inimaginável mesmo, é que esses três, e mais alguns poucos outros, relacionam-se e se combinam de tal forma que são capazes de gerar um organismo vivo, que funciona como uma supermáquina, que pode durar até cem anos ou mais. E aí é que reside o mistério da vida! Imagine um avião daqueles bem grandes, um boeing. Ele também é a junção de diversos átomos, de diferentes elementos químicos. Todavia, junte os mesmos elementos que compõem o avião, nas mesmas quantidades, e os coloque juntinhos. Espere para ver se eles vão formar um avião. É quase certo que não. Você, provavelmente, esperará centenas de bilhões de anos e eles nunca, jamais, formarão um avião.⁷ Portanto, aí está o mistério da vida. Aquilo que nos intriga e nos encanta não é tanto o fato de ter surgido do acaso de uma reação química na natureza, mas o fato de ter-se tornado tão complexa, a ponto de constituir o ser humano.⁸

A história da ciência relata que, até meados do século XIX, aproximadamente, acreditava-se na hipótese da geração espontânea, ideia apoiada por Aristóteles e pela Igreja. De acordo com essa teoria, todos os seres vivos poderiam originar-se a partir da matéria inanimada. Assim, especulava-se que poderiam surgir seres vivos a partir do meio ambiente comum. Pensava-se que ratos pudessem surgir espontaneamente da sujeira, e sapos, da lama. O médico e cientista belga Jan Baptista van Helmont (1577-1644), por exemplo, ensinava a produzir ratos, a partir de uma camisa suja junto a grãos de trigo (na verdade, os ratos são atraídos pela sujeira e pela comida). Naquela época, era comum a crença aristotélica da existência de uma “força vital”, presente na matéria inanimada.⁹ A teoria da geração espontânea, também chamada de teoria da abiogênese, só foi refutada após as experiências realizadas por Francesco Redi (1626-1697), Lazzaro Spallanzani (1729-1799) e Louis Pasteur (1822-1895), que, por meio de experimentos, evidenciaram o equívoco da teoria. Criou-se, então, em contraposição, a teoria da biogênese, em que se provou, no final, que um ser vivo só pode se originar de outro ser vivo. Vamos, então, acompanhar a jornada que decretou a morte da teoria da abiogênese e a vitória final e definitiva da teoria oposta, a da biogênese.

Um dos primeiros que pretenderam comprovar, em termos científicos, o equívoco da teoria da geração espontânea, foi o médico italiano Francesco Redi. Em 1668, discutia-se de onde vinham os vermes que infestavam a carne em estado de putrefação. Os adeptos da teoria da abiogênese acreditavam que eles surgiam da própria carne em decomposição. Redi, porém, passou a defender que os seres microscópicos (vermes) surgiam a partir dos ovos depositados pelas moscas na carne em putrefação. Para provar o erro da geração espontânea, Redi realizou o seguinte experimento: depositou pedaços de carne de animais mortos em dois grupos de recipientes. Um grupo com frascos abertos, de modo que as moscas pudessem entrar e sair livremente (e, assim, depositarem seus ovos). O outro vedado com gases, de modo que apenas o ar entrasse. O resultado foi o de que, nos frascos abertos, após alguns dias, surgiram vermes, enquanto, nos fechados, não surgiu verme algum. Com isso, Redi provou que a teoria da geração

espontânea estava errada, na medida em que ficou claro que os vermes surgiam apenas nos frascos que permitiam o livre ingresso das moscas que, dessa forma, podiam depositar tranquilamente seus ovos. Nos frascos fechados, onde elas não podiam penetrar, não surgiram vermes.

Os adeptos da geração espontânea, entretanto, não se deram por vencidos. Com efeito, em 1745, o inglês John Needham (1713-1781) ferveu, por cerca de meia hora, caldos nutritivos depositados em um frasco e, em seguida, vedou-os com uma rolha. Após alguns dias, abriu os frascos e verificou que eles continham micro-organismos. Supondo que a fervura havia matado todos os micro-organismos que existiam no caldo, concluiu que os micro-organismos detectados após a fervura só podiam ter surgido espontaneamente do próprio caldo. Para ele, o experimento era uma prova de que um ser vivo (um micro-organismo) poderia surgir da matéria bruta (do caldo). Da mesma forma, a experiência comprovaria a presença da “força vital” nas substâncias inanimadas. Assim, como se vê, a teoria da abiogênese não estava morta. Needham a ressuscitara!

Em 1770, todavia, o pesquisador e padre italiano Lazzaro Spallanzani criticou o resultado da experiência realizada por Needham. Para Spallanzani, Needham não fervera os frascos por tempo suficiente para matar os micro-organismos, presentes nos caldos. Para comprovar a hipótese, Spallanzani colocou caldos nutritivos em recipientes de vidro. Fechando-os, ferveu-os por cerca de uma hora. Após abri-los, não constatou a existência de nenhum micro-organismo, provando, assim, que Needham estava errado, ou seja, os caldos não eram capazes de gerar um ser vivo.

Needham não se conformou e argumentou que a fervura em excesso havia destruído a “força vital”, aquela substância misteriosa que continha o caldo, responsável pela geração de novos seres.

Spallanzani, então, refazendo os experimentos, mostrou que os caldos ainda eram capazes de gerar vida quando quebradas as bocas dos frascos e colocado o material em contato com o ar, demonstrando, assim, que a “força vital” não teria sido destruída pela fervura.

Needham contra-argumentou dizendo que, com a abertura dos recipientes, o contato com o ar fresco restabeleceu a “força vital” do caldo. O debate, como se vê, ficou inconcluso. Poderia ser verdadeira a hipótese de Needham? A hipótese de Needham fazia sentido. Para ele, o caldo continha uma “força vital” capaz de gerar um ser vivo. A fervura prolongada de Spallanzani havia destruído ou, pelo menos tornado inerte, a “força vital” contida no caldo, mas o contato com o ar fresco a fizera ressurgir. É, pode ser! Será? A verdade é que, no século XVIII, muitos ainda achavam que a matéria inanimada poderia conter, em seu interior, a tal “força vital”, responsável pela geração de novos seres.

As coisas estavam nesse ponto quando entrou em cena o gênio de Louis Pasteur, um cientista francês. Pasteur, em 1860, realizou o seguinte experimento: depositou caldos nutritivos em quatro balões de vidro. Aquecendo-os, dobrou os gargalos nos formatos de pescoços de cisne, mantendo suas bocas abertas. Em seguida, ferveu os frascos. Após alguns dias, observou que, em nenhum desses quatro recipientes, surgiram micro-organismos, apesar de eles estarem abertos, em contato com o ar. Quebrando o pescoço de dois deles, observou que, dias após, apareceram micro-organismos. A explicação científica: os micro-organismos presentes no ar ficaram retidos na curva do gargalo, que funcionava como se fosse um filtro, assim não podiam contaminar o caldo depositado no fundo dos frascos. Quando os pescoços de cisne eram quebrados, os micro-organismos podiam penetrar livremente e, dessa maneira, contaminar o caldo depositado no fundo dos frascos. Veja que, na experiência anterior, realizada por Spallanzani, Needham argumentara que o tempo de fervura havia destruído a “força vital” presente no caldo, que se restabeleceu com a abertura do frasco. Já no experimento de Pasteur esse argumento não pôde ser utilizado, porque os frascos permaneceram sempre abertos, em contato com o ar. Assim, a teoria da geração espontânea (ou abiogênese) chegava ao fim e era sepultada definitivamente pela ciência.

Após as experiências de Pasteur, os cientistas se voltaram ao problema fundamental da origem do primeiro ser vivo, que, obviamente, não pode ter surgido de outro. Havia apenas duas opções: ou o primeiro ser vivo que habitou a Terra surgira de Deus ou, então, da matéria inanimada. Era uma espécie

de teoria da geração espontânea (ou abiogênese) apenas para o primeiro ser vivo. Foi assim que os cientistas começaram a imaginar a realização de experimentos que pudessem comprovar a origem do primeiro ser vivo a partir da matéria inanimada, ou, em outras palavras, eles tentariam comprovar a origem do mundo “vivo” pelo “não vivo”, da biologia pela química. Era a vida surgindo da não vida.

As ideias científicas mais profundas sobre a origem da vida só surgiram no século XIX, com Thomas Huxley (1825-1895), sendo retomada e aprofundada posteriormente e de modo independente pelo bioquímico russo Aleksandr Oparin (1894-1980), em 1924, e pelo biólogo inglês, John B. S. Haldane (1892-1964), em 1929. Eles enfrentaram, pela primeira vez de forma mais científica, a questão da origem da vida, desenvolvendo a ideia de que, na ausência de oxigênio na Terra primitiva, a vida pode ter surgido naturalmente, a partir de reações químicas provocadas por descargas elétricas dos relâmpagos ou da incidência dos raios ultravioleta oriundos do Sol, já que não existia a camada de ozônio para proteção. Com efeito, Oparin e Haldane sabiam que a composição da atmosfera da Terra primitiva era bastante diferente da atual e imaginavam que reações químicas naturais pudessem ter ocorrido em algum local do planeta em consequência da incidência de raios ou da radiação ultravioleta do Sol.

A ideia deles foi testada em 1953 pelo americano Stanley Miller (1930-2007), seguindo as orientações do químico Harold Urey (1893-1981). Realizou-se a experiência, hoje famosa, com a construção de um aparelho que simulava as condições atmosféricas em que se supunha existir na Terra primitiva, fazendo incidir descargas elétricas que imitavam os relâmpagos, em compostos de água, metano e amoníaco (que se acreditava haver na Terra originariamente). Constatou-se, então, que dessas descargas surgiam naturalmente aminoácidos. A experiência foi importante, porque concluiu-se que da natureza podem surgir, a partir de reações químicas, os componentes essenciais da matéria viva, os aminoácidos. Como se sabe, os aminoácidos são os constituintes fundamentais das proteínas, estruturas macromoleculares que compõem nossas células e desempenham as mais relevantes funções no organismo. Desde essa época, tem-se repetido, com variações, a experiência, e resultados semelhantes têm aparecido. Assim, Urey e Miller realizaram o experimento que Oparin e Haldane gostariam de ter feito, provando que suas hipóteses eram passíveis de ser verdadeiras. Eles comprovaram que, da matéria não viva, podem surgir, em laboratório, componentes fundamentais dos seres vivos, presentes condições que simulem raios e radiação. Não era uma prova definitiva da forma como a vida surgira na Terra, mas apontava que o caminho percorrido pela não vida para chegar à vida pode ter sido semelhante ao traçado no experimento.

Na comunidade científica de hoje em dia, a hipótese mais provável para a origem da vida é a que ficou conhecida como “Mundo RNA”.¹⁰ A vida começou, provavelmente, com algo que conseguiu, pela primeira vez, replicar-se, ou seja, alguma coisa que produziu uma cópia de si mesma. É provável que esse ancestral de nossos ancestrais, o nosso parente mais longínquo, tenha surgido nos primeiros quinhentos milhões de anos da existência do planeta. As condições, como sabemos, da Terra, naquele estágio, eram bem diferentes das atuais.¹¹ Por volta de quatro bilhões de anos atrás, deve ter surgido, através de reações químicas espontâneas, em algum lugar de nosso planeta, uma molécula autorreplicadora. Essa molécula replicadora, assemelhada ao RNA de hoje, precedeu a todas as formas de vida. Passado o primeiro meio bilhão de anos de formação da Terra, só havia ele, o precursor do RNA. Ele é a origem de todas as formas de vida do planeta, das plantas aos animais. Todo o resto ocorreu seguindo-se uma das leis fundamentais da natureza: o processo de evolução pela seleção natural, descoberto por Darwin (e Wallace).

Mas por que o RNA e não o DNA? A resposta é que o RNA possui determinadas características vantajosas em relação à molécula de DNA. O DNA, como se sabe, só é capaz de se duplicar com a ajuda das proteínas. Já o RNA possui uma dupla característica: a capacidade de produzir cópia de si mesmo, e a capacidade de funcionar como enzima (catalizando reações químicas, como se fosse uma proteína), virtude da qual o DNA não é portador.

Através do processo de seleção natural, essa entidade replicadora, fundadora de toda a civilização, que chamamos de LUCA, evoluiu até chegar aos primeiros organismos assemelhados aos seres unicelulares procariontes de hoje, as bactérias (e as archaea), ou seja, a uma forma de vida mais evoluída, mas ainda bastante primitiva. Isso deve ter ocorrido entre 4 e 3,5 bilhões de anos atrás. A vida mais primitiva, portanto, estava a caminho há cerca de 4 bilhões de anos, obedecendo às regras da evolução pela seleção natural.

1. Da sigla em inglês para Last Universal Common Ancestor.
2. A biografia a que me refiro é considerada clássica pelos especialistas. Foi escrita por uma professora de Harvard, Janet Browne, catedrática de História da Ciência. No Brasil, foi publicada em 2011, em dois grossos volumes, pela editora da Unesp.
3. Aristóteles entendia, equivocadamente, que as espécies eram fixas e imutáveis.
4. Darwin discorreu apenas sobre a seleção natural. Hoje se sabe, porém, que a seleção natural não é o único mecanismo que causa a evolução. A deriva genética, que consiste na ocorrência de eventos aleatórios que mudam a frequência dos alelos presentes nos genes; e o fluxo gênico, que consiste na “transferência de alelos de uma população para outra, causado pela migração de indivíduos férteis ou de seus gametas”, são mecanismos que também podem causar a evolução. Todavia, como afirma Campbell & Reece, “A seleção natural é o único mecanismo evolutivo que conduz consistentemente à evolução adaptativa”, isso porque a “deriva genética pode aumentar a frequência de um alelo vantajoso, mas, do mesmo modo, (pode) levar ao decréscimo da frequência de um desses alelos. Da mesma forma, o fluxo gênico talvez introduza alelos vantajosos ou desvantajosos” (*Biologia*, 2010, p. 481).
5. *Entendendo Darwin*, p. 274.
6. Com efeito, para Campbell [et al.], a explicação de hereditariedade mais em voga durante os anos 1800 era a hipótese da “mistura”, a ideia de que o material genético doado pelos pais se mistura de maneira análoga em que o azul e o amarelo são misturados para obter o verde. Uma alternativa para o modelo da mistura é a hipótese de herança “particulada”: a ideia do gene. De acordo com esse modelo, os pais passam adiante unidades herdáveis separadas – os genes – que retêm suas identidades separadas na descendência (*Biologia*, 2010, p. 262)
7. Mesmo porque, de acordo com uma das leis fundamentais do Universo, a 2ª lei da termodinâmica, conhecida como lei da entropia, tudo, no Universo, caminha da “ordem” para a “desordem”. Talvez seja justamente por isso que nós morremos, afinal de contas, quando envelhecemos, nossas células tendem a se desorganizar, até o ocaso da morte.
8. O argumento da perfeição e da complexidade, às vezes, é colocado para repelir a teoria de Darwin. A ciência, contudo, entende que conseguiu refutá-los. Em nome de todos, cito Scott e Freeman (*Análise Evolutiva*, p. 98): “Em razão de percebermos perfeição e complexidade no mundo natural, a evolução por seleção natural parece desafiar a credulidade. Realmente, aqui há duas questões. A primeira é como as modificações aleatórias podem levar à organização. As mutações são eventos casuais; portanto, a produção de variação em uma população é aleatória. No entanto, a seleção dessas variantes, ou mutantes, é não aleatória: é direcionada no sentido do aumento da aptidão. E as adaptações – estruturas ou comportamentos que aumentam a aptidão – são o que percebemos como sumamente organizado, complexo ou, mesmo, perfeito no mundo natural”.
9. Aristóteles (ele mais uma vez) acreditava, equivocadamente, que a matéria inanimada continha uma “força vital” capaz de gerar um ser vivo.
10. Cowen (2013) p. 12: “O cenário que começa com ribozimas no Mundo RNA é atualmente a melhor hipótese para a origem da vida na Terra”.
11. Lembre-se de que, nos primeiros quinhentos milhões de anos de existência, a Terra ainda estava em processo de formação, sofrendo bombardeios constantes de meteoros vindos do espaço, e as rochas eram como larvas incandescentes de vulcões, em processo de solidificação. Por isso, é bastante improvável que a vida tenha surgido antes do primeiro meio bilhão de anos de existência de nosso planeta.

Capítulo 2

O PAI DE LUCA

Corria o ano de 1859. Um moço, à época com cinquenta anos, publicou *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (Sobre a origem das espécies por meio da seleção natural, ou a preservação de raças favorecidas na luta pela vida). O livro de Darwin, porém, ficou mais conhecido pelo título enxuto de *A Origem das Espécies*, e essa obra acabaria por se tornar o divisor de águas para a explicação científica da história da criação.

Darwin havia dedicado toda uma vida ao projeto de desvendar os mistérios que cercavam a origem e a evolução da vida. Enquanto menino, apreciava caçar com espingarda e colecionar besouros. Certo dia, havia pegado dois deles, um em cada mão, quando se deparou com um que muito lhe interessava. Não teve dúvida, colocou um dos que estavam em uma de suas mãos na boca e pegou o que por último lhe interessara, porém o besouro da boca soltou um veneno de sabor desagradável, levando Darwin a cuspi-lo imediatamente.

A paixão de Darwin pelas cavalgadas, pela natureza e pelas caçadas não conhecia limites, e seu pai advertiu-o seriamente, aborrecido com a falta de objetividade de Darwin quanto a seu futuro profissional – Você será um fracasso na vida e um desgosto para a família. As duras palavras do pai marcariam profundamente o jovem Darwin que, para sempre, se lembraria desse desabafo.

Darwin nasceu em 12 de fevereiro de 1809 na cidade de Shrewsbury, na Inglaterra. Era o quinto filho de um próspero médico da cidade, Robert Waring Darwin, que ganhava a vida com a medicina, com renda de aluguéis de imóveis e empréstimos a juros; e Susanna Wedgwood, filha de um rico fabricante de porcelanas. Ela nunca precisou trabalhar para sustentar a casa e os seis filhos.

Susanna morreu aos 52 anos, quando Darwin tinha oito, mas sua morte parece não ter abalado muito o filho, que teve o conforto das irmãs. Aos nove, foi mandado para estudar em um internato próximo (a 15 minutos de sua casa), o Shrewsbury School. Darwin não gostava do internato e, sempre que podia, dava uma fugidinha para casa, chamada de The Mount.

Aos dezesseis anos, para sua alegria, Darwin foi retirado do internato pelo pai e mandado para estudar em Edimburgo, capital da Escócia, porque o irmão, quase cinco anos mais velho, Erasmus Alvey, acabara de se formar em medicina pela universidade de Cambridge e Edimburgo era a cidade ideal para que ele se especializasse e fizesse cursos de capacitação na área médica. Assim, Darwin foi morar com o irmão em Edimburgo em outubro de 1825. A ideia era a de que ele, assim como o avô, o pai, o tio e o irmão, se tornasse médico. Ir para a tradicional faculdade de medicina da Universidade de Edimburgo representava um legado familiar, a repetição de uma trajetória que dera certo, trilhada anteriormente pelo avô e por seu pai. Chegando à universidade, Darwin matriculou-se em cadeiras específicas do curso (anatomia, cirurgia, prática médica etc.). Ao longo do primeiro ano em Edimburgo, porém, Darwin descobriu que não gostava de medicina. Ficou particularmente consciente disso a partir das aulas a que assistira de dissecação de cadáveres e também ao assistir a duas cirurgias no hospital de Edimburgo, na época em que não existia anestesia, especialmente uma muito dolorosa realizada em uma criança, provavelmente uma amputação. Após o proveitoso período de férias em The Mount, Darwin teve de retornar, triste e sozinho (o irmão já concluíra os cursos que se propusera em Edimburgo e seria mandado a Londres para mais um curso na área médica), para enfrentar mais um ano de faculdade. Ele, contudo,

intimamente, já sabia que não queria ser médico. Tinha de achar um jeito de contar isso ao pai.

O segundo ano de Darwin em Edimburgo começou em outubro de 1826, quando Darwin tinha dezessete anos, e serviu para que ele se dedicasse aos estudos de matérias ligadas à história natural, muitas vezes de forma extracurricular. Foi ficando cada vez mais claro para ele o desapontamento com a medicina, ao mesmo tempo em que se via dominar pela paixão pelo estudo da natureza. Darwin estava cada vez mais encantado e seduzido pela história natural. Aprendeu a empalhar pássaros com um escravo, John Edmonstone, fez curso de química com o professor Thomas Hope, de história natural com Robert Jameson e estudou zoologia marinha com Robert Grant.

Robert Grant, à época com 33 anos, também formado em medicina pela Universidade de Edimburgo, era um estudioso da história natural, principalmente da zoologia marinha. Foi um admirador e defensor das ideias do avô de Darwin, Erasmus Darwin, e de Lamarck, conhecidos transmutacionistas (que acreditavam que as espécies se modificavam ao longo do tempo). Darwin, a essa altura, já conhecia a teoria de Lamarck sobre a evolução, pois lera o livro *Système des Animaux sans Vertèbres* (1801), e, também, conhecia as mesmas ideias do avô, Erasmus Darwin, pois também lera o livro *Zoonomia* (1794), de modo que as conversas que travou com seu tutor, Robert Grant, sobre evolução não representavam nenhuma novidade.

Darwin conseguiu que o pai aceitasse que trocasse a medicina pela teologia. Contrariado, o pai lhe deu permissão para trocar o curso de medicina, da Universidade de Edimburgo, pelo bacharelado em Artes, da Universidade de Cambridge. A graduação em Artes era um exigência preliminar para a ordenação na Igreja Anglicana. Assim, Darwin ingressou no Christ's College, na Universidade de Cambridge, em janeiro de 1828, graduando-se em junho de 1831. Após um período de férias, ele planejava retornar a Cambridge para ingressar nos cursos específicos de Teologia que o credenciariam para exercer o sacerdócio. Darwin esperava tornar-se pároco no interior da Inglaterra. Essa não era uma carreira incomum, e muitos professores da Universidade de Cambridge, como John Henslow e Adam Sedgwick, também eram párocos.

Cambridge não era uma faculdade difícil e permitiu a Darwin muito tempo livre, que ele aproveitou cavalgando, caçando, principalmente aves (era um exímio atirador), colecionando e catalogando besouros pelas redondezas e estudando seres microscópicos (Darwin ganhou um microscópio de presente do amigo John Herbert em maio de 1831). Cambridge também ofereceu a Darwin a oportunidade de conviver com professores brilhantes. Um deles, que se tornou amigo íntimo, foi John Henslow, treze anos mais velho e professor de botânica. Darwin participou de longas caminhadas com Henslow, excursões em pântanos, onde pôde colocar em prática conhecimentos da matéria. Foi Henslow quem o indicou, mais tarde, para a viagem ao Beagle.

Nessa época, Darwin ficou fascinado com a leitura do livro de Alexander von Humboldt, narrando a expedição à Amazônia. Daí em diante, passou, ardentemente, a alimentar sonhos de fazer uma viagem semelhante. Planejou, assim como fizera Humboldt, uma viagem a Tenerife, nas Ilhas Canárias. Como preparação para a viagem, conseguiu, por intermédio de Henslow, que o professor de geologia de Cambridge, Adam Sedgwick, o permitisse a acompanhá-lo em uma expedição geológica ao norte do país de Gales. Foram dez dias bastante proveitosos, pois pôde receber treinamento de campo em geologia diretamente do mestre.

Ao retornar a The Mount no final de agosto de 1831, uma carta de Henslow o esperava. Henslow contava que o havia indicado para uma viagem a bordo do HMS Beagle ao redor do mundo. Darwin ficou fascinado. Apesar da empolgação, uma conversa com o pai, inicialmente refratário à ideia, persuadiu-o a desistir. Seu tio Jos, contudo, teve o importante papel de mediador e viu a viagem como uma oportunidade. O pai de Darwin, em pouco tempo, deixou-se convencer e passou a apoiar o projeto. Foi assim que Darwin embarcou a bordo do navio, em 27 de dezembro de 1831. Tinha 22 anos, e o capitão, Robert FitzRoy, 26. A viagem tinha natureza militar, destinava-se a estudos, principalmente

cartográficos, sobre a costa sul-americana. A função de Darwin era fazer companhia ao capitão e promover estudos ligados à área da ciência natural, principalmente de geologia, botânica e zoologia. A viagem durou quase cinco anos, dos quais dezoito meses foram passados a bordo e três anos e um mês em terra firme. Foram os anos dourados de sua vida. Quando embarcou, era um jovem inseguro, de 22 anos, acompanhado apenas pelo desejo de aventura e pela paixão pela história natural. Ao retornar, cinco anos mais velho, já sabia o que gostaria de ser, e a última coisa que queria era cuidar de uma comunidade religiosa no interior do país. Algo ligado ao estudo da natureza, das espécies, era o seu mais ardente desejo.

O navio não parou em Tenerife, como Darwin sonhara, para seu desgosto e decepção. A primeira parada foi na ilha de Santiago, do arquipélago de Cabo Verde. Nesse arquipélago, Darwin, que já vinha lendo o primeiro volume do livro *Principles of Geology*, de Charles Lyell, presente do capitão, decidiu que iria escrever um livro sobre a geologia do continente sul-americano.

A segunda parada foi uma breve visita às ilhas brasileiras São Pedro e São Paulo. De lá, rumou direto a Salvador, onde desembarcou em fevereiro de 1832. O que mais lhe chamou a atenção ao chegar, além, é claro, da luxuriante floresta tropical brasileira, foi a escravidão. Ele ficou escandalizado e revoltado com o fato de existirem escravos no Brasil. A próxima parada, Rio de Janeiro, em abril de 1832. Lá, Darwin alugou um chalé “em uma bonita vila a cerca de seis quilômetros da cidade”. Essa vila é, hoje, o bairro de Botafogo.

Quando Darwin chegou às ilhas Galápagos, já conhecia as ideias da evolução (chamada de transmutação à época) por causa das conversas que travara com Robert Grant, em Edimburgo, das leituras do livro de Lamarck e do avô, bem como a leitura que estava fazendo a bordo do Beagle do livro de geologia de Charles Lyell. Embora ciente dessas ideias, não revelou ter-se convencido de sua veracidade, mesmo após deixar aquelas ilhas.

Quando chegou de volta à Inglaterra, em outubro de 1836, estava convencido de que sua vocação havia mudado. Influenciado pela leitura do livro de Charles Lyell e pelas pesquisas de campo que fizera durante a viagem, Darwin estava particularmente interessado em geologia e pediu a Henslow que indagasse a Sedgwick se ele poderia indicá-lo como membro da Sociedade Geológica de Londres.

Darwin encarregou-se de escrever um livro sobre a viagem a bordo do Beagle, projeto prometido ao capitão FitzRoy como parte de um conjunto de três volumes. Darwin escreveu esse livro, cujo título era *Diário e Observações, 1832-1836*, entre janeiro e setembro de 1837, publicando-o somente dois anos depois, por causa da demora de FitzRoy em entregar sua parte. Posteriormente, desvinculou-se de FitzRoy e passou a publicar sua parte com um novo título: *Diário de Pesquisas sobre a Geologia e a História Natural dos Vários Países Visitados pelo HMS. Beagle*.

Entrementes, entre o final de junho e o início de julho de 1837, enquanto redigia o livro da viagem, comprou uma série de cadernos destinados a seus estudos e escritos. O caderno “A” era para a geologia. Havia outro para a zoonomia. Em um deles, intitulado caderno “B”, iniciou, finalmente, o que mais tarde seria o embrião do livro *A Origem das Espécies*. O caderno “B” era seu livro sobre a transmutação das espécies. Ele anotou no diário em julho de 1837: “Iniciei o primeiro caderno sobre a transmutação das espécies”. Foi nesse caderno e nessa época que ele rabiscou o famoso desenho de uma árvore ramificada, representando a evolução das espécies a partir de um ancestral comum. Oito anos depois, já havia escrito cinco cadernos sobre a transmutação das espécies.

A partir de 1837, contudo, enquanto pesquisava, conversava, fazia experiências, anotava, lia e escrevia sobre a transmutação das espécies, não se esquecia de seus outros livros. Além do livro da viagem, a essa altura já terminado, decidiu que publicaria, paralelamente, um livro de geologia e um de zoologia. Foram quatro anos de trabalho para ficar pronto o livro *A Zoologia da Viagem do H.M.S Beagle*; depois, mais cinco para o livro de geologia.

Começou a leitura do livro *Essay on the Principle of Population* (Ensaio sobre o princípio da

população), de Thomas Robert Malthus, em 28 de setembro de 1838. O livro foi como um farol a iluminar o caminho. Ao terminar a leitura, cinco dias depois, já esboçava a ideia do mecanismo da evolução - a seleção natural.

Um mês depois de haver tido a revelação da seleção natural, Darwin pediu à prima Emma em casamento. Ela aceitou. Darwin casou-se em 29 de janeiro de 1839, aos 29 anos. Emma tinha 30. Nesse mesmo mês, havia sido eleito membro da mais prestigiosa sociedade científica londrina – A *Royal Society*. No final do ano, em dezembro, nasceria o primeiro filho, William Erasmus e, em março de 1841, a primeira filha, Anne Elizabeth.

Em maio de 1842, em um surto de inspiração e vontade, escreveu trinta e cinco páginas de sua teoria a respeito da origem e transmutação das espécies. Era um esboço do livro *A Origem das Espécies*, que publicaria bem mais tarde. Perto do final do ano seguinte, iniciou a ampliação e o aperfeiçoamento do texto. Em julho de 1844, o manuscrito, com 230 páginas, estava pronto. Ele escreveu à esposa: “Acabo de concluir o esboço de minha teoria das espécies”.

Em agosto de 1842, adquiriu uma propriedade rural, que ficava a vinte e cinco quilômetros de Londres, chamada de Down House, mudando-se para lá no mês seguinte. Nesse mesmo mês, nasceu-lhe o terceiro filho, uma menina batizada de Mary Eleanor, que viveu por apenas três semanas.

Em novembro de 1844, leu o livro *Vestígios da História Natural da Criação*, publicado no mês anterior por um autor anônimo. Muito tempo depois, veio a saber que se tratava de Robert Chambers, um jornalista e editor de Edimburgo. Esse livro causou enorme repercussão na sociedade inglesa da época e despertou a crítica feroz dos religiosos. O livro continha toda a teoria das espécies de Darwin, tudo aquilo que cuidadosamente havia pesquisado e anotado, em uma linguagem mais panfletária e jornalística, sem o esmero e o cuidado de um livro técnico-científico, como o que Darwin se propusera a escrever. Preocupado com a repercussão negativa que o próprio livro poderia vir a causar e com medo de publicá-lo antes de se legitimar como um verdadeiro homem da ciência, Darwin decidiu investir em um projeto de um livro mais técnico e profundo antes de pensar em publicar o livro das espécies. Deixou, portanto, em banho-maria, aguardando o melhor momento para editá-lo. Decidiu, então, estudar as cracas, um minúsculo crustáceo. Ele sabia que isso iria adiar a publicação de seu livro das espécies: “As cracas adiarão meu livro sobre as espécies por um período bastante longo”. De fato, o livro das cracas demorou oito anos para ficar pronto.

Quando terminou, resolveu que era chegada a hora de, finalmente, retomar o livro das espécies. Em 9 de setembro de 1854, anotou no diário: “Comecei a organizar notas para a teoria das espécies”. Todavia a calma com que Darwin preparava o livro foi interrompida por uma carta enviada por Alfred Russel Wallace (1823-1913), da ilha de Ternate, pertencente às Índias Orientais Holandesas, que chegou pelos correios à Down House, em junho de 1858. A carta era um ensaio da teoria de Wallace que, em síntese, continha a mesma teoria da evolução por seleção natural de Darwin. Era como se fosse um resumo de sua teoria e do livro que estava empenhado em escrever havia vinte anos. Nessa carta, Wallace solicitava-lhe que enviasse o ensaio para apreciação de Charles Lyell. Após concluir a leitura, Darwin percebeu que Wallace havia descoberto, independentemente, sua teoria. Nas palavras do próprio Darwin: “No início do verão de 1858, o sr. Wallace, que então se encontrava no arquipélago da Malásia, enviou-me o ensaio *Sobre a Tendência das Variedades a se Afastar Indefinidamente a partir do Tipo Original*; e esse ensaio continha exatamente a mesma teoria que eu desenvolvia”.¹ A Teoria da Evolução das Espécies não podia mais ser mantida em segredo. Preocupados com o crédito pela prioridade da descoberta, os amigos de Darwin, Lyell e Hooker, decidiram publicar o ensaio de Wallace e um resumo da teoria de Darwin em conjunto. Assim, em 1º de julho de 1858, os trabalhos de ambos foram lidos em uma reunião da *Linnean Society*, em Londres, para uma plateia desavisada. Mais tarde, Wallace, que estava em trabalho de pesquisa em uma ilha distante, veio a saber do ocorrido e deu sua aprovação para a solução encontrada.

Depois disso, Darwin entregou-se à tarefa de concluir o livro das espécies. Tendo como base o longo

e detalhado ensaio, que preparava há anos, iniciou uma frenética atividade de resumir, cortar, revisar, aperfeiçoar, acrescentar e reescrever o projeto original. Treze meses depois, em 1º de outubro de 1859, estava pronto o livro *A Origem das Espécies*, publicado em Londres, em 24 de novembro do mesmo ano.

Faz mais de cento e trinta anos do falecimento de Darwin. Se vivo fosse, teria muitos motivos para comemorar e se orgulhar de seu trabalho. Com efeito, sua teoria resistiu aos ataques, enfrentou e superou as críticas, passou por todo tipo de testes e experiências e, mesmo em pleno século XXI, com o avanço técnico e científico, com todos os experimentos que foram feitos, provou-se verdadeira.

Capítulo 3

A CASA DE LUCA

Muitas razões geológicas foram propostas para supor que a Terra é uma mera crosta sobre uma massa derretida e fluida de rocha, e que os vulcões são apenas aberturas através dessa crosta. Charles Darwin (a bordo do Beagle, em 1835, após presenciar vulcões entrando em erupção, um terremoto e um tsunami). A vida orgânica sob as ondas sem fim nasceu e cresceu nas cavernas peroladas do oceano; as primeiras formas minúsculas, invisíveis às lentes, moviam-se na lama ou perfuravam a massa aquosa; elas, após gerações sucessivas, ganharam novos poderes e adquiriram membros maiores; de onde inúmeros grupos de vegetação surgiram e os reinos aeróbios das barbatanas, dos pés e das asas... O homem arrogante, que domina a horda animal, orgulhoso da linguagem e da razão, com a testa altiva despreza essa terra simples e se intitula a imagem de seu Deus; surgiu dos rudimentos da forma e dos sentidos um ponto embriônico ou um ser microscópico.

Erasmus Darwin (poeta, médico e avô de Darwin, em 1803).

A Terra é a casa da vida. A casa de Luca. A fisionomia da Terra mudou muito desde sua origem, há 4,6 bilhões de anos, e continua mudando, agora em um ritmo mais lento. Nem o mais iluminado dos profetas, porém, poderia imaginar que aquela grande bola de ferro e rocha incandescente pudesse algum dia se transformar no mais belo planeta do sistema solar.

A Terra é formada por placas tectônicas. Placas tectônicas são como imensos blocos de rochas juntos. Imagine-se pegando cinco pedras grandes de calçamento e pregando-as com cola umas nas outras.¹ Depois de fazer isso, polindo-as, procure dar ao todo uma forma aproximadamente esférica. Pronto. Essa é uma boa analogia com as placas tectônicas que formam a esfera terrestre. As placas tectônicas, contudo (assim como as pedras de calçamento), não possuem o mesmo tamanho e a mesma espessura, apesar de se encaixarem como molde (ou como um jogo de lego) umas nas outras.

Além disso, elas compreendem o assoalho oceânico. Isso significa que acima das placas podem estar tanto cadeias de montanhas e vulcões quanto colunas de águas (os mares da Terra). Também é preciso dizer que essas placas tectônicas (as pedras de calçamento) são apenas a ponta de um iceberg, porque flutuam sobre um líquido fumegante, viscoso e pastoso, como a lava de um vulcão, chamado manto terrestre, que se localiza entre a crosta e o núcleo da Terra.

Essas placas formam a camada superior de nosso planeta, como se fosse a casca de uma maçã. A crosta terrestre só não é tão parecida com a casca da maçã porque, diferentemente desta, possui espessura variada, de até quarenta quilômetros, aproximadamente, enquanto a casca da maçã possui espessura mais ou menos uniforme. Além disso, enquanto a casca de uma maçã é uma estrutura lisa e uniforme, a casca das placas possui vales e montanhas (por isso uma analogia melhor seria com a casca de um maracujá bem enrugado). Outra diferença seria que, enquanto a casca da maçã repousa sobre uma estrutura sólida (o interior da maçã), a crosta terrestre repousa sobre uma estrutura pastosa muito quente,

como a lava de um vulcão.

Enquanto flutuam sobre essa lava (que é uma massa derretida e fluida de rocha), as placas tectônicas podem chocar-se umas contra as outras, o que pode acarretar em terremotos, erupções vulcânicas e no surgimento de montanhas.²

O Brasil localiza-se no meio de uma placa tectônica. Se estivesse próximo à sua borda, seria mais vulnerável a abalos sísmicos ou ao vulcanismo. Os países situados em cima das junções de placas são mais expostos a terremotos e atividade vulcânica. É o caso do Japão.

Os geólogos afirmam que, em tempos mais remotos, as placas tectônicas estavam juntas, formando uma única placa, o que implica que os atuais continentes formavam uma só superfície de terras contínuas. Isso implica também que havia um único oceano.³ A placa de rocha única, entretanto, separou-se, formando os atuais continentes e os diferentes oceanos. A separação das placas continentais ao longo do tempo é um fenômeno chamado de deriva continental e ela continua a ocorrer no presente.⁴

As placas tectônicas são formadas por rochas, e os geólogos estimam que as rochas mais antigas da Terra datam de 3,8 a 4 bilhões de anos⁵, aproximadamente. Algumas rochas escondem um verdadeiro tesouro dentro delas: os fósseis.

Os fósseis são as marcas de vida do passado encontrados incrustados no interior de alguns tipos de rocha. Eles são bastante importantes na medida em que nos revelam como eram os organismos do passado, parte deles extintos, como no caso dos dinossauros e das formas anteriores da espécie humana. Ocorre que a fossilização é um fenômeno difícil de ocorrer e por isso é bastante rara na natureza. Os organismos mais primitivos, que continham apenas partes moles, são de difícil preservação e quase não deixaram vestígios. Paleontólogos afirmam que o registro fóssil está cheio de lacunas e revela apenas uma pequena parcela da variedade de espécies que algum dia habitaram nosso planeta.

A casa de Luca já passou por muitos perigos. São pelo menos cinco as grandes extinções, que mataram milhares e diversas formas de organismos. De fato, a história da evolução das espécies é marcada por períodos de extinção em massa que interferem diretamente nas regras da seleção natural. É que as extinções em massa são eventos globais, uma catástrofe de grandes proporções que se abate sobre o planeta, ou sobre uma região muito ampla dele, como uma colisão com um asteroide, uma mudança climática brusca e de grandes proporções, que ocasionam a morte de diversas espécies de plantas e animais. As extinções em massa matam indistintamente tanto animais selecionados pela natureza ao longo de várias gerações (os mais aptos, os dominantes) quanto animais que estavam condenados pela seleção natural a habitar nos recessos desimportantes da Terra, condenados a viver na sarjeta. Veja-se a tragédia que abateu os dinossauros. Naquela época, eles eram as espécies dominantes do planeta, habitando todos os espaços hoje ocupados pelos mamíferos. Estes, por sua vez, viviam nos lugares que sobravam ou que eram permitidos pelos grandes répteis, as sobras dos espaços dominados por esses grandes animais. Todavia, de alguma forma, foram eles os mais atingidos pela grande extinção provocada pela colisão com o asteroide. Os pequeninos mamíferos sobreviventes tiveram a sorte de herdar, por obra desse acaso, todos os ambientes deixados pelos grandes dinossauros e aí puderam estabelecer-se como a nova espécie dominante. Um dos ramos que mais tarde surgiu desses mamíferos, nós sabemos, foram os seres humanos. Assim, a natureza, em tempos de paz, digamos assim, comporta-se de acordo com as regras da evolução pela seleção natural, privilegiando organismos com as características mais adequadas a determinado ambiente. Quando ocorre um evento de extinção em massa, essas regras caem por terra, deixam de valer e de serem importantes. Fatores novos, como a sorte e o acaso, entram em cena e passam a ditar as novas regras, fazendo a tarefa que seria feita pela seleção natural. Os organismos que sobram da extinção, voltando-se aos tempos da normalidade, são reagrupados e reajustados, podendo, dali em diante, seguir seu curso evolutivo de modo mais previsível, contando-se, agora, com as leis normais da natureza: as regras da seleção natural.

Antigamente, dividiam-se os seres vivos em dois grandes reinos: as plantas e os animais. O avanço da ciência, entretanto, trouxe a descoberta de organismos que continham características difíceis de se enquadrarem entre esses dois ramos, como os fungos⁶, por exemplo. Atualmente, como já foi dito, a classificação moderna da árvore da vida divide os seres vivos em três grandes domínios: Bacteria, Archaea e Eukarya. As bactérias pertencem ao domínio das Bacteria; as archaea, ao domínio das Archaea; as plantas, os animais, os protistas, os fungos, ao domínio dos Eukarya⁷.

Os organismos surgidos na infância cósmica de nosso planeta tiveram de enfrentar duras condições ambientais, pois a Terra, em seu primeiro bilhão de anos de existência, não foi um ambiente nada acolhedor, porquanto inóspito, instável, carente de oxigênio, insalubre para os padrões de vida atuais. Mas sobreviver nessas condições desfavoráveis não é impossível, nem surpreende os cientistas de hoje. Com efeito, pesquisas que se vêm desenvolvendo recentemente apontam para uma miríade de diferentes tipos de micro-organismos capazes de sobreviver e se reproduzir confortavelmente em condições ambientais que no passado se supunha que nenhum ser vivo conseguisse suportar, como ambientes de pressões elevadíssimas (no fundo de oceanos, a dez quilômetros de profundidade), de temperaturas extremas (acima de cem graus centígrados ou abaixo de zero grau celsius), de acidez insuportável, com ph próximo de zero (capaz de dissolver metais), de alcalinidade extrema (ph acima de nove), suportando doses de radiação três mil vezes superior a que mataria um ser humano, nutrindo-se de substâncias tóxicas (ferro, enxofre etc.), vivendo no interior das rochas, de lagos tóxicos, de água ultrasalobra, sob quilômetros de gelo, de vulcões etc.

Esses micro-organismos, cuja maior parte pertence ao reino das archaea, são os mais parecidos com os descendentes de Luca, quando o planeta tinha a idade de menos de um bilhão de anos.⁸ Eles resistem e se sentem à vontade para enfrentar as mais duras condições ambientais, o que, para o resto da totalidade das plantas e dos animais, seria impossível. Esses ambientes, como próximos a chaminés oceânicas profundas, abaixo de camadas de gelo da Antártica, próximos a usinas nucleares com alto teor de radiação, dentro das rochas, são a prova de que a vida pode ter surgido na Terra mais cedo do que se imagina, talvez no primeiro meio bilhão de anos após seu surgimento. É possível, portanto, que algum organismo, cuja constituição se assemelhe às archaea de hoje, possa ter existido há quatro bilhões de anos.⁹

Há um período histórico bem demarcado pelos pesquisadores, em que pequenos organismos marinhos povoavam os oceanos. Esses organismos primitivos pertenceram à fauna de Ediacara e viveram há cerca de 575 milhões de anos. Constituem a primeira evidência da existência de animais no documentário fóssil. São fósseis minúsculos de pequenos organismos marinhos multicelulares de corpo mole, sem partes duras (esqueletos ou carapaças). Eles desapareceram há cerca de 530 milhões de anos, quando ocorreu a explosão do Cambriano.

Explosão do Cambriano¹⁰ é o nome de um fenômeno natural que ocorreu no mar há 535 milhões de anos, responsável pelo espalhamento e pela diversificação das formas de vida no planeta. Os mais propalados depósitos fósseis do período cambriano foram encontrados na China e na Columbia Britânica. Na China, eles foram localizados na província de Yuman e pertencem à biota de Chengjiang; e na Columbia Britânica foram encontrados nas proximidades da cidade de Field e pertencem à fauna de Burgess Shale. Todos eles são datados do período de aproximadamente 525 a 515 milhões de anos. Trata-se de artrópodes, moluscos, vertebrados e equinodermos. Durante esse período, surgiram várias espécies de animais marinhos com esqueleto e carapaças. É a partir daí que vários dos organismos que viveram nessa época deixaram fósseis capazes de identificá-los. Antes disso, os registros são muito escassos e difíceis de serem encontrados, provavelmente porque os restos que deixaram não se prestavam à fossilização. É bastante provável que os organismos que viveram antes da explosão do cambriano fossem compostos de partes moles, difíceis de se fossilizar. O período cambriano terminou em

uma extinção em massa.

A vida permaneceu marinha por cerca de três bilhões de anos e só se deslocou para a terra firme há menos de meio bilhão de anos. Na história da evolução das espécies, primeiro as plantas deixaram o mar e foram para a terra. Em seguida, foram os peixes que saíram do mar em direção à terra, provavelmente passando antes pela água doce dos rios e adaptando-se a esses ambientes. As razões pelas quais os peixes deixaram seu habitat foram, provavelmente, a fuga de predadores, a busca por alimentos ou, simplesmente, por obra e graça do puro acaso. O fato é que isso lhes permitiu que mais tarde se transformassem em anfíbios, depois em répteis e, por fim, em mamíferos terrestres.

Embora o período mais estudado da História da Vida na Terra seja o último meio bilhão de anos (a partir da explosão cambriana), muitos fenômenos importantes aconteceram antes desse período.

Aqui vamos apresentar um breve resumo dessas épocas que retratam, grosso modo, a evolução das formas de vida de nosso planeta.

Era Arqueana

Período: 4 bilhões a 2,5 bilhões de anos atrás

- No começo do período, cessa o bombardeio da Terra por cometas, asteroides e meteoros.
- Próximo ao fim do período, inicia-se a época da grande oxigenação do planeta.
- Origem da vida no início desse período.
- Vida na forma de micro-organismos procariontes unicelulares marinhos, provavelmente bactérias e archaea anaeróbicas.
- Evidência das formas de vida desse período deixadas em estromatólitos na Austrália e na África do Sul, datados de 3,5 bilhões de anos.
- Perto do final do período, por volta de 2,6 bilhões de anos atrás, registram-se fósseis de cianobactérias, responsáveis por parte da oxigenação do planeta.

Era Proterozoica

Período: 2,5 bilhões a 542 milhões de anos atrás

- A atividade de micro-organismos fotossintetizantes, as cianobactérias, que teve início no final do período anterior, continuou a oxigenar o oceano e a atmosfera terrestre.
- Surgimento dos primeiros organismos marinhos, além das bactérias e das archaea, que deixaram traços fósseis no assoalho oceânico.
- Por volta de 1,9 bilhão de anos atrás, surgem os primeiros organismos eucariontes marinhos.
- Por volta de 1,5 bilhão de anos atrás, surgem os primeiros fungos marinhos.
- Por volta de 1,4 bilhão de anos atrás, aparecem as primeiras algas marinhas.
- Por volta de 1,2 bilhão de anos atrás, tem início a colonização da terra através de vida microscópica, provavelmente algas vermelhas.
- Por volta de 1,1 bilhão de anos atrás, surgem os primeiros dinoflagelados.
- Por volta de 750 milhões de anos atrás, despontam os primeiros protozoários.
- Por volta de 700 milhões de anos atrás, manifestam-se os primeiros metazoários.
- Por volta de 543 milhões de anos atrás, surgem as primeiras esponjas marinhas.
- No final do período, o oceano estava repleto de vida na forma de archaea, bactérias, cianobactérias, algas, protozoários e esponjas.
- É durante esse período que viveram os organismos pertencentes à fauna de Ediacara, constituída de diversos micro-organismos de corpo mole, que deixaram impressões em rochas que um dia se encontravam no fundo do mar. Esses organismos são os precursores dos organismos pertencentes à fauna cambriana.
- A fauna de Ediacara foi descoberta em 1946, na Austrália, pelo geólogo Reginald Sprigg.

Posteriormente, animais pertencentes a essa fauna também foram descobertos em várias partes do mundo.

– Organismos multicelulares marinhos pertencentes à fauna de Ediacara começaram a aparecer a partir de 580 milhões de anos atrás.

Período Cambriano:

542 a 488 milhões de anos atrás

– Aparecimento de diversas formas novas de animais, como trilobites, equinodermos, braquiópodes, artrópodes, cordados, moluscos, crustáceos, vermes, peixes e corais.

– A diversificação animal foi tão expressiva que se passou a denominar esse período de “explosão” cambriana, que se constitui em um dos eventos mais importantes da História da Vida na Terra.

Período Ordoviciano:

488 a 444 milhões de anos atrás

– Esse período é marcado por um significativo aumento da vida marinha.

– Inicia-se a colonização do continente por animais (artrópodes).

– No final do período, por volta de 445 milhões de anos atrás, ocorre uma das cinco maiores extinções em massa por que o planeta já passou, extinguindo-se muitos filos de plantas e animais. Presume-se que metade da vida extinguiu-se por causa desse evento, que se atribui à glaciação.

Período Siluriano:

444 a 416 milhões de anos atrás

– Período marcado pela consolidação da invasão do continente por plantas e animais.

– Aparecimento das primeiras plantas vasculares.

– Aparecimento de novas espécies de peixes nos mares e nas águas doces.

– Surgimento dos primeiros animais com mandíbulas (peixes).

Período Devoniano:

416 a 359 milhões de anos atrás

– Período conhecido como a Idade dos Peixes, devido ao aumento e à diversificação das espécies de peixes.

– Diversificação e proliferação de plantas terrestres, que se originaram a partir de uma planta ancestral comum que habitava a água doce.

– Aparecimento das primeiras árvores.

– Aparecimento das primeiras florestas.

– Aparecimento das samambaias.

– Aparecimento dos primeiros insetos (sem asas).

– Aparecimento dos primeiros caranguejos.

– Aparecimento dos primeiros tubarões.

– Aparecimento dos primeiros tetrápodes (animais de quatro patas – os primeiros anfíbios).

– Datam desse período (365 milhões de anos atrás) dois dos fósseis de anfíbios mais famosos do mundo, encontrados incrustados em rochas na Groelândia. O Acanthostega e o Ichthyostega são, basicamente, peixes com pernas que habitavam beiras de rios.

– O final do período devoniano é marcado por mais uma extinção em massa. Estima-se que setenta por cento das espécies pereceram nesse evento catastrófico.

Período Carbonífero:

359 a 299 milhões de anos atrás

- Diversificação de insetos.
- Aparecimento de escorpiões e aranhas.
- Proliferação de vertebrados terrestres.
- Crescimento dos tubarões.
- Diversificação dos anfíbios.
- Aparecimento dos primeiros amniotas (vertebrados que põem ovos).
- Aparecimento dos primeiros répteis, sinapsídeos e diapsídeos.
- Proliferação das espécies de plantas e árvores.
- Continuação do desenvolvimento da vida nos mares e no continente.
- Continuação da ocupação terrestre por tetrápodes.

Período Permiano:

299 a 251 milhões de anos atrás

- Período marcado pela existência de um único continente (Pangeia) e um único oceano (Pantalassa).
- Brasil e África estavam ligados por uma só massa de terra contínua.
- Evolução dos répteis e anfíbios.
- Consolidação do crescimento dos répteis sinapsídeos, muito importante na evolução, porque são eles os precursores dos mamíferos terrestres.
- Diversificação dos peixes e tubarões.
- O Período Permiano termina com a maior extinção em massa por que o planeta já passou, quando pereceu noventa por cento da vida marinha e terrestre.

Período Triássico:

251 a 200 milhões de anos atrás

- Período começa após a mais devastadora extinção em massa que a Terra sofreu.
- Aparecimento dos primeiros dinossauros, por volta de 225 milhões de anos atrás.
- Aparecimento de crocodilos e tartarugas.
- Aparecimento dos primeiros mamíferos, por volta de 215 milhões de anos atrás.
- Período termina com uma nova extinção em massa.
- Os dinossauros e os mamíferos, de alguma forma, sobrevivem.

Período Jurássico:

200 a 145 milhões de anos atrás

- Período dominado pelos grandes dinossauros.
- Pequenos mamíferos, que se originaram no período anterior, vivem à sombra dos dinossauros gigantes.
- No mar, o plesiossauro e o ictiossauro.
- Na terra, o stegossauro, o braquiossauro, o diplodoco e o alossauro.
- No ar, o pterossauro.
- Foi a época em que viveu um dos mais famosos fósseis do mundo, o Archaeopteryx, achado em 1859, na Alemanha. Diz-se que sua característica é compatível com metade ave/metade dinossauro. É conhecido como um dos mais remotos ancestrais das aves modernas.

Período Cretáceo:

De 145 a 65 milhões de anos atrás

- Período marcado pela diversificação e consolidação dos dinossauros como a espécie dominante na Terra.

- Novos tipos de dinossauros evoluem, como o Triceratope, o Spinossauro, o Giganotossauro, o Iguanodon, o Velociraptor e o cinematográfico Tyranossauro Rex.
- Evolução das aves a partir de seus antepassados, dinossauros voadores.
- Mamíferos também se diversificam, embora ainda tenham tamanhos pequenos.
- No final do período, é dito que um grande meteorito caiu na península de Yucatan, no México, provocando o desaparecimento dos dinossauros, evento conhecido como a extinção K/T.
- Diz-se que a queda do meteorito, por si só, não foi suficiente para acarretar a extinção dos dinossauros. Eventos associados, como o bloqueio da atmosfera por gases expelidos pelo impacto e por erupções vulcânicas, teriam bloqueado a passagem dos raios solares, reduzido a temperatura, impedido a fotossíntese e impellido a drástica redução dos níveis de oxigênio atmosférico, causando, assim, a extinção dos dinossauros.
- De alguma forma, os pequenos mamíferos sobreviventes passaram a dominar o planeta e a ocupar o lugar deixado pelos poderosos dinossauros agora extintos.

Período Paleogênico:

De 65 a 23 milhões de anos atrás

- Diversificação e proliferação dos mamíferos, após a extinção dos dinossauros.
- Diversificação das aves.
- Aparecimento de nossa linhagem, a dos primatas, por volta de 60 milhões de anos atrás.
- Período em que se encontra um dos mais famosos fósseis de primata do mundo. Trata-se de Ida, o mais completo fóssil primitivo de um primata. Encontrado no sítio de Messel, na Alemanha, em 1983, Ida é considerada por muitos como um dos mais remotos representantes da ancestralidade humana. Ela media 57 centímetros, pesava por volta de 1,3 quilo e viveu em torno de 47 milhões de anos atrás. Era um primata vegetariano que vivia entre as árvores.
- Muitos dos filós de animais que vivem hoje surgiram durante esse período.

Período Neogênico e Quaternário:

A partir de 23 milhões de anos atrás

- Contínua diversificação de plantas, peixes, animais, aves e insetos.
- Na terra, os mamíferos passam a dominar o ambiente.
- Diversificação e evolução dos primatas.
- Aparecimento do gênero homo, o nosso gênero.
- Período marcado pelo achado dos mais remotos fósseis de ancestrais da espécie humana, a partir de 7 milhões de anos atrás.

1. São aproximadamente doze as placas tectônicas que formam o planeta Terra.
2. A Cordilheira do Himalaia, os Alpes, os Andes e o Monte Everest formaram-se dessa maneira.
3. Há 250 milhões de anos, essa placa continental única formava a Pangeia. Há 135 milhões de anos, ela separou-se em duas, formando ao norte a Laurásia e, ao sul, a Gondwana. A partir de 65 milhões de anos atrás, essas duas placas fragmentaram-se, iniciando-se a configuração que resultou nos atuais continentes.
4. Estima-se que as costas brasileira e a africana estão-se afastando uma da outra em cerca de dois centímetros por ano.
5. Cowen (2013) afirma que a rocha mais antiga da Terra foi datada em 3,85 bilhões de anos, enquanto o mineral mais antigo, um cristal de zircão, foi datado de 4,4 bilhões de anos.
6. Um cogumelo é um exemplo de um fungo. Não se classifica nem como planta, nem como animal, mas como um fungo! Assim como as plantas e os animais, pertencem ao reino dos Eukarya.
7. Protistas, juntamente com plantas, animais e fungos, são classificados como eucariotos; pertencem ao domínio Eukarya, um dos três domínios da vida... Os organismos da maioria das linhagens de eucariotos são protistas e a maioria dos protistas são unicelulares. Eles são mais diversos do que todos os outros eucariotos. Assim, a vida difere bastante daquilo que comumente pensamos. Os grandes organismos multicelulares que conhecemos tão bem (plantas, animais e fungos) são apenas pontas de poucos ramos na grande árvore da vida (Campbell et al. *Biologia*, 2010, p. 575-576, 598).
8. Há cientistas que defendem que as primeiras formas de vida na Terra surgiram nos primeiros 500 milhões de anos, na forma de seres extremófilos. É quase um consenso, porém, que há 3,8 bilhões de anos esses seres já existiam. Rastros de cianobactérias que formam estruturas denominadas estromatólitos são encontrados na Austrália e na África do Sul e são datados de 3,5 bilhões de anos. Cowen (2013) afirma que o mais antigo fóssil de um ser vivo achado na Terra é de um ser unicelular assemelhado a uma cianobactéria. Batizado de *Primaevifilum*, foi encontrado na Austrália e datado de 3,465 bilhões de anos.
9. Para Campbell [et al.], se comunidades microbiológicas complexas o suficiente para formar estromatólitos existiram há 3,5 bilhões de anos, é uma hipótese razoável que organismos unicelulares se originaram bem antes, talvez há 3,9 bilhões de anos (*Biologia*, 2010, p. 514).
10. Em comparação com os animais presentes no documentário fóssil anterior, a marca registrada da fauna do Cambriano é um aumento dramático do tamanho corporal, o surgimento de um exoesqueleto rijo e de partes corporais complexas, como os membros, e a diversificação das formas e da organização básicas dos corpos... A maioria dos filos animais hoje existentes apareceram pela primeira vez no documentário fóssil durante o Cambriano... Durante a explosão do Cambriano houve a evolução de uma variedade fantástica de planos corporais, tipos celulares e padrões de desenvolvimento... A explosão do Cambriano caracterizou-se pelo aparecimento súbito de animais grandes e morfologicamente diversos que nadavam, rastejavam ou se entocavam e que preenchiam uma variedade de nichos ecológicos em comunidades marinhas de águas rasas (Scott Freeman e Jon C. Herron, *Análise Evolutiva*, p. 697-698, 701 e 720).

Capítulo 4

COMO LUCA CRESCIU

Morando em uma cidade litorânea banhada pelo sol, costumo caminhar pela avenida à beira-mar. Nesse percurso, às vezes paro para comer tapioca com café, milho quentinho ou beber água de coco. Mal sabia, mas hoje sei, que, em algum dia no passado, nós cinco – a mandioca, o café, o milho, o coco e eu – éramos a mesma “pessoa”. A teoria que veio a confirmar (e provar) essa hipótese foi aquela descoberta por Darwin (e Wallace).

Evolução pela seleção natural é uma lei da natureza que Darwin descobriu e explicou de forma magistral. Mas o que é isso? Para explicá-la, vamos começar com três verdades que todos nós, mesmo sem sermos cientistas, somos capazes de perceber e com ela concordar. Primeira: os animais e as plantas, mesmo aqueles pertencentes à mesma espécie, variam; em outras palavras, eles não são iguais. Vamos ilustrar essa afirmação com exemplos: dois homens, João e José, não são iguais. Eles diferem em características morfológicas (pernas mais finas, braços mais curtos, pescoço mais forte, mais gordo, mais magro, branco, de cor, mais alto, mais baixo); fisiológicas (têm mais ou menos sede, necessidade de água, mais ou menos sono, mais alerta, mais lento, com metabolismo mais ou menos acelerado, com batimentos cardíacos mais intensos ou menos intensos, mais ou menos propenso a determinados tipos de moléstias, mais ou menos alérgico, mais ou menos susceptível a ataques de determinados tipos de vírus e bactérias, com tolerância ou intolerância ao leite, aos mariscos, a bebidas alcoólicas, a frutas cítricas); habilidades (para nadar, pular, levantar peso, correr, pedalar, saltar, cantar, pensar, contar piadas, manusear instrumentos, imaginar). Assim ocorre também não só com João e José, mas com Joana e Elizete, e com todos os animais e todas as plantas, inclusive os da mesma espécie. Assim, dois leões, duas zebras, dois jacarés, dois macacos, dois gaviões, duas aves de rapina, duas rolinhas, dois tucunarés, dois salmões, duas orquídeas, dois jacarandás, dois pés de limão, duas jabuticabeiras etc. A segunda verdade é esta: os organismos (mesmo os da mesma espécie) variam (são portadores de características diferentes) por causa da variação (diversidade) de combinação dos genes (não se preocupe com a definição agora, mais tarde explicaremos em que eles consistem) que existem em seus organismos. Portanto, genes diferentes ou combinações de genes diferentes resultam em características diferentes. Assim, as características diferentes (pernas mais finas, braços mais curtos, pescoços mais fortes...), que expusemos acima, devem-se ao resultado da presença de genes ou combinações de genes diferentes nos organismos. A terceira verdade: essas características são herdáveis, vale dizer, são transmissíveis de pai para filho. Do leão pai para seu filhote, da orquídea mãe para a orquídea filha, do tucunaré pai para o filho, da mãe para a filha... E, agora, vem a sacada genial de Darwin! Existe uma maneira, um segredo, para que possamos controlar a natureza. Podemos selecionar arbitrariamente as características que mais nos interessam. Vamos escolher, por exemplo, pernas mais finas e resistentes, porque temos a intenção de produzir maratonistas. Começamos com uma seleção aleatória de 2.000 exemplares de humanos, 1.000 homens e 1.000 mulheres jovens, em idade fértil, escolhidos através de sorteios aleatórios e proporcionais entre as diferentes nações do planeta (russos, americanos, árabes, judeus, brasileiros, australianos, espanhóis, etíopes, noruegueses, suíços, paraguaios, chineses, japoneses, indianos, ucranianos, turcos, canadenses, sérvios, franceses, italianos etc.). A partir de uma população aleatoriamente selecionada (através do sorteio – acaso), escolhemos aqueles (metade homens e metade

mulheres) com as pernas mais finas e resistentes (as características que nós buscamos selecionar), parecidas com aquele modelo de pernas vencedor de maratonas, a dos etíopes, e, em seguida, colocamos para cruzar (excluímos, portanto, as pernas tipo japonesas, grossas e curtas, porque imaginamos não serem eficazes para a necessidade desejada – a produção de exímios maratonistas). Dos descendentes desse primeiro cruzamento, fazemos uma nova seleção, excluindo mais uma vez deliberadamente aqueles que tenham herdado pernas mais grossas e curtas e promovemos novos cruzamentos somente daqueles que tenham herdado pernas mais finas e resistentes. A reprodução contínua dessa conduta ao longo do tempo (milhares de anos, centenas de gerações depois) terminará por produzir apenas homens e mulheres de pernas finas, embora fortes e resistentes, o modelo que almejávamos no início. Se, após esse procedimento repetido sequencialmente, observarmos a população resultante, digamos 500 anos depois, iremos ver novos 2.000 (1.000 homens e 1.000 mulheres), descendentes longínquos daquela população ancestral de 2.000 humanos que iniciara o experimento, com pelo menos uma característica completamente diferente da população original - a finura, fortaleza e resistência das pernas. O nome desse processo é evolução. No caso, evolução pela seleção artificial, a interferência do homem na natureza, ao escolher as características desejadas para o cruzamento.

Vamos explicar agora em que consiste a evolução pela seleção natural, ou seja, quando o homem não intervém. Quando o homem não intervém, é a própria natureza quem o faz, ou seja, a natureza, ou o meio ambiente, seleciona as características mais adequadas. Mais adequadas a quê? Mais adequadas à sobrevivência, ou, melhor dizendo, mais adequadas à melhor sobrevivência. Assim, se deixados à própria sorte, os organismos mais habilitados a determinadas tarefas ou a vencer determinados obstáculos exigidos ou impostos pelo meio ambiente serão os que terão mais chances de sobreviver, enquanto os menos hábeis ou aptos terão menos sorte e ficarão cada vez em menor número na população. A projeção desse fato ao longo do tempo acabará por produzir (selecionar) uma população com as características exigidas, ou, se você preferir, favorecidas, selecionadas ou impostas pela própria natureza (ou pelo meio). O nome desse processo, descoberto e propalado cientificamente por Darwin, é a evolução pela seleção natural. No caso específico, a natureza substitui o homem na seleção (na escolha ou preferência das características desejadas). Veja que, na natureza, pode ocorrer a seleção de diversas características ao mesmo tempo (por exemplo: pernas mais finas e pescoços mais grossos, ou pernas mais finas, pescoços mais grossos e pulmões com maior capacidade de oxigenação), a depender das demandas da própria natureza, ou das condições exigidas ou impostas pelo meio. A cumulação das diferenças ao longo do tempo, caso não haja contaminação de cruzamentos com as características indesejáveis, pode produzir diferenças entre as espécies a ponto até de não mais ser possível o cruzamento entre elas. Terá surgido, então, uma nova espécie.¹ Tem sido assim o que vem ocorrendo no planeta Terra desde o surgimento da vida, há quatro bilhões de anos.

O maior biólogo do século XX, Ernst Mayr² (1904-2005), costumava afirmar que a teoria de Darwin e Wallace representava a maior revolução intelectual experimentada pela humanidade. De acordo com esse processo, os seres vivos vão mudando aos poucos ao longo do tempo, adaptando-se às eventuais mudanças no meio ambiente que os cerca, produzindo descendentes que variam a cada geração, descendentes esses que são selecionados pelo meio: os mais aptos (adaptados) às mudanças sobrevivem; os menos aptos acabam por perecer na competição que se estabelece entre eles pela sobrevivência. Pela teoria darwiniana, as variações favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis a ser destruídas. De acordo com o pensamento de Darwin, a evolução é o resultado que se obtém quando uma população é submetida à seleção natural durante muitas gerações. A seleção natural (a sobrevivência dos mais aptos e a eliminação dos menos adaptados) é, portanto, uma lei da natureza, assim como é a gravidade.

Uma adaptação, na definição de Ernst Mayr, consiste em uma “propriedade de um organismo, quer seja uma estrutura, um traço fisiológico, um comportamento ou qualquer outro atributo cuja existência

favorece o indivíduo na luta pela sobrevivência”. Assim, para esse autor, “em cada geração, todos os indivíduos que sobrevivem ao processo de eliminação estão ‘adaptados’ e as propriedades que permitiram que sobrevivessem podem ser chamadas de adaptações”.³ Portanto, pode-se definir a evolução como a mudança que ocorre entre gerações de uma população de uma espécie. Uma questão importante é não confundir isso com as mudanças que ocorrem com as espécies no curso da própria vida. Como esclarece Mark Ridley⁴, “evolução significa mudança, mudança na forma e no comportamento dos organismos ao longo das gerações, mas não significa as alterações ao longo do desenvolvimento durante a vida de um organismo, pois evolução refere-se à evolução como uma mudança entre gerações, excluindo-se, aí, aspectos inerentes ao desenvolvimento”.

De fato, para Darwin, a evolução é um processo natural bastante lento e gradual, que só se percebe com o passar de milhares ou milhões de anos. Um dos autores de que me vali para escrever este livro, entretanto, Stephen Jay Gould, propôs, ao lado de Niles Eldredge, ambos do Museu Americano de História Natural, a tese do equilíbrio pontuado, que parece verdadeira, embora não tenha sido percebida por Darwin ou Wallace. De acordo com essa teoria, a evolução se caracteriza por longos períodos de estagnação (equilíbrio) interrompidos por breves períodos de rápidas alterações (evolução pontual). O que há é que espécies podem surgir em rápidas explosões, seguidos por longos períodos de equilíbrio. Assim, uma nova espécie pode surgir abruptamente, permanecer milhões de anos inalterada e, de repente, sumir catastróficamente. Essa tese só foi possível de ser posta à prova com o aparecimento e estudo dos registros fósseis, ramo da ciência hoje chamado de paleontologia, que não existia à época de Darwin. Com efeito, em muitos casos, os registros fósseis parecem abonar a teoria de Gould e Eldredge, porque são colhidas amostras de espécies que, de repente, a partir de uma certa data, aparecem, continuando a aparecer nos registros de milhares ou milhões de anos, e a partir de determinada época não são mais encontrados registros nas rochas daqueles fósseis. Eles foram extintos de repente, desaparecendo subitamente dos registros. Essa hipótese do equilíbrio pontuado é tida como verdadeira e acolhida por muitos eminentes pesquisadores nos dias de hoje⁵, contrariando, assim, a ideia que Darwin tinha de que a evolução das espécies ocorreria sempre de maneira lenta e gradual, ao longo de milhares de anos, e era assim que deveria aparecer no registro fóssil. Embora isso seja verdadeiro para boa parte das espécies que habitam ou habitaram nosso planeta, não o é para todas elas. Assim, de fato, em certos casos, algumas espécies parecem atingir um platô e daí as alterações passam a ser insignificantes. Isso ocorre principalmente quando o ambiente não muda ou muda pouco. Com o avanço tecnológico, os seres humanos são cada vez menos desafiados a se adaptarem a ambientes naturais diversificados, porque eles podem adaptar as condições em proveito de seu conforto. Assim, os humanos modernos podem ter atingido esse grau de “fenótipo ótimo” e estarem sujeitos a mudanças irrelevantes como espécies. Uma catástrofe epidemiológica, ambiental, ou uma nova colisão com um grande asteroide poderia alterar o quadro e exigir a seleção e evolução de um traço até então mantido escondido em nosso DNA. Portanto, podemos concluir que a natureza comporta duas ordens de explicações, ambas verdadeiras, a regra geral, fornecida por Darwin, do aparecimento e evolução lenta e gradual. E a outra, chamada aqui de exceção (a do equilíbrio pontuado), em que as espécies aparecem, permanecem inalteradas por milhões de anos e, de repente, somem. Veja que a teoria de Gould e Eldredge não anula a de Darwin. Apenas a complementa. Pelo equilíbrio pontuado, quando as novas espécies surgem de repente de outras já existentes, a maioria das mudanças ocorre nessa etapa (do surgimento), permanecendo inalterada a espécie por milhares de anos, tempo durante o qual podem surgir novas espécies. Mark Ridley tem uma explicação para isso:⁶ “se o ambiente é constante e não surge uma forma superior na população, a seleção natural manterá essa população como está. A seleção natural pode explicar tanto as mudanças evolutivas como a ausência de mudanças”.

Hoje já não se põe mais em dúvida a Teoria da Evolução, a ponto dos cientistas não mais a

considerarem como uma teoria, mas como um fato, alguns preferindo a nomenclatura *O Fato da Evolução*. Mesmo sabendo disso, vamos continuar empregando o termo consagrado e mais elegante: Teoria da Evolução.⁷

De acordo com Ernst Mayr⁸, a Teoria da Evolução de Darwin assenta-se em cinco premissas, a saber: 1) as espécies são mutáveis (teoria básica da evolução); 2) todos os organismos descendem de um ancestral comum (evolução ramificada); 3) a evolução é gradual (não existem saltos ou descontinuidades); 4) as espécies tendem a se multiplicar (a origem da diversidade); e 5) os indivíduos de uma espécie estão sujeitos à seleção natural.

Um detalhe importante a se apreender na Teoria da Evolução é o de que a seleção natural não é um processo aleatório, que ocorre ao acaso, como pensam alguns equivocadamente. O que é aleatório são apenas as mutações, que são transmitidas à prole. Scott Freeman e Jon Herron esclarecem esse ponto:⁹ “A mutação e a recombinação, os processos que geram a variação genética, são aleatórios [...]. Todavia, a seleção natural, o mecanismo que escolhe entre fenótipos e genótipos variantes, é o oposto da aleatoriedade. Ela é, por definição, a superioridade não aleatória, em sobrevivência e reprodução, de algumas variantes sobre outras. É por isso que a evolução por meio da seleção natural é não aleatória, pois, ao contrário, ela aumenta a adaptação ao ambiente”.

Há, na natureza, inúmeros exemplos da evolução acontecendo dia a dia, bem diante de nossos olhos. Com efeito, é isso que ocorre com aquelas plantas que produzem venenos para matar os insetos que querem devorá-las. Os insetos têm tentado resistir aos venenos, modificando-se ao longo das gerações; e nós temos produzidos novos venenos para matá-los, numa luta de gato e rato. Mark Ridley¹⁰ conta o caso de uma praga de besouros que foi atacada por pesticidas com DDT e que desenvolveu resistência ao inseticida em sete anos. Então, a praga foi combatida com outro tipo de pesticida, azinfosmetil, mas em cinco anos os besouros desenvolveram uma linhagem resistente. Mudou-se, dessa vez, para o carbofurano. Em dois anos os besouros estavam resistentes.

Existem vários exemplos da comprovação do processo evolutivo ocorrendo em espécies através de experiências feitas por pesquisadores ao longo do tempo. Um desses experimentos foi feito com percevejos. Essa pesquisa foi realizada por Scott Carrol e colaboradores.¹¹ Ele e sua equipe observaram que determinados tipos de percevejos alimentavam-se de sementes que se encontravam no fruto de folhas de plantas arredondadas cujo alcance demandava que os percevejos fossem dotados de um enorme bico. Com o tempo, foi introduzida na região uma nova espécie de folha, mais curta, cuja semente era alcançada com um bico bem mais curto. Em pouco tempo, desenvolveram-se novas linhagens de percevejos de bicos curtos perfeitamente adaptados ao novo tamanho das folhas. Os percevejos de bico curto eram descendentes, com modificações, dos ancestrais de bico longo. Essa experiência constitui uma prova viva do processo de evolução pela seleção natural.

Outro exemplo é o interessante fenômeno que ocorre na natureza, que consiste na capacidade que alguns organismos têm de imitar outros, com a finalidade de escapar do ataque dos predadores (camuflagem ou mimetismo). É o caso comprovado por Henry Bates de borboletas que tinham a capacidade de se tornarem idênticas àquelas outras de sabor desagradável. Os pássaros predadores se confundiam e deixavam de devorar as deliciosas borboletas pensando tratar-se daquelas intragáveis.

No mundo microscópico também isso é bastante comum. É o que acontece com os laboratórios farmacêuticos, que se esmeram em produzir venenos para matar as bactérias, que resistem. Aí novos venenos são inventados. No início, são muito eficazes em liquidar cepas de bactérias. Todavia algumas mutações aleatórias selecionam algumas bactérias, que sobrevivem. Elas se reproduzem e o resultado é que os antibióticos não conseguem mais matá-las. Surge então uma nova geração de antibióticos, que dura até que uma nova geração de bactérias consiga resistir a seus efeitos mortíferos.

Richard Dawkins cita uma experiência com bactérias que se alimentavam apenas de glicose, que

evoluíram em poucos anos para bactérias que se alimentavam também de citrato, por causa da carência cada vez maior da glicose nos experimentos.¹²

Outra experiência foi feita nos anos oitenta. Nela, os cientistas retiraram das bactérias um gene chamado galactosidase, cuja função era quebrar a molécula de lactose em dois açúcares, a glicose e a galactose, para fins de absorção pelo organismo. Sem o gene da galactosidase, as bactérias não conseguiriam absorver a lactose. Os cientistas, então, retiraram esse gene das bactérias e as colocaram em um meio, cuja única fonte de energia era justamente a lactose. Em pouco tempo, algumas das bactérias conseguiram metabolizar um outro gene capaz de exercer a mesma função do gene da galactosidase. Milhões de bactérias morreram, mas algumas, por causa de uma mutação aleatória, tiveram mais sorte e conseguiram adaptar-se à mudança no meio ambiente (que passou a ter apenas como única fonte de alimento a lactose). As bactérias que não conseguiram processar a lactose, através de outro gene adaptado para essa função, pereceram. As poucas que processaram a mudança, adaptando-se à nova situação, sobreviveram. Seus descendentes já nasceram com essa mudança genética, foram capazes de sobreviver nesse novo meio e passaram a ser maioria. Esse processo chama-se, justamente, Evolução pela Seleção Natural. Em síntese, foi isso que Darwin e Wallace descobriram.

Como se constatou acima, às vezes, principalmente com os micro-organismos, o processo de evolução pode ser muito rápido, porém a regra geral não é essa. A regra geral é que não percebemos as mudanças que ocorrem nas espécies ao longo de nossa vida. Um século (tempo máximo de vida do ser humano) representa pouco para mudanças perceptíveis nos organismos, contudo, se fôssemos bactérias, que têm um tempo de vida bem menor, poderíamos perceber a evolução acontecendo em tempo real.

A evolução também ocorre quando selecionamos os animais melhores à nossa comodidade, como as vacas que produzem mais leite, as de carne mais macia, as ovelhas que produzem mais lã, os cachorros mais fortes, mais rápidos, mais ferozes ou mais belos, os animais que dão mais cria, os cavalos que saltam mais alto, os passarinhos que cantam melhor, os gatos mais felpudos etc. Essa seleção se dá pela intervenção do homem ao incentivar a reprodução das raças com as características desejadas e excluir as que não lhes interessa. Nesse caso, nós selecionamos e separamos as características que mais nos interessam sob o ponto de vista estético, funcional ou comercial. Ao promover o cruzamento das raças cujas características mais nos interessam, ao longo de vários cruzamentos e de várias gerações, essas características desejadas serão as predominantes entre as espécies. É a seleção artificial, que também ocorre na agricultura, no cultivo das plantas e dos cereais, entre as espécies vegetais, na seleção dos frutos maiores, das uvas mais adequadas à produção de vinho, dos cereais mais puros, dos alimentos mais resistentes a pragas etc.

Muitos perguntam quais são as provas da evolução. Normalmente, a ciência apresenta as seguintes:

1) Estruturas vestigiais: nunca precisei saber para que servia o cóccix até que tive que ir ao médico queixando-se de dor. No consultório, indaguei-lhe para que servia o cóccix. Ele me respondeu que era a ponta do rabo do macaco que não utilizávamos mais. Esse é um exemplo de estrutura vestigial. Estruturas vestigiais são restos inúteis no organismo, que não desempenham função alguma, mas que servem como prova de que algum dia elas foram úteis, quando a espécie era outra. Outro exemplo são restos de ossos encontrados na pelve de algumas cobras, como as jiboias, que serviam como suas patas; ou pequenos ossos ocultos no interior das baleias, que constituíam as antigas nadadeiras. Há aves não voadoras, como o quivi, que mantêm uma estrutura vestigial em forma de ossos de uma pequena asa minúscula, que hoje não mais tem utilidade, servindo apenas para provar que elas são descendentes, com modificação, de uma ave ancestral que voava. Também existem peixes que passaram a viver em profundas cavernas submarinas, totalmente escuras, que ainda guardam traços de estruturas vestigiais daquilo que milhões de anos atrás foram seus olhos (hoje não mais necessários).

2) Fósseis: essa talvez seja considerada a prova mais evidente da evolução. Com efeito, inúmeros fósseis de espécies que já não mais convivem conosco vêm sendo achado a cada dia, abarrotando os museus de todo o mundo, como os esqueletos dos dinossauros e, mesmo, o dos macacos-homens. E os achados fósseis obedecem rigorosamente a uma cronologia. Eles são compatíveis com a seguinte sequência: primeiro vieram os peixes, depois os anfíbios, em seguida os répteis e, por último, os mamíferos. Isso significa que, nos estratos geológicos mais antigos, são encontrados fósseis de peixes. Depois, em estratos mais recentes, o de anfíbios. Em seguida, incrustados em rochas mais novas que as dos anfíbios, são encontrados esqueletos dos répteis. Nos estratos geológicos mais recentes é que se encontram fósseis de mamíferos. Já os esqueletos de homens-macacos são muito mais recentes. Até agora não se encontrou nenhum furo na teoria. Nunca foi achado um fóssil incompatível com a cronologia dessa sequência, como, se, por exemplo, amanhã encontrássemos no Brasil um fóssil de um ancestral do homem deitado com seu instrumento de caça ao lado de um dinossauro, fato que, se ocorresse, abalaria a estrutura da Teoria da Evolução. Outro dado que aponta a favor da Teoria da Evolução, no que diz respeito aos fósseis, é que eles são encontrados na mesma região geográfica em que espécies semelhantes ainda habitam. Em outras palavras, são achados fósseis de esqueletos de espécies que não mais existem, mas eles são achados na mesma região geográfica onde hoje habitam espécies parecidas anatomicamente com os esqueletos fósseis encontrados. Isso sugere que as espécies atuais são descendentes, com modificações, das espécies fósseis encontradas na mesma região geográfica. Um dos fósseis mais representativos encontrados pelos paleontólogos recebeu o curioso nome de Tiktaalik, que significa grande peixe de água doce, na linguagem dos esquimós que habitam essa região. Descoberto em 2004, no norte do Canadá, o Tiktaalik mede pouco mais de um metro e possui características comuns tanto de peixes quanto de répteis. Ele, provavelmente, é um ancestral comum entre essas duas espécies, que viveu há 375 milhões de anos. Assim como os peixes possuía escamas, nadadeiras e guelras e, assim como os répteis, tinha pulmão, pescoço flexível e nadadeiras capazes de sustentá-lo fora d'água. Ele é considerado pelos especialistas o ancestral de todas as espécies que deixaram o mar e conquistaram a terra firme. Outro fóssil muito famoso é o *Archaeopteryx*, uma forma de transição entre os dinossauros e as aves. Ele teve penas, como as aves, mas apresenta a estrutura esquelética de um dinossauro. Representa um membro de um dos ramos da árvore evolutiva que originou as aves a partir dos dinossauros.

3) Semelhanças anatômicas: quando se faz uma autópsia de um animal e se compara com outro, verifica-se que há muitas semelhanças em sua anatomia, apontando na direção de uma ancestralidade comum. Um exemplo muito citado é o da semelhança entre a barbatana de uma baleia, a asa de um morcego e o braço de um ser humano. Todos eles evoluíram a partir de um mesmo ancestral dos mamíferos e é por isso que seus músculos e esqueletos interiores são tão semelhantes, embora hoje exerçam funções específicas diferenciadas. Outro exemplo é o da semelhança na estrutura de pés e mãos de anfíbios, répteis, aves e mamíferos, que possui cinco dígitos, em muitas espécies até em desvantagem anatômica ou funcional. Eles possuem em comum o fato de terem cinco ossos nos dedos ou nas patas, indicando, assim, que podem ter se diversificado a partir de um ancestral que tinha essa configuração. Se você comparar também os ossos do braço e da mão de um homem com o de um cavalo, de uma toupeira, de um morcego, por exemplo, vai verificar que eles apresentam ossos homólogos, ou seja, sua estrutura e anatomia são parecidas. Todavia a função desempenhada por eles – para o homem segurar e agarrar, para o cavalo correr, para a toupeira cavar e para o morcego voar – é diferente. Ora, se esses órgãos homólogos tivessem sido criados por um projetista anatômico, cuja finalidade fosse maximizar o sentido anatomia/função, teria projetado ossos diferentes para desempenhar as funções requeridas, que são diferentes. A semelhança encontrada na anatomia dos ossos revela que essas diferentes espécies de animais dividiram, no passado, um ancestral comum, a partir de cujos ossos se diversificaram para

desempenharem funções distintas.

4) Semelhança nos embriões: a autópsia de embriões de diversas espécies animais e vegetais também revela que eles são bastante parecidos, apontando para a ancestralidade comum. Se você comparar, por exemplo, o embrião de uma tartaruga com o de um porco, vai verificar que eles são muito parecidos. Também comparando os embriões de uma cobra com o de uma galinha, um gato, um morcego e um homem irá verificar que são semelhantes. A explicação científica para isso é a de que eles descendem de um ancestral comum e o estágio inicial de desenvolvimento embrionário é capaz de revelar essa semelhança. No exemplo citado acima, quando examinados os fetos no início da gestação, impressionam suas semelhanças anatômicas. Todos eles, por exemplo, possuem uma cauda.

5) Evidências moleculares: por que praticamente todos os organismos se utilizam do mesmo código genético¹³, do mesmo processo de síntese de proteínas¹⁴, dos mesmos tipos de aminoácidos, da mesma forma de transmissão da herança? A resposta é que evoluíram de um ancestral comum que se utilizava desse código único. A universalidade do código genético se constitui em uma evidência da ancestralidade comum. Como diz Mark Ridley¹⁵, “as homologias moleculares, como a do código genético, agora se constituem nas melhores evidências de que toda a vida possui um único ancestral comum”. Como diz com propriedade Dawkins¹⁶, “o código do DNA é invariável para todos os seres vivos. Isso é mais uma evidência de que todo ser vivo descende de um único ancestral”. Ainda nessa linha de evidência molecular, pode-se contar o caso de que humanos, bonobos e chimpanzés guardam o mesmo defeito genético. Eles são portadores de uma anomalia no cromossomo 17, que pode causar doença genética. A identificação de uma anomalia no mesmo “locus” para humanos, bonobos e chimpanzés revela que eles mantiveram, no passado, um ancestral em comum, do qual herdaram essa anomalia genética na mesma posição. Ernst Mayr¹⁷ sintetiza assim as descobertas da biologia molecular: “o programa genético (DNA) não constitui em si mesmo o material usado para construir um novo organismo, contém apenas instruções (informações) para a fabricação das proteínas responsáveis pelo fenótipo [...] não só o código genético, mas quase todos os mecanismos moleculares básicos são os mesmos em todos os organismos, dos procariontes ao homem”.

Até agora vimos discorrendo sobre evolução! Mas deixamos de comentar um fato que Darwin não explicou, porque quis o destino que ele não conhecesse o trabalho de Mendel, apesar de haver sido elaborado na época em que Darwin vivia e trabalhava em sua teoria. A evolução é uma regra da natureza que se aplica a todos os seres vivos (plantas e animais). É uma lei que incide quando ocorre o evento. E esse evento é o nascimento. Quando a espécie (uma planta ou animal) nasce, sobre ela passa a atuar a lei da evolução pela seleção natural, como a radiação oriunda do sol. Mas o mecanismo interior que explica por que essa lei ocorre não foi explicado por Darwin. É como se soubéssemos da incidência da radiação solar e seus efeitos, mas não conseguíssemos explicar por que e como ocorre esse fenômeno. A explicação adveio somente com Mendel e as leis da hereditariedade.

Todos os animais são constituídos por átomos, pois, afinal de contas, tudo é constituído por eles. Não vamos descer a detalhes a ponto de falarmos sobre as leis que regem o comportamento das estruturas internas dos átomos. É suficiente sabermos que essas leis são estudadas por pessoas muito inteligentes cuja área de atuação se chama Física Atômica. Esses profissionais se dedicam a um reino de leis muito estranhas que, asseguro a você, leitor, não as entendo, portanto, não ousarei explicá-las! Os átomos, porém, em geral, reúnem-se (agrupam-se) com outros, formando moléculas. Por vezes, um mesmo átomo forma duas ou mais moléculas diferentes. Por exemplo, um átomo do elemento químico oxigênio, quando se junta com outro átomo de oxigênio, forma uma molécula da substância oxigênio (O_2), muito encontrada na natureza (o oxigênio que inalamos, juntamente com o nitrogênio e outros poucos gases), mas, quando

se juntam três átomos de oxigênio, forma-se uma substância diferente, o ozônio (O^3). É muito raro, portanto, encontrar um átomo livre na natureza. Veja, por exemplo, o caso do sal de cozinha. Uma molécula de sal ($NaCl$) é formada por um átomo de sódio (Na), que é um metal, mais um átomo de cloro, que é um gás venenoso. Esses átomos individuais não são encontrados livremente na natureza, mas a união deles (o sal) é extraída das salinas. O sal, que utilizamos para salgar nossos alimentos, em especial para preparar um saboroso churrasco, é uma molécula com propriedades completamente diferentes de seus componentes individuais. O álcool, o éter, o vinagre e o açúcar são compostos por três substâncias idênticas, ligadas em proporções diferentes – o carbono, o hidrogênio e o oxigênio. O grafite e o diamante são compostos pelo mesmo átomo: o carbono. A diferença entre eles reside exclusivamente na maneira como uns estão ligados aos outros. No grafite, as ligações dos átomos de carbono são mais esparsadas; enquanto no diamante essas ligações são mais compactadas. O carbono é ressaltado pelos químicos pela sua capacidade de combinação (ligação) com outros átomos, formando-se, assim, diversas moléculas. O carbono é tão importante em química que é responsável por uma grande divisão nessa disciplina, chamada “Química Orgânica” (que estuda os compostos que contêm carbono) e “Química Inorgânica” (cujos compostos não contêm carbono).

Voltando, porém, ao nosso assunto, na natureza são raros os átomos que ocorrem em estado isolado. Átomos agrupados podem formar moléculas ou íons. Íons são átomos ou grupos de átomos com carga elétrica. Um átomo é geralmente eletricamente neutro, porque o número de prótons [carga elétrica positiva(+)] é igual ao número de elétrons [carga elétrica negativa(-)]. Essas cargas se anulam e o átomo é tido como neutro (lembre-se de que o nêutron, presente no núcleo do átomo, não possui carga elétrica, não influenciando, portanto, na eletricidade). Ocorre que é comum o átomo ceder ou receber elétrons de outro átomo, tornando, assim, o número de prótons diferente do número de elétrons. Nessa hipótese, o átomo torna-se eletrizado, ou seja, passa a possuir carga elétrica, já que o desequilíbrio entre o número de prótons e o de elétrons torna-o positivo ou negativo, ou seja, eletricamente carregado. Quando isso acontece, diz-se que o átomo se transforma em um íon.

Coube ao prêmio nobel sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) a descoberta da existência de íons. Arrhenius verificou que algumas substâncias aquosas conduzem corrente elétrica e outras não. Por exemplo, água com açúcar não conduz eletricidade, mas água com sal conduz. A descoberta do que ficou chamado de “íon” foi um importante avanço para a química na medida em que, na época (1884), acreditava-se, ainda, na hipótese de Dalton de que todos os átomos eram neutros, isto é, não possuíam cargas elétricas.

Retomemos o assunto da combinação dos átomos. Vejamos o exemplo clássico da água, que todos sabem que é expressa pela fórmula H_2O . Isso significa que, para a formação de uma molécula de água, foi necessária a junção (combinação) de dois átomos de hidrogênio¹⁸ com um átomo de oxigênio. E basta aquecermos essa mesma água até a temperatura de ebulição (cem graus celsius) para que ela evapore ou, colocado de outra forma, para que ela se decomponha em hidrogênio e oxigênio. A molécula do gás carbônico (CO_2), por outro lado, é formada por dois átomos de oxigênio, com um átomo de carbono.¹⁹

Também o homem, utilizando-se dos conhecimentos químicos acumulados desde os alquimistas da Idade Média, promove, em indústrias e em laboratórios, a mistura de elementos químicos (átomos) para a produção de novos materiais. Um dos primeiros materiais feitos dessa forma foi o bronze, muito útil na produção de armas e ferramentas, um metal que não se encontra na natureza. Ele é produzido misturando-se, a altas temperaturas, o cobre com o estanho.

Em 1828, ocorreu uma coisa incrível. Pela primeira vez na história da ciência, os humanos conseguiram ultrapassar a linha divisória, até então intransponível, que separava a matéria de que compunha as coisas animadas, os seres vivos, da matéria bruta, que compunha as coisas inanimadas. Nesse ano, Wöhler conseguiu sintetizar, em laboratório, uma substância própria de um organismo vivo, a

ureia. Hoje, a abundância dos fármacos e a estupenda variedade de remédios que estão à disposição da humanidade nos permite refletir que, em um passado não muito distante, essa realidade parecia uma miragem dos alquimistas. Felizmente, a química moderna permite a síntese, em laboratório, das moléculas que compõem os organismos vivos, as moléculas orgânicas. Leia a bula dos remédios e você encontrará a prova disso.

Uma das coisas que diferencia a matéria viva da matéria não viva é que, na matéria viva, há certos átomos que existem em quantidades bem maiores do que aqueles existentes na matéria não viva, como o carbono, o hidrogênio, o oxigênio, o nitrogênio, o fósforo e o enxofre, na matéria viva. Com efeito, 96% de matéria viva é composta por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Os quatro por cento remanescentes ficam por conta do fósforo, enxofre, cálcio, potássio, sódio, cloro, magnésio e alguns outros, em ínfimas quantidades.

Dependendo do ser, milhões de átomos se unem para formar as moléculas constituintes dos seres vivos. E é a união de muitas delas (moléculas orgânicas) que formam uma célula. No livro *História do Universo*, dissemos que todo o Universo é composto por átomos. Neste livro, estamos discorrendo sobre a *História da Vida*, então temos de contar para vocês: todas as coisas vivas do Universo são compostas por células. Por isso, temos de saber: o que é uma célula? Se você buscar uma definição tirada dos livros de ciências vai encontrar algo como: a célula é a unidade básica estrutural e funcional de um organismo, o que nos deixa ainda mais curiosos e espantados! Mas o que é mesmo uma célula? A célula é a forma de vida mais simples que existe. E há seres vivos que são só isso, uma única célula. São chamados de seres unicelulares. É o caso daquele bichinho que todos nós conhecemos – a ameba. Nós, seres humanos, por outro lado, somos formados não por uma, mas por trilhões de células. O que é mais fascinante não é saber o que é uma célula, é saber que todos os organismos, por mais diferentes que eles sejam (e eles são), são compostos das mesmas unidades funcionais e estruturais básicas, que se repetem, seja em um leão, em uma cobra, em um homem ou em uma árvore. E mais fascinante ainda: todas as células funcionam através de um mesmo mecanismo, não importa quão diverso é o organismo vivo. Esse mecanismo é a forma de armazenamento e processamento das informações hereditárias, através do DNA. Um pouco mais adiante, entraremos nos detalhes desse mecanismo. Por ora, o que precisamos saber é que a célula é uma estrutura universal utilizada por todos os organismos vivos, os mais variados, quer sejam plantas, quer sejam animais. E que as células, por sua vez, utilizam-se de uma mesma molécula, o DNA, para processar e transmitir as informações hereditárias. Isso tem um significado muito especial. É a possibilidade (e os bioquímicos fazem isso) de se retirar um pedaço (uma sequência) de DNA de uma bactéria e inseri-lo em um animal (o homem, por exemplo) ou vice-versa. Esse material (DNA) bacteriano irá ser lido, copiado e interpretado corretamente pela célula humana, como se fosse o DNA do homem. Que coisa estranha, fantástica e maravilhosa, não? Mas essa é a realidade. É como a natureza funciona!

A célula é uma pequena unidade (cápsula) que compõe nosso corpo, medindo aproximadamente um décimo de milímetro, onde ocorrem os processos químicos fundamentais à vida. A célula, portanto, é a unidade básica da vida.²⁰ Há na natureza dois tipos básicos de células: as mais simples, chamadas de células procarióticas, que existem apenas em bactérias e archaea, e aquelas dotadas de estrutura mais complexa, chamadas de eucarióticas, que existem nos demais seres vivos, como nos protozoários, nas algas, nos fungos, nas plantas e nos animais. O ser humano, portanto, é eucariótico. A principal diferença entre uma célula procariótica (muito mais simples) e uma célula eucariótica (muito mais complexa) é a presença, nas eucarióticas, de um compartimento especial chamado “núcleo”, onde se localiza o material genético. Além disso, as células eucarióticas são dotadas de várias estruturas, chamadas de organelas celulares, que inexistem nas células procarióticas. No corpo humano, existem diversos tipos de células, que variam em formato, tamanho e em sua especialização, ou seja, nas tarefas que desempenham no organismo. Várias células formam o tecido e vários tecidos formam um órgão. O conjunto de órgãos

forma um sistema (sistema digestivo, por exemplo) e os vários sistemas formam, finalmente, o ser humano.

As características singulares de cada ser humano estão contidas no núcleo de cada célula, armazenadas em uma substância chamada de “ácido desoxirribonucleico”, também conhecido como DNA. Nos organismos mais simples, portadores de células sem núcleo (células procarióticas), esse material está contido no RNA (ácido ribonucleico), também no interior de cada célula.

Tanto o DNA quanto o RNA são compostos por combinações diferentes de apenas cinco tipos de elementos químicos: hidrogênio, oxigênio, carbono, nitrogênio e fósforo. 100.000.000.000.000 (cem trilhões), essa é a quantidade total aproximada de células que existem espalhadas pelo corpo humano. E, dentro do núcleo de cada uma delas, existe uma fita enrolada de DNA que mede, aproximadamente, dois metros de comprimento.

Foi apenas em 1944 que Oswald Avery descobriu que o material genético estava contido no DNA e não em proteínas, como se pensava até então. Posteriormente, após os estudos de Rosalind Franklin, foi desvendada a estrutura do DNA pelo americano James Watson e pelo britânico Francis Crick, do laboratório Cavendish, da Universidade de Cambridge, na Inglaterra, em trabalho publicado no dia 25 de abril de 1953 pela revista *Nature*, que rendeu aos dois o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1962.

A molécula de DNA está disposta em uma forma de fita dupla, uma dupla hélice, como uma escada, em forma de caracol, enrolada dentro de estruturas chamadas de cromossomos. São enrolados dentro dos cromossomos por causa da ação de proteínas que desempenham justamente esse papel (de enrolar as moléculas de DNA), a ponto de, mesmo medindo cerca de dois metros, se esticadas fossem, caberem dentro de cada célula.

O DNA é o principal componente dos cromossomos. Estes, por sua vez, são estruturas em forma de filamentos enrolados em que as moléculas de DNA em forma de dupla hélice se unem a diversos tipos de proteínas. Visualmente, são muito parecidos com aqueles fios pretos de telefones antigos, que ficavam enroladinhos. Os seres humanos possuem um conjunto de 46 cromossomos, dentro do núcleo de cada uma das cerca de cem trilhões de células que abriga²¹, 23 herdados do pai e 23 da mãe. Desses 46, dois são especiais, são os cromossomos sexuais, chamados de gametas masculino e feminino. Os gametas, portanto, são “a única ligação física entre as gerações”. Então, é assim que funciona: dentro do núcleo de cada célula do corpo humano (à exceção de algumas células especiais), encontramos o material genético responsável pela transmissão das características hereditárias a seus descendentes. Essas características estão armazenadas em forma de código (o DNA), que se encontra em estruturas filamentosas chamadas de cromossomos. Cada célula possui 23 cromossomos herdados do espermatozoide do pai e 23 do óvulo da mãe, totalizando 46 cromossomos. Destes, dois são especiais, os cromossomos sexuais masculinos, contidos no espermatozoide, e femininos, contidos no óvulo. Os cromossomos especiais, os gametas masculino (espermatozoide) e feminino (óvulo), são células cujo núcleo só contém 23 cromossomos. Quando, na relação sexual, o espermatozoide (com 23 cromossomos) fecunda o óvulo (com 23 cromossomos), forma-se o ovo ou zigoto (com 46 cromossomos). Algum dia, em nosso primeiro dia de vida antes do nascimento (ou de nossa expulsão da placenta), fomos uma única célula (invisível a olho nu), o ovo ou zigoto, formada por 46 cromossomos.

Assim, cada cromossomo que existe em seu corpo foi herdado de forma integral, intacta (sem mistura) ou de seu pai ou de sua mãe. Vinte e três foram herdados do pai e 23 da mãe. Essa forma de herança de material genético (metade do pai e metade da mãe) confere maior flexibilidade às espécies e representa um benefício considerável na medida em que facilita sua adaptação a diferentes ambientes. Afinal de contas, possuir dois códigos genéticos diferentes (um do pai e outro da mãe) nos dota de uma maior flexibilidade para lidar com um meio ambiente em constante alteração, conferindo mais variabilidade genética aos descendentes.

Uma vez transmitidos os caracteres hereditários ao novo ser, ele terá de viver por conta própria e, para que isso ocorra, metabolizará proteínas necessárias ao funcionamento do organismo. Quando falamos em proteínas, a primeira coisa que nos vem à mente são os alimentos que as contêm: a carne, o leite, o queijo, o ovo etc. As proteínas são macromoléculas formadas por muitas moléculas menores, os aminoácidos. Estes, por sua vez, são formados, essencialmente, por carbono, oxigênio, nitrogênio e hidrogênio, podendo também conter enxofre. Existem apenas vinte tipos de aminoácidos que podem participar da formação das proteínas. Algumas proteínas são produzidas em nosso próprio corpo, a partir do DNA, sendo chamadas de proteínas naturais; outras temos de adquiri-las de fora (dos alimentos, em especial os mencionados acima), são as chamadas proteínas essenciais. O processo de produção de proteína no corpo ocorre, grosso modo, assim: O RNA copia a parte do DNA necessária à produção da proteína. É mais ou menos a mesma coisa que acontece quando copiamos um CD, DVD ou gravamos algo do *hardware* do computador para o *pen-drive*. O que é copiado é a fórmula ou o código para a produção da proteína. Essa parte do DNA é chamada de gene. Gene, portanto, é a parte da molécula de DNA utilizada para a produção (ou a síntese) de determinada proteína. Em seguida, o RNA leva esse código ao local apropriado na célula para a produção da proteína, no caso, os ribossomos, que ficam fora do núcleo da célula. E o que fazem as proteínas em nosso corpo? As proteínas são responsáveis por dar vida (colocar em ação) a informação estocada no DNA e transmitida para elas pelo RNA. A proteína representa o código genético em funcionamento. Se o DNA é a ideia, a proteína é a ideia em ação, em funcionamento. Se o DNA é a teoria, a proteína é a prática. O DNA é a lei. A proteína é o cumprimento dessa lei. Elas são responsáveis por diversas atividades metabólicas e também servem como constituintes essenciais de diversas partes do organismo. Além disso, proteínas especiais, chamadas de enzimas, desempenham uma função essencial em nosso corpo, que é a de acelerar e facilitar as reações metabólicas. São as chamadas funções catalíticas (ou de catálise).

A informação necessária à produção das proteínas é uma via de mão única. Ela percorre o caminho sempre em um único sentido: DNA-RNA-Proteína. Nenhuma informação volta da proteína para o DNA e é, por essa razão, que se diz que não existe herança dos caracteres adquiridos, como equivocadamente pensava Lamarck, pois, como afirma Ernst Mayr²², “é o fenótipo que é exposto à seleção natural, não os genes individuais [...] As propriedades adquiridas pelas proteínas do fenótipo não podem ser transmitidas para os ácidos nucleicos das células germinativas. Não existe herança de caracteres adquiridos”.²³

A célula pode dar à luz um filho ao se reproduzir, formando assim uma cópia de si mesma (diferentemente do que acontece com a geração de filhos em humanos, é uma cópia idêntica à da mãe). Ao formar uma cópia de si mesma, ela também copia seu DNA. O normal é que essa cópia seja feita com perfeição, entretanto, erros involuntários (aleatórios) podem ocorrer.²⁴ Quando isso acontece, dizemos que houve uma mutação. A mutação faz que a célula filha não seja idêntica à sua mãe. Mutação, portanto, é um erro de duplicação do DNA. Esse erro ocorre assim: O DNA é uma sequência ordenada de combinação de quatro letras: (A) adenina, (G) guanina, (C) citosina e (T) timina. Elas possuem o nome esquisito de bases nitrogenadas, mas são compostas por átomos de nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e carbono organizados de forma a diferenciar cada uma dessas bases, a ponto de atribuímos nomes diferentes a elas. O que diferencia uma base da outra é a forma como esses átomos estão ligados uns aos outros e a quantidade de cada um deles nessas bases. Assim, a base adenina (A) possui cinco átomos de nitrogênio e três de hidrogênio; a guanina (G) possui cinco átomos de nitrogênio, quatro de hidrogênio e um de oxigênio; a citosina (C) possui três átomos de nitrogênio; três de hidrogênio e um de oxigênio; e a timina (T) possui dois átomos de nitrogênio, cinco de hidrogênio, dois de oxigênio e um de carbono. Um gene é um pedaço da molécula de DNA que corresponde a uma proteína. Cada gene é uma sequência específica dessas letras, por exemplo: ACTGACTG. Quando ocorre uma mudança na ordem (sequência) dessas letras, dizemos que se deu uma mutação gênica, genética, uma mutação nos genes. Como esclarece

Scott e Herron,²⁵ mutação é qualquer tipo de mudança na sequência de bases do DNA. “Uma mutação é qualquer mudança no DNA. Os genes são feitos de DNA; portanto, as mudanças no DNA originam mudanças nos genes”. A mutação (transformação aleatória nas letras do DNA) se constitui, porém, na matéria-prima da evolução, ou seja, os organismos só evoluem por causa das mutações celulares. A evolução, portanto, deve-se a alterações nos genes, contudo, como lembra Mark Ridley,²⁶ “as mutações podem ocorrer em qualquer célula, mas as mutações mais importantes para a Teoria da Evolução são as que ocorrem na produção dos gametas. Essas mutações são passadas para a prole, que pode diferir dos progenitores devido às mutações”. Na maioria das vezes, as mutações são corrigidas internamente na célula pelo nosso organismo, incluindo ainda processos de autocontrole por meio da morte programada da célula (como uma espécie de piloto kamikaze), porém nem todo mecanismo é perfeito. Às vezes, ocorrem falhas e mutações podem não ser reparadas. Nesse caso, as mutações se incorporam definitivamente no DNA, que passa a ser replicado com a versão mutante.²⁷ Em alguns casos, essa versão mutante não produz mudanças (nem melhoras nem pioras) no organismo modificado. Com efeito, boa parte das mutações que ocorrem nas células de nosso organismo são neutras, isto é, nem nos prejudicam nem nos beneficiam. Parte delas, contudo, pode nos ajudar a vencer a “competição” que existe entre todos os organismos na luta pela vida.²⁸

Como o meio é rico e variado, pode ser que uma mutação venha a coincidir com a necessidade exigida pela natureza ou pelo meio como um fator positivamente desejado (selecionado). Se isso ocorrer, estamos diante de uma adaptação favorável, que será prestigiada pela seleção natural. Com o passar das gerações, os organismos portadores da mutação selecionada estarão em muito maior número que os não portadores. Isso é a seleção natural, é a natureza agindo por conta própria, seguindo-se uma lei geral, uma lei geral da natureza.²⁹

Esse é o ponto a que desejamos chegar, o ponto que Darwin não conhecia. A explicação para a ocorrência da evolução pelo mecanismo de seleção natural encontra-se no erro, um erro aleatório, um erro não direcional, um erro de mutação.³⁰ Assim, a mudança molecular (no gene) ocorre ao acaso, fruto de um erro aleatório. Ocorre que a natureza, através do processo de seleção natural, tenderá a favorecer a mudança (portanto, um processo não aleatório), fruto daquele erro que mais se ajusta à necessidade exigida (por exemplo, sobreviver em um ambiente cada vez mais anóxico, mais quente, mais frio, ultrapassar um rio caudaloso, enfrentar antibióticos e sobreviver a eles – no caso das bactérias etc.).

A compreensão do processo de mutação dos genes era a peça do quebra-cabeças que faltava para completar o quadro da evolução iniciado por Darwin. Por isso é tão necessária a união Darwin/Mendel. São estruturas que se complementam. Uma explica a outra e uma, sem a outra, fica incompleta. Portanto, aqui está o final da história. As espécies evoluem ao longo de gerações através do processo de evolução pela seleção natural, que ocorre por causa de erros de mutação de genes que se localizam no interior das células.

1. O surgimento de uma nova espécie chama-se especiação. Quando a especiação ocorre com separação geográfica entre as espécies, chama-se especiação alopátrica. Quando não ocorre a separação geográfica, chama-se especiação simpátrica. Vamos reproduzir aqui um exemplo famoso de especiação alopátrica. É o caso dos grilos. Ocorre quando um curso d'água novo separa os grilos que habitam determinada localidade. Assim, esses dois grupos de grilos, que antes compartilhavam o mesmo hábitat, passam agora a viver separados. Com o passar do tempo, as mutações de cada grupo de grilos não mais serão partilhadas pelo cruzamento e os genes de cada grupo acabarão por se diferenciarem. Se o tempo em que os grilos ficarem separados for muito grande, pode ocorrer que quando eles voltarem a se encontrar (quando o leito do rio secar, por exemplo), não mais será possível o cruzamento entre as espécies. Terão surgido, portanto, duas novas espécies de grilos, espécies essas que, no passado, compartilharam um ancestral comum (o único grupo de grilos existente antes da separação).
2. *O que é a evolução*, p. 29.
3. *O que é a evolução*, p. 181 e 182.
4. *Evolução*, p. 28. Para esse autor ainda (p. 43), “evolução significa descendência com modificações ou alteração da forma, da fisiologia e do comportamento de organismos ao longo de muitas gerações de tempo. As mudanças evolutivas dos seres vivos ocorrem em um padrão arbóreo ramificado de linhagens”.
5. Em nome de todos, Campbell [et al.]: O registro fóssil inclui muitos episódios em que novas espécies aparecem repentinamente em um estrato geológico, persistindo essencialmente sem mudanças em vários estratos e depois desaparecendo [...]. No padrão pontuado, novas espécies mudam consideravelmente logo que se separam da espécie ancestral e depois mudam pouco no resto de sua existência (*Biologia*, 2010, p. 502).
6. *Evolução*, p. 105.
7. Afirmou Ernst Mayr, “A partir de Darwin, cada vez mais fatos compatíveis apenas com o conceito de evolução foram descobertos. Por fim, foi reconhecido por quase todos que a existência da evolução era apoiada por uma quantidade tão significativa de evidências que ela não podia mais ser chamada de teoria. Já que era tão bem sustentada por fatos quanto o heliocentrismo, a evolução também teve que ser considerada um fato, como o heliocentrismo” (*O que é a evolução*, p. 33). Mais à frente no livro, às páginas 303 e 313, afirma que hoje em dia não faz mais sentido falar em teoria de evolução, mas em fato da evolução. Também comunga desse pensamento Richard Dawkins, “não vivemos o suficiente para ver a evolução acontecer diante dos nossos olhos”, mas “os recursos para as inferências que levam os cientistas ao fato da evolução são muito mais numerosos, mais convincentes, mais incontroversos do que qualquer depoimento de testemunha ocular jamais usado em qualquer tribunal e em qualquer século para estabelecer a culpa de um crime” (*O maior espetáculo da Terra*, p. 27). Pensa assim também Stephen Jay Gould. Na introdução que escreveu para o livro de Carl Zimmer, afirmou: “A evolução, conceito organizador básico de todas as ciências biológicas, tem sido igualmente confirmada até um alto grau e portanto pode ser considerada como verdadeira ou factual” (*O livro de ouro da evolução*, p. 9).
8. *O que é a evolução*, p. 113.
9. *Análise Evolutiva*, p. 93.
10. *Evolução*, p. 147e148.
11. *Análise Evolutiva*, p. 40 e 41.
12. *O maior espetáculo da Terra*, p. 114-130.
13. O código genético é o mesmo para praticamente todos os organismos. Composto das mesmas substâncias químicas, utilizando-se de material comum universal – o DNA (e o RNA).
14. O processo produtivo das proteínas (a maneira como elas são feitas e as etapas que têm de percorrer) é praticamente idêntico em todos os organismos.
15. *Evolução*, p. 82.
16. *O maior espetáculo da Terra*, p. 295.
17. *O que é a evolução*, p. 311 e 312.
18. O Hidrogênio é encontrado em três formas: hidrogênio, deutério e trítio. O hidrogênio possui um próton (não possui nêutron). O deutério possui um próton e um nêutron. O trítio possui um próton e dois nêutrons. Como o que define o elemento químico é o número de prótons, tanto o deutério quanto o trítio são formas de hidrogênio (mais pesados que o hidrogênio comum). Melhor seria, talvez, chamá-los, então, de hidrogênio II e III, porque senão alguns podem pensar, equivocadamente, que o deutério ou o trítio são outros átomos (elementos químicos), mas eles não são. Tanto o deutério quanto o lítio são formas mais pesadas do mesmo elemento químico: o hidrogênio.
19. Numa fogueira, o oxigênio (presente no ar) combina-se (reage) com o carbono (presente no carvão vegetal ou nos galhos) para produzir (liberar) gás carbônico (CO₂) mais energia (luz e calor na forma de fogo).
20. O vírus não possui célula (são acelulares), por isso a ciência o considera ocupando o limite entre o vivo e o não vivo. Ele apenas consegue sobreviver no interior de uma célula de outro ser vivo, como um animal, uma planta, um fungo ou mesmo uma bactéria.
21. Os chimpanzés e gorilas, nossos parentes mais próximos, possuem 48 cromossomos.
22. *O que é a evolução*, p. 117 - 119.
23. O responsável pela demolição da ideia errônea da herança dos caracteres adquiridos foi o notável biólogo alemão August Weismann (1834-1914). Em 1893, ele defendeu que o “plasma germinativo”, ou seja, as células que contêm o material genético, não sofre a influência do

“soma”, ou seja, do resto do corpo. Em experimentos com ratos, em que ele cortava os rabos dos ratos ao longo de gerações, conseguiu provar que a mudança no corpo do rato (o corte do rabo), durante a vida deles, não era transmitida aos descendentes (os filhotes dos ratos, os ratinhos, nasciam com o rabo completo), demonstrando, assim, o equívoco da teoria de Lamarck da herança dos caracteres adquiridos.

[24.](#) Existem mecanismos de reparo. Os erros ocorrem quando esses mecanismos falham.

[25.](#) *Análise Evolutiva*. p. 145 e 146.

[26.](#) *Evolução*, p. 51.

[27.](#) Afirmam Scott e Herron que as mutações ocorrem quando os erros na replicação ou no reparo do DNA não são resolvidos adequadamente (*Análise Evolutiva*, p. 147).

[28.](#) Uma mutação gênica muito popular, infelizmente, é a que causa o câncer. O câncer é uma mutação celular que faz que determinadas células passem a se reproduzir desordenadamente, levando, em alguns casos, à morte.

[29.](#) A sequência de mutações ao longo de gerações pode produzir modificações significativas em um ser vivo, mas há limites ou barreiras muitas vezes intransponíveis a essas mudanças. Elas são representadas pelo programa de desenvolvimento biomolecular estipulado pelo próprio organismo desde o embrião. Portanto, como as mutações trabalham alterando o que já existe, muitas vezes o que já existe por si só constitui um fator limitativo da própria mudança. Assim, para Campbell & Reece, “a evolução não descarta a anatomia ancestral e constroi novas estruturas complexas do início; mais do que isso, a evolução usa estruturas existentes e as adapta a novas situações” (*Biologia*, 2010, p. 484).

[30.](#) Futuyma (2013) explica que a mutação é aleatória no sentido de que a probabilidade de sua ocorrência não é determinada pelo ambiente. A probabilidade de uma mudança ocorrer não depende, portanto, de ela ser vantajosa para aquele ser naquele momento e naquelas circunstâncias.

Capítulo 5

OS FILHOS DE LUCA

A história do homem faz parte da história da vida.

Yves Coppens

Os filhos de Luca somos todos nós. Todos os seres vivos, desde as plantas até os animais, que algum dia moraram ou ainda habitam esse planeta maravilhoso, mas, como já falamos de boa parte deles no capítulo três, vamos nos concentrar agora naquele que se imagina o pináculo da evolução.¹ Com efeito, nós, o *homo sapiens*, pertencemos ao reino animal, ao filo dos cordados, à classe dos mamíferos, à ordem dos primatas e à família dos hominídeos, dos quais somos a única espécie que sobrou.

Os primeiros mamíferos surgem por volta de duzentos e quinze milhões de anos atrás, no final do período Triássico. São contemporâneos, portanto, dos dinossauros. Como eram minúsculos, não competiam com eles e viviam à sombra deles. Já os primatas, grupo ao qual pertencemos, aparecem por volta de sessenta milhões de anos atrás. O mais importante ramo dos primatas, para o nosso interesse, é o que resultou na linhagem dos humanos. De acordo com Ernst Mayr², há três evidências que apoiam a tese da origem primata do homem: evidências anatômicas, significando que as estruturas anatômicas dos humanos são muito parecidas com as dos antropoides, em especial dos chimpanzés; evidências fósseis, significando que diversos fósseis de macacos-humanos ou humanos-macacos foram encontrados e ainda continuam sendo achados, especialmente no continente africano; evidências moleculares, significando que é observada uma semelhança muito grande entre as moléculas humanas e as dos antropoides, especialmente as do chimpanzé.

Foi através do processo da evolução pelo mecanismo da seleção natural que se chegou ao ancestral comum entre o homem e o macaco. Com efeito, o homem não descende do macaco, mas dividiu com ele um ancestral comum. Por volta de 7,5 milhões de anos atrás, em algum lugar da África, um bicho com características comuns de um homem e de um macaco (um macaco-homem) dividiu-se em dois. Um dos ramos deu origem aos chimpanzés. O outro, aos humanos. O homem moderno (*homo sapiens*), contudo, surgiu entre duzentos e cem mil anos atrás (costuma-se adotar a cifra redonda de cento e cinquenta mil anos) na África. Após evoluir por muito tempo no continente africano, ele se espalhou pelo mundo, chegando à Europa e à Ásia por volta de quarenta e cinco mil anos atrás, até atingir, finalmente, as Américas em torno de quinze mil anos, provavelmente cruzando o estreito de Bering e migrando paulatinamente em direção à América do Sul.³

O homem moderno (*homo sapiens*) teve vários ancestrais. O retrato da evolução a partir do ancestral comum entre o homem e o macaco há cerca de 7,5 milhões de anos até o homem moderno (*homo sapiens*), há cerca de 150.000 anos, é o de um galho ramificado.

Vários dos ramos desse galho se constituem em espécies de hominídeos que se extinguiram, como o galho que conduziu ao aparecimento do Homem de Neandertal.

A linha tracejada que conduz do ancestral comum entre o homem e o macaco até chegar ao *homo sapiens* é, ainda hoje, um pouco incerta e alvo de acesas discussões entre os paleoantropólogos.

Sabedores dessa limitação, pode-se traçar um quadro cronológico dos ancestrais do *homo sapiens*

(espécies extintas e espécies que evoluíram para o *homo sapiens*) da seguinte forma.

Atualmente, o fóssil mais antigo de hominídeo descoberto é o **Sahelanthropus tchadensis**, que viveu entre 6 e 7 milhões de anos, muito próximo, portanto, do ancestral comum entre homens e chimpanzés. Esse fóssil foi descoberto em 2001, no Chade, região central da África. É também conhecido pelo nome de homem de Toumai. Seu cérebro tinha a capacidade entre 320 a 380 cm³.

Outro fóssil muito antigo é o **Orrorin tugenensis**, descoberto no Kenya, em 1974, por Martin Pickford. Ele é datado de 5,6 a 6,2 milhões de anos. Pode ter sido um dos primeiros hominídeos a adotar a postura bípede e é provável que tenha tido um modo de vida tanto arbóreo quanto terrestre.

Ardipithecus kadabba. Fóssil de hominídeo de idade aproximada entre 5,2 a 5,8 milhões de anos. Achado na Etiópia.

Ardipithecus ramidus. Vários fósseis de pedaços do esqueleto do *Ardipithecus ramidus* foram descobertos a partir de 1992, na Etiópia, inclusive um esqueleto quase completo. Eles foram datados de 4,3 a 4,5 milhões de anos. Estima-se que a espécie era preferentemente arborícola, embora pudesse frequentar a savana, adotando postura ora arbórea, ora bípede. Calcula-se que tinha capacidade cerebral de 300 a 370 cm³, media 1,20m e pesava em torno de 50kg.

Australopithecus anamensis. Fóssil achado no Quênia e na Etiópia, de idade entre 3,9 a 4,2 milhões de anos, possuindo características mistas de homem e macaco, podendo tanto habitar árvores quanto andar ereto sobre a terra.

Australopithecus bahrelghazali. Fóssil de idade entre 3 a 3,6 milhões de anos. Achado no Chade.

Kenyanthropus platyops. Fóssil descoberto no Quênia, de idade entre 3,3 a 3,5 milhões de anos.

Australopithecus afarensis. O primeiro fóssil dessa espécie foi um esqueleto quase completo descoberto na Etiópia e batizado de Lucy por seu descobridor, Donald Johanson. Tinha idade entre 3 a 3,7 milhões de anos.

Australopithecus africanus. Fóssil de idade entre 2,1 a 3,3 milhões de anos, descoberto na África do Sul e identificado por Raymond Dart como a criança de Taung.

Australopithecus garhi. Fóssil de 2,3 a 2,5 milhões de anos, descoberto na Etiópia, com 450 cm³ de capacidade craniana.

Paranthropus aethiopicus. Encontrado na Etiópia e no Quênia, de 2,3 a 2,7 milhões de anos, com capacidade cerebral de 410 cm³.

Paranthropus robustus. Encontrado na África do Sul, com idade de 1,2 a 2 milhões de anos, medindo entre 1,1 a 1,3 metro de altura, com capacidade craniana de 530 cm³.

Australopithecus sediba. Encontrado na África do Sul, medindo 1,27m, com capacidade craniana de 420 a 450 cm³, de idade entre 1,78 a 1,95 milhão de anos.

Paranthropus boisei. Encontrado na Tanzânia, no Quênia e na Etiópia, com idade de 1,4 a 2,3 milhões de anos, os machos medindo 1,37m e pesando 49kg e as fêmeas medindo 1,24m e pesando 34kg, com capacidade craniana entre 475 e 545 cm³.

Homo habilis. É o primeiro membro do gênero *Homo*. Espécie associada à confecção de instrumentos de pedra. Encontrado na Tanzânia, no Quênia, na Etiópia e na África do Sul, com idade entre 1,6 a 2,4 milhões de anos, medindo entre 1 e 1,35m, pesando 32kg, com capacidade craniana entre 600 a 700 cm³. Os primeiros instrumentos feitos de pedra pelo homem são datados de 2,5 milhões de anos e foram encontrados na Etiópia. Tradicionalmente tem sido definido o gênero *homo* pela confecção dos primeiros instrumentos de pedra e o *homo habilis* pode ter sido a primeira espécie a confeccioná-los. Considerando que a caça exigia planejamento prévio, trabalho em equipe e habilidades físicas específicas, especialistas discutem se o *homo habilis* era capaz de caçar em grupo ou se apenas aproveitava a carniça deixada por outros animais, caçadores carnívoros de maior porte.

Homo rudolfensis. Alguns estudiosos atribuem duas espécies do gênero *Homo* que teriam vivido aproximadamente no mesmo período, por volta de 1,9 milhão de anos atrás. O *homo habilis*, descrito acima, e o *homo rudolfensis*, que seria ligeiramente diferente do *homo habilis*. O *homo rudolfensis* teria a capacidade craniana entre 750 a 800 cm³.

Homo georgicus. Essa pode ter sido a primeira espécie a ter deixado a África. Os fósseis foram encontrados na Geórgia e foram datados de 1,8 milhão de anos. São os mais antigos encontrados fora do continente africano. Não há consenso, entretanto, se os fósseis representam de fato uma espécie nova ou se podem ser classificados na espécie *homo ergaster*, *homo habilis* ou *homo erectus*. Eles medem 1,5m, pesam 50kg e possuem a capacidade craniana de 610 a 675 cm³.

Homo ergaster. Encontrado em vários sítios no Quênia, na Tanzânia, na Etiópia e na África do Sul, essa espécie data de 1,9 a 1,5 milhão de anos atrás. Assemelha-se aos humanos modernos, andava de modo parecido conosco e fabricava instrumentos de pedra. Media entre 1,45 a 1,85m, sendo a primeira espécie de homínido a conseguir atingir a mesma estatura de um homem moderno. Pesava entre 50 a 68kg e possuía a capacidade craniana entre 600 a 910 cm³. O esqueleto mais completo encontrado dessa espécie foi o de um menino, achado no Quênia, que recebeu o nome de menino de Turkana.

Homo erectus. Foi a primeira espécie de homínido identificada fora da Europa. O primeiro fóssil dessa espécie foi encontrado em 1891, por Eugène Dubois, na ilha de Java, na Indonésia, ficando conhecido como o Homem de Java. Depois, vários fósseis foram encontrados na Ásia, especialmente na China. O fóssil descoberto na China ficou conhecido como o Homem de Pequim. Também foram encontrados fósseis na África e na Europa. São datados de 1,8 milhão até 30.000 anos atrás. A espécie pesava entre 40 a 68kg, media entre 1,6 a 1,8m e possuía a capacidade craniana entre 750 a 1.300 cm³.

Homo antecessor. Os fósseis do *homo antecessor* revelam que a espécie estava presente na Europa há 780.000 anos. É datado de 1,2 milhão a 500.000 anos atrás. Media entre 1,6 a 1,8m, pesava entre 60 e 90kg e possuía a capacidade cerebral de 1.000 cm³.

Homo heidelbergensis. Essa espécie pode ter sido a ancestral comum entre o *homo neanderthals*, na Europa e o homem moderno, na África. Media entre 1,45 a 1,85m, pesava entre 50 e 68kg e possuía a capacidade cerebral entre 1.100 e 1.400 cm³. Seus fósseis possuem a idade entre 600.000 a 200.000 anos e foram encontrados em diversos locais, como no Quênia, na Tanzânia, na Etiópia, na África do Sul, no norte da África e também em diversos sítios espalhados pela Europa.

Homo floresiensis. Essa pequena espécie de homínido foi achada na ilha de Flores, na Indonésia. Media 1,1m, pesava 25kg e possuía a capacidade cerebral entre 380 e 420 cm³. É datada de 95.000 a 12.000 anos atrás.

Homo neanderthalensis. O primeiro fóssil de *homo neanderthalensis* foi encontrado em 1829, na Bélgica, tendo sido o primeiro fóssil de homínido descoberto, embora naquela época não se soubesse classificá-lo ainda. Isso começou a mudar a partir de 1856, ano da descoberta de um esqueleto dessa espécie no vale de Neander, na Alemanha. Desde essa época até os dias de hoje, centenas de fósseis da espécie foram encontrados espalhados por todo o continente europeu, pelo sudoeste da Ásia e na Sibéria. A espécie é datada de 350.000 a 28.000 anos atrás. Media entre 1,52 a 1,68m, pesava entre 55 e 80kg e possuía a capacidade cerebral entre 1.200 a 1.750 cm³. O homem de Neandertal ocupou a Europa por pelo menos cem mil anos, durante uma época gelada no continente europeu.

Homo sapiens. Somos nós. É a única espécie sobrevivente do gênero *Homo*. Aparece na África por volta de duzentos mil anos atrás. Cem mil anos depois, aproximadamente, começa a deixar o continente africano e a se espalhar pelo mundo. A data da passagem do *homo sapiens* da Ásia para a América é controversa. A maioria sustenta a hipótese da colonização do homem americano a partir da Ásia pelo estreito de Bering por volta de 15.000 anos atrás, ou um pouco menos do que isso. O número de migrações e a forma, via estreito de Bering ou via navegação de cabotagem pelo oceano Pacífico (oeste

do continente americano), também é alvo de acirrada disputa acadêmica. O que há de mais certo, entretanto, pelo menos em relação ao Brasil, é o fato de que, ao contrário do continente africano, que abunda em fósseis de homínídeos, nenhum esqueleto humano mais antigo do que 12.000 anos jamais foi descoberto no Brasil ou nas Américas. O esqueleto humano mais antigo da América foi datado de 11.000-11.500 anos. Foi encontrado pela arqueóloga francesa Annette Laming-Emperaire, em 1974/75, durante uma escavação no município de Pedro Leopoldo, em Minas Gerais, no sítio denominado Lapa Vermelha IV, região próximo ao atual aeroporto de Confins, em Belo Horizonte. Esse fóssil foi batizado pelo arqueólogo brasileiro Walter Neves com o nome de Luzia e pertence hoje ao acervo do Museu Nacional, no Rio de Janeiro.

Depois de ter surgido há cerca de quatro bilhões de anos, Luca, nosso mais remoto ancestral, cresceu e se multiplicou, dando origem a uma miríade incontável e incontrolável de espécies que habitam nosso planeta. Estamos em busca de outros Lucas (ou de seus eventuais descendentes) em outros lugares do Universo, mas até agora a busca tem sido infrutífera. Aqui na Terra, pelo menos, chegamos a um número impressionante de seres vivos e novas espécies continuam a surgir. Todas elas descendentes de Luca.

- [1](#). Para a Teoria da Evolução não existe hierarquia entre as espécies. Não existem espécies mais evoluídas que outras. Existem espécies diferentes.
- [2](#). *O que é a evolução*, p. 271 e 272.
- [3](#). Afirmam Scott Freeman e Jon C. Herron (*Análise Evolutiva*, p. 133) que “tanto os dados fósseis quanto os genéticos concordam em que os humanos modernos originaram-se na África e depois se deslocaram para todas as partes do mundo”.

REFERÊNCIAS

- Alberts, Bruce [et al.]. **Biologia molecular da célula**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- Andrade, Luiz Antonio Botelho e da Silva, Edson Pereira da. **Por que as galinhas cruzam as estradas?**. Rio de Janeiro: Vieira&Lent, 2011.
- Andrews, Peter [et al.]. **The book of life**. Hong Kong: Norton, 2001.
- Arsuaga, Juan Luis. **O colar do neandertal**. São Paulo: Globo, 2005.
- Barak-Ben, Idan. **Pequenas maravilhas: como os micróbios governam o mundo** (livro digital). Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2012.
- Benton, Michael. **História da vida**. Porto Alegre: L&PM, 2012.
- _____. **When life nearly died: the greatest mass extinction of all time** (e-book). London: Thames & Hudson, 2013.
- Boulter, Michael. **O jardim de Darwin: Down House e a origem das espécies**. São Paulo: Larousse, 2009.
- Bowler, Peter. **Evolution: the history of an idea**. Berkeley: University of California Press, 2009.
- _____. **Um café com Charles Darwin**. São Paulo: Arx, 2010.
- Browne, Janet. **A origem das espécies de Darwin: uma biografia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.
- _____. **Charles Darwin: viajando**. São Paulo: Unesp, 2011.
- _____. **Charles Darwin: o poder do lugar**. São Paulo: Unesp, 2011.
- Burnie, David. **Evolução: a adaptação e a sobrevivência dos seres vivos no planeta**. São Paulo: Publifolha, 2008.
- Campbell, Neil [et al.]. **Biologia**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- Carroll, Sean B. **Infinitas formas de grande beleza: como a evolução forjou a grande quantidade de criaturas que habitam o nosso planeta**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.
- Cavalli-Sforza, Luigi Luca. **Genes, povos e línguas**. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.
- Charlesworth, Brian e Deborah. **Evolução**. Porto Alegre: L&PM, 2012.
- Cardoso, Ciro Flamarion Santana. **América pré-colombiana**. São Paulo: Brasiliense, 2004.
- Coppens, Yves e Picq, Pascal (ed.). **Aux origines de l'humanité: de l'apparition de la vie à l'homme moderne**. Paris: Fayard, 2002.
- Coppens, Yves. **L'histoire de l'homme**. Paris: Odile Jacob, 2008.
- Cowen, Richard. **History of life**. Malaysia: Wiley-Blackwell, 2013.
- Coyne, Jerry. **Why evolution is true**. New York: Viking, 2009.
- Darwin, Charles. **A origem das espécies**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.
- _____. **Entendendo Darwin: a viagem a bordo do HMS Beagle pela América do Sul/A autobiografia de Charles Darwin**. São Paulo: Planeta, 2009.
- Davies, Paul. **O quinto milagre: em busca da origem da vida**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
- Dawkins, Richard. **A escalada do monte improvável**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- _____. **O relojoeiro cego: a teoria da evolução contra o desígnio divino**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- _____. **A grande história da evolução: na trilha dos nossos ancestrais**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- _____. **O maior espetáculo da Terra: as evidências da evolução**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- _____. **A magia da realidade: como sabemos o que é verdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.
- Desmond, Adrian e Moore, James. **Darwin: a vida de um evolucionista atormentado**. São Paulo: Geração Editorial, 2001.
- Diamond, Jared. **O terceiro chimpanzé**. Rio de Janeiro: Record, 2010.
- Dias, Ilda e Maia, Hernâni. **Origem da vida**. Lisboa: Escolar, 2008.
- DK Publishing. **Prehistoric**. Londres, 2009.
- Eldredge, Niles. **O triunfo da evolução**. Ribeirão Preto: Funpec, 2010.
- El-Hani, Charbel Niño e Meyer, Diogo. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: Unesp, 2005.
- Erwin, Douglas & Valentine, James. **The cambrian explosion**. Greenwood Village: Roberts and Company, 2013.

- Fagan, Brian. **Cro-Magnon: how the Ice Age gave birth to the first modern humans**. New York: Bloomsbury Press, 2010.
- Fariña, Richard [et al.]. **Megafauna** (e-book). Bloomington: Indiana University Press, 2013.
- Fausto, Carlos. **Os índios antes do Brasil**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2000.
- Fernández-Armesto, Felipe. **Então você pensa que é humano?**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- Foley, Robert. **Os humanos antes da humanidade**. São Paulo: Unesp, 2003.
- Frank, Press [et al.]. **Para entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- Freeman, Scott e Herron, Jon. **Análise evolutiva**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- Funari, Pedro Paulo e Noelli, Francisco Silva. **Pré-história do Brasil**. São Paulo: Contexto, 2005.
- Futuyma, Douglas. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto: Funpec, 2009.
- _____. **Evolution**. Massachusetts: Sinauer, 2013.
- Gallien, Claude-Louis. **Homo: histoire plurielle d'un genre très singulier**. Paris: Quadrige/PUF, 2002.
- Gaspar, Madu. **Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2000.
- Gibbons, Ann. **The first human**. New York: Anchor Books, 2007.
- Gould, Stephen Jay. **Vida maravilhosa: o acaso na evolução e a natureza da história**. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.
- _____. **Dinossauro no palheiro**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.
- _____. **Lance de dados: a ideia da evolução de Platão a Darwin**. Rio de Janeiro: Record, 2001.
- _____. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- Gray, Theodore. **Os elementos: uma exploração visual dos átomos conhecidos no Universo**. São Paulo: Blucher, 2011.
- Groenen, Marc. **Le paléolithique**. Paris: Le Cavalier Bleu, 2008.
- Hall, Brian & Hallgrímsson, Benedikt. **Strickberger's Evolution**. Burlington: Jones & Bartlett, 2013.
- Harrison, Keith. **Você: o peixe que evoluiu**. São Paulo: Cultrix, 2009.
- Haviland, William [et al.]. **Evolution and Prehistory**. Belmont: Wadsworth, 2013.
- Hazen, Robert. **The story of earth** (e-book). New York: Viking, 2012.
- Hetzel, Bia (org.). **Pré-história do Brasil**. Rio de Janeiro: Manati, 2007.
- Hoffmann, Roald. **O mesmo e o não-mesmo**. São Paulo: Unesp, 2007.
- Holten, Birgitte e Sterll, Michael. **Peter Lund e as grutas com ossos em Lagoa Santa**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.
- Hubbe, Mark [et al.]. **A primeira descoberta da América**. Ribeirão Preto: SBG, 2003.
- Jastrow, Robert e Rampiro, Michael. **Origins of life in the Universe**. Nova York: Cambridge University Press, 2008.
- Johanson, Donald. **Lucy: os primórdios da humanidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- _____. **O filho de Lucy: a descoberta de um ancestral humano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- _____. **Lucy's legacy: the quest for human origins**. New York: Harmony books, 2009.
- Jones, Steve. **A ilha de Darwin**. Rio de Janeiro: Record, 2009.
- Jordan, Bertrand. **O espetáculo da evolução**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005.
- Landim, Maria Isabel e Moreira, Cristiano Rangel (orgs.). **Charles Darwin: em um futuro não tão distante**. São Paulo: Instituto Sangari, 2009.
- Langaney, André [et al.]. **A mais bela história do homem**. Rio de Janeiro: Difel, 2002.
- Leite, Marcelo. **O DNA**. São Paulo: Publifolha, 2003.
- _____. *Darwin*. São Paulo: Publifolha, 2009.
- Lopes, Reinaldo José. **Além de Darwin: evolução: o que sabemos sobre a história e o destino da vida**. São Paulo: Globo, 2009.
- Marco, Nélio. **O que é Darwinismo**. São Paulo: Brasiliense, 1987.
- Margulis, Lynn e Sagan, Dorian. **Microcosmos: quatro bilhões de anos de evolução de nossos ancestrais microbianos**. São Paulo: Cultrix, 2004.
- Martin, Gabriela. **Pré-história do Nordeste do Brasil**. Recife: UFPE, 1999.
- Maurel, Marie-Christine. **O nascimento da vida: da evolução pré-biótica à evolução biológica**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.
- Mayr, Ernst. **Biologia: ciência única**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- _____. **Uma ampla discussão: Charles Darwin e a gênese do pensamento evolutivo moderno**. Ribeirão Preto: Funpec, 2006.

- _____. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- _____. **O que é a evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- McAlester, A. Lee. **História geológica da vida**. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.
- Monod, Jacques. **O acaso e a necessidade**. Petrópolis: Vozes, 2006.
- Morris, Desmond. **O macaco nu**. Rio de Janeiro: Record, 2008.
- Murphy, Michael P e O'Neill, Luke A. J. (org). **O que é vida? 50 anos depois**. São Paulo: Unesp, 1997.
- Neves, Walter Alves e Piló, Luís Beethoven. **O povo de Luzia**. São Paulo: Globo, 2008.
- Palmer, Douglas. **Evolução**. São Paulo: Larousse, 2009.
- Pessis, Anne-Marie. **Imagens da pré-história**. Fumdam/Petrobrás, 2003.
- Picq, Pascal. **Les origines de l'homme**. Paris: Éditions Tallandier, 2005.
- _____. **Les origines de l'homme expliquées à nos petits-enfants**. Paris: Éditions du Seuil, 2010.
- Pross, Addy. **What is life: how chemistry becomes biology** (e-book). Oxford: Oxford University Press, 2012.
- Prous, André. **O Brasil antes dos brasileiros: a pré-história do nosso país**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.
- Reinach, Fernando. **A longa marcha dos grilos canibais**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- Reynolds, Eric [ed.]. **Origins: tales of human evolution**. Overland Park: Hadley Rille Books, 2009.
- Ridley, Mark. **Evolução**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- Ridley, Matt. **Genoma**. Rio de Janeiro: Record, 2001.
- _____. **O que nos faz humanos**. Rio de Janeiro: Record, 2008.
- Roberts, Alice. **Evolution: the human history**. Londres: Dorling Kindersley, 2011.
- Rose, Michael. **O espectro de Darwin: a teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2000.
- Rumjanek, Franklin David. **Ab initio: origem da vida e evolução**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.
- Ruse, Michael [ed.]. **Evolution: the first four billion years**. Massachusetts: Harvard University Press, 2009.
- Scarre, Chris [ed.]. **The human past**. New York: Thames & Hudson, 2009.
- Shubin, Neil. **A história de quando éramos peixes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- Smith, John Maynard e Szathmáry, Eörs. **As origens da vida**. Lisboa: Gradiva, 2007.
- Souza, Sandro de. **A goleada de Darwin**. Rio de Janeiro: Record, 2009.
- Stanford, Craig. **Como nos tornamos humanos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- Steffoff, Rebecca. **Charles Darwin: a revolução da evolução**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- Strathern, Paul. **Darwin e a evolução em 90 minutos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.
- Sykes, Bryan. **As sete filhas de Eva**. Rio de Janeiro: Record, 2003.
- Tenório, Maria Cristina (org.). **Pré-história da Terra Brasilis**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2000.
- Tudge, Colin. **O Elo**. Rio de Janeiro: Agir, 2010.
- Vialou, Águeda Vilhena [org.]. **Pré-história do Mato Grosso**. São Paulo: Edusp, 2005.
- Vieira, António Bracinha. **A evolução do darwinismo**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.
- Waal, Frans de. **Eu, primata**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- Watson, James. **DNA: o segredo da vida**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- Wrangham, Richard. **Pegando fogo: por que cozinhar nos tornou humanos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010.
- Wilson, Edward. **A criação**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- Zimmer, Carl. **À beira d'água: macroevolução e transformação da vida**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.
- _____. **O livro de ouro da evolução**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

SAIBA MAIS, DÊ SUA OPINIÃO:

Conheça - www.talentosdaliteratura.com.br

Leia - www.novoseculo.com.br/blog

Curta -  [/TalentosLiteraturaBrasileira](https://www.facebook.com/TalentosLiteraturaBrasileira)

Siga -  [@talentoslitbr](https://twitter.com/talentoslitbr)

Assista -  [/EditoraNovoSeculo](https://www.youtube.com/EditoraNovoSeculo)



Table of Contents

[Folha de rosto](#)

[Créditos](#)

[Sumário](#)

[Introdução](#)

[1 – Luca](#)

[2 – O pai de Luca](#)

[3 – A casa de Luca](#)

[4 – Como Luca cresceu](#)

[5 – Os filhos de Luca](#)

[Referências](#)