

IAN CROFTON & JEREMY BLACK

BREVE HISTÓRIA DO  
**NOSSO  
MUNDO**

A Vida, o Universo  
e Todas as Coisas

«Um livro notável.»

*Publishers Weekly*

v o g a i s

# ÍNDICE

## PARTE UM: PREPARANDO O CENÁRIO

Cronologia .....	12
No início .....	13
O nascimento e a morte das estrelas .....	16
A Zona Caracóis Dourados .....	18
A Terra irrequieta .....	19
A formação da superfície .....	22
O que é a vida? .....	24
De onde vem a energia? .....	26
A vida complica-se .....	29
A vida continua .....	31
A origem das espécies .....	33
A estrutura da vida .....	35

## PARTE DOIS: PLANETA ANIMAL

Cronologia .....	40
Os primeiros animais .....	42
A vida dá à costa .....	44
A era dos dinossauros .....	46
Extinções em massa .....	49
A chegada dos mamíferos .....	51
De onde vivemos? .....	53

## PARTE TRÊS: O INÍCIO DO DOMÍNIO DOS SERES HUMANOS

Cronologia .....	58
Seres humanos no passado e no presente .....	59
O que faz humanos os seres humanos? .....	61

Cultura .....	63
Como os humanos povoaram o mundo .....	66
O impacto do gelo .....	69
De necrófagos a caçadores .....	71
O fogo .....	73
A tecnologia dos caçadores-recoletores .....	75
A linguagem .....	77
O parentesco .....	79
Religião primitiva .....	82
O princípio da arte .....	84
Abrigo .....	86
Vestuário .....	88
Olaria .....	89
Os primeiros agricultores .....	91
A domesticação de animais .....	94
Animais de trabalho .....	96
A roda .....	99
Nómadas .....	101
Da pedra ao bronze .....	103
Do bronze ao ferro .....	107

PARTE QUATRO:  
CIVILIZAÇÃO

Cronologia .....	112
As primeiras rotas comerciais .....	114
O nascimento das cidades .....	117
Meios de transporte .....	120
Da troca à moeda .....	123
O papel-moeda .....	126
Crédito, dívida e investimento .....	128
A escrita .....	130
As leis .....	133
Impérios da antiguidade .....	135
Porque caem os impérios? .....	138
Politeísmo e monoteísmo .....	139
Literatura épica .....	141

A escrita da história . . . . .	144
A natureza da realidade . . . . .	146
O que significa viver bem? . . . . .	148
O princípio da ciência . . . . .	151
Pandemias . . . . .	153
A Europa em transição . . . . .	156
Terra, trabalho e poder . . . . .	157
Choque de civilizações . . . . .	161

PARTE CINCO:

A ASCENSÃO DO OCIDENTE

Cronologia . . . . .	166
Renascimento e Reforma . . . . .	168
O longo caminho para a tolerância . . . . .	170
A imprensa . . . . .	173
A Revolução Científica . . . . .	175
A expansão da Europa . . . . .	177
O Iluminismo . . . . .	181
A Revolução Industrial . . . . .	183
A Revolução Agrícola . . . . .	186
O contrato social . . . . .	188
Do mercantilismo ao capitalismo de mercado livre . . . . .	191
O nacionalismo e a nação . . . . .	194
Urbanização . . . . .	199
Novos horizontes . . . . .	201
O apogeu do imperialismo . . . . .	203
Sindicatos, socialismo e comunismo . . . . .	206

PARTE SEIS:

O MUNDO CONTEMPORÂNEO

Cronologia . . . . .	212
O modernismo nas artes . . . . .	214
Rumo à igualdade de gênero . . . . .	217
Revoluções científicas . . . . .	220
O combate à doença . . . . .	223

A caminho da Primeira Guerra Mundial . . . . .	225
Matança industrial . . . . .	227
Versalhes e as suas consequências . . . . .	231
Revoluções . . . . .	233
Crise económica mundial . . . . .	235
Totalitarismo . . . . .	238
Guerra total . . . . .	241
Genocídio . . . . .	244
A era nuclear . . . . .	246
A Guerra Fria . . . . .	250
A vida no pós-Guerra Fria . . . . .	254
A revolução da informação . . . . .	256
As promessas das biociências . . . . .	260
Internacionalismo, globalização e o futuro do Estado-nação . . . . .	263
População . . . . .	268
Migrações . . . . .	270
Desenvolvimento económico . . . . .	272
Problemas ambientais . . . . .	275
O futuro da humanidade . . . . .	280
O destino do Universo . . . . .	283
Créditos . . . . .	287
Índice remissivo . . . . .	289

PARTE UM

# PREPARANDO O CENÁRIO

Como foi que chegámos aqui? A história que antecede a história da humanidade é longa. Não haveria história humana sem o espaço físico onde esta se desenrola. Assim, para nos compreendermos a sério a nós mesmos temos de compreender as origens do Universo, a formação das estrelas e dos planetas e o motivo para o nosso planeta ter as condições certas para o surgimento da vida. E temos ainda de perceber como é que funcionam os seres vivos, como evoluíram e como é que nós, os humanos, entrámos em cena.

## CRONOLOGIA

**13,8 mil milhões de anos:** O *Big Bang* cria o Universo.

**4,6 mil milhões de anos:** Formação do nosso sistema solar, incluindo o Sol, a Terra e os outros planetas.

**4,5 mil milhões de anos:** Formação da Lua, provavelmente em resultado de uma colisão entre a Terra e um planeta do tamanho de Marte.

**4,2 mil milhões de anos:** Possível início da formação dos oceanos.

**4,1–3,8 mil milhões de anos:** A Terra e os outros planetas mais próximos do Sol sofrem múltiplas colisões com asteroides.

**4 mil milhões de anos:** Formação das rochas mais antigas ainda existentes na Terra. Possível surgimento de moléculas autorreplicantes, como ADN, nos oceanos.

**3,7 mil milhões de anos:** Os indícios indiretos mais antigos para a existência de vida na Terra sugerem a presença de organismos semelhantes a bactérias, que se alimentam de moléculas orgânicas.

**3,4 mil milhões de anos:** Surgimento das cianobactérias (algas azuis-verdes), que obtêm energia através da fotossíntese.

**2,45 mil milhões de anos:** Começam a aumentar os níveis de oxigénio livre na atmosfera terrestre como subproduto da fotossíntese.

## NO INÍCIO

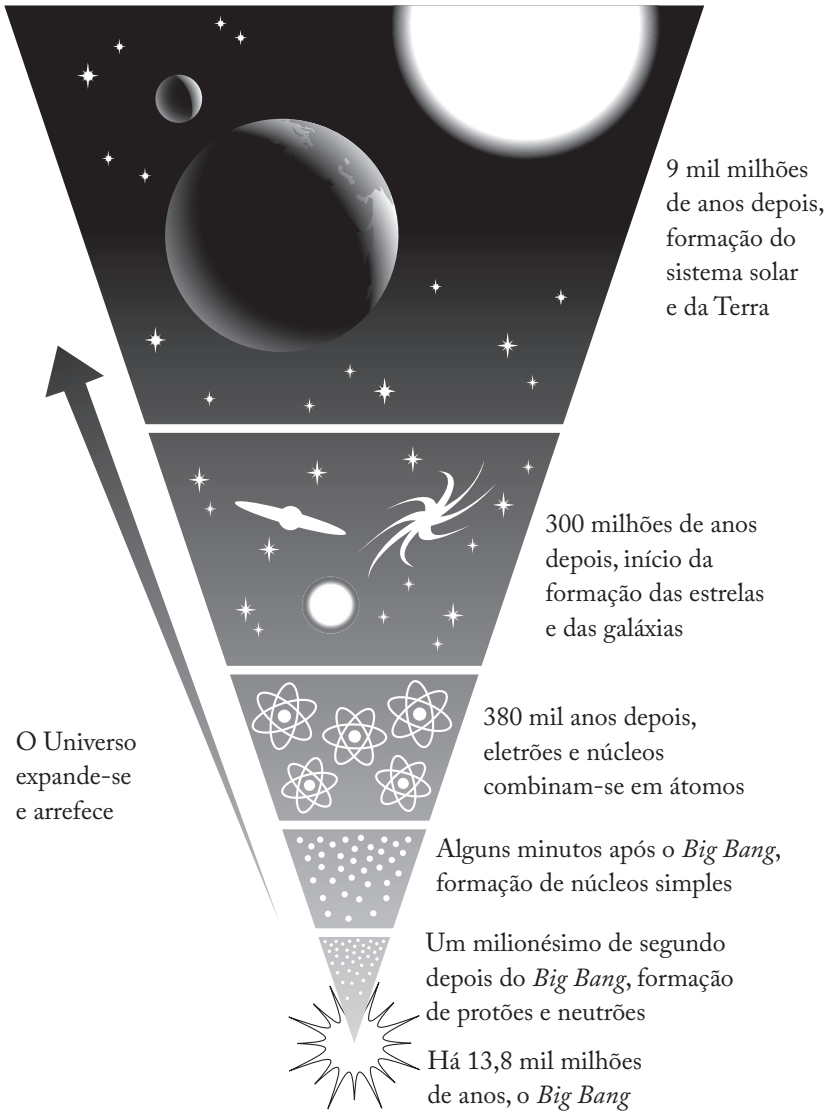
Antes do desenvolvimento da ciência moderna, havia todo um leque de crenças sobre a idade da Terra e do Universo. Alguns cristãos acreditavam que Deus tinha criado os dois há apenas 6000 anos. No sentido oposto, antigos textos hindus falam de um ciclo infinito de criação e destruição.

Em finais do século XVIII, os geólogos começaram a aperceber-se de que a Terra tinha de ser muito mais antiga do que até então se pensava (pelo menos, mais do que o que se pensava na Europa), talvez milhões ou milhares de milhões de anos mais velha. Contudo, até ao século XX, o consenso científico era que o Universo era eterno e existira desde sempre num estado de equilíbrio. As estrelas nasciam e morriam, mas as dimensões do Universo eram fixas e imutáveis.

Em 1920, esta teoria sofreu um abalo quando o astrónomo americano Edwin Hubble observou que quanto mais distante uma galáxia está, mais depressa se afasta de nós. Concluiu que o Universo estava a expandir-se e que esta dilatação se iniciara com uma grande e singular explosão, que ficou conhecida como o «*Big Bang*».

Contudo, manteve-se um debate aceso entre os defensores do estado de equilíbrio e os proponentes do *Big Bang*. Foi então que, em 1964, dois radioastrónomos em Nova Jérquia, Arno Penzias e Robert Wilson, repararam que o seu recetor de micro-ondas sofria de uma interferência constante, igual em todas as direções, num comprimento de onda correspondente a uma temperatura de 2,7 graus acima do zero absoluto. A princípio pensaram que o fenómeno talvez fosse causado pela proximidade da cidade de Nova Iorque ou por excrementos de pombo nos seus instrumentos. Porém, acabaram por concluir que o que o seu recetor estava a registar era





*O Big Bang*

o eco do *Big Bang*. Se ajustarmos um rádio, parte do «ruído branco» que se ouve entre as estações é este mesmo eco que nos chega do princípio do tempo.

«Porque é que o Universo se dá ao trabalho de existir?»

Stephen Hawking, *Uma Breve História do Tempo* (1988)

Hoje em dia, os cosmólogos chegaram a acordo quanto a uma cronologia que situa o *Big Bang* há cerca de 13,8 mil milhões de anos, num único ponto, uma singularidade com densidade e temperatura infinitas. Quando se iniciou a expansão, esta ocorreu a velocidades inimagináveis. Entre  $10^{-36}$  e  $10^{-32}$  segundos, o volume do Universo aumentou por um fator de, pelo menos,  $10^{78}$ .<sup>\*</sup> Nesta fase, a única matéria existente eram partículas elementares como *quarks* e gluões. Por volta dos  $10^{-6}$  segundos, com a expansão a perder velocidade e as temperaturas a cair, os *quarks* e os gluões uniram-se para formar prótons e neutrões. Alguns minutos mais tarde a temperatura arrefecera ainda mais, caindo para uns mil milhões de graus, e prótons e neutrões juntaram-se para formar núcleos de deutério e hélio, embora a maior parte dos prótons se mantivesse livre, sob a forma de núcleos de hidrogénio. Por fim, os núcleos com carga positiva atraíram eletrões com carga negativa, formando os primeiros átomos. Estes simples átomos viriam a ser os elementos constitutivos das estrelas.

---

\*  $10^{-36}$  = um dividido 36 vezes por 10.  $10^{78}$  = um multiplicado 78 vezes por 10.

## O NASCIMENTO E A MORTE DAS ESTRELAS

Durante a expansão inicial do Universo, a matéria estava distribuída de forma uniforme pelo espaço. Contudo, com o surgimento de pequenas irregularidades na densidade da matéria, a gravidade levou a que as regiões mais densas atraíssem cada vez mais matéria. Assim, formaram-se nuvens de gás compostas, em grande medida, de hidrogénio e hélio. Foi nestas chamadas nebulosas que as estrelas nasceram — e é onde continuam a nascer.

No interior de uma nebulosa, áreas mais densas podem implodir graças à ação da gravidade, tornando-se suficientemente densas e quentes para desencadear a fusão nuclear — uma reação na qual o hidrogénio é convertido em hélio, produzindo grandes quantidades de luz e calor. É este processo que faz com que as estrelas — incluindo o Sol — brilhem de forma tão intensa.

Mas a gravidade não só comprime regiões de matéria densa para formar estrelas, como, do mesmo modo, reúne estrelas para formar galáxias. A nossa galáxia, a Via Láctea, contém entre 100 mil milhões e 400 mil milhões de estrelas e tem um diâmetro com cerca de 100 mil anos-luz — o que quer dizer que a luz, viajando a uma velocidade de 300 mil quilómetros por segundo, demora 100 mil anos a atravessar a galáxia de um lado ao outro. O nosso Sol encontra-se num dos braços em espiral da galáxia, a cerca de 30 mil anos-luz do centro. A estrela mais próxima do Sol é Próxima Centauri, a apenas 4,24 anos-luz de distância. A Via Láctea é apenas uma de pelo menos 100 mil milhões de galáxias no Universo. O tamanho do Universo é algo especulativo, mas a porção do Universo que podemos observar tem 93 mil milhões de anos-luz de diâmetro.

«A maravilha não é que o campo das estrelas seja tão vasto, mas que o Homem o tenha medido.»

Anatole France, *O Jardim de Epicuro* (1894)

Estrelas de tamanhos diferentes atravessam estádios diferentes ao longo do seu tempo de existência. Estrelas de dimensões semelhantes ao Sol brilham a temperaturas próximas dos 6000 graus à superfície (o núcleo é muito mais quente) durante, pelo menos, 10 mil milhões de anos antes de esgotarem o hidrogénio. Nessa altura, o núcleo contrai-se e a temperatura sobe aos 100 milhões de graus, permitindo que a estrela comece a fazer a fusão do hélio. A estrela cresce até se tornar numa gigante vermelha, cerca de 100 vezes maior do que na juventude, depois encolhe até se tornar numa anã branca, 100 vezes mais pequena do que a sua dimensão original.

Estrelas maiores duram menos tempo. Por exemplo: uma estrela 10 vezes maior do que o Sol torna-se numa gigante vermelha em apenas 20 milhões de anos. À medida que a temperatura aumenta, a estrela começa a sintetizar elementos cada vez mais pesados, até que, aos 700 milhões de graus, começa a produzir ferro. Foi este processo que deu origem a muitos dos elementos que constituem planetas como a Terra — não só o ferro, como também o carbono, o oxigénio e o silício. Nesta altura, a estrela rebenta numa enorme explosão a que damos o nome de supernova, criando uma nuvem de gás e poeira em expansão acelerada. No centro desta nuvem encontra-se uma estrela de neutrões, um objeto com apenas entre 10 e 20 quilómetros de diâmetro, mas tão densa que um centímetro cúbico da matéria que a compõe tem 250 milhões de toneladas de massa. Estrelas ainda maiores podem acabar por dar origem a buracos negros, áreas de espaço tão densas que nem sequer a luz consegue escapar à sua enorme gravidade. É possível que exista um buraco negro supermassivo no centro da nossa galáxia.

## A ZONA CARACÓIS DOURADOS

O Sistema Solar — o Sol e os seus planetas — formou-se há 4,6 mil milhões de anos a partir de uma nebulosa — uma nuvem giratória de poeira e gás. As áreas de poeira mais densa começaram a atrair maiores quantidades de material graças ao efeito da gravidade, dando origem aos planetas, que ainda hoje giram todos na mesma direção.

A Terra tem menos de um décimo do tamanho do maior planeta solar, Júpiter, que tem apenas um décimo do tamanho do Sol. A Terra situa-se a 149 600 000 quilómetros do Sol, Júpiter está cinco vezes mais longe e o planeta mais distante, Neptuno, encontra-se 30 vezes mais longe. Os planetas mais próximos do Sol, relativamente pequenos — Mercúrio, Vénus, Terra e Marte —, são rochosos, ao passo que os planetas gigantes exteriores — Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno — são maioritariamente compostos de gás em torno de um pequeno núcleo rochoso.

A vida, tal como a conhecemos, tem como base a célula, e para que as células funcionem é necessária água em estado líquido. Mercúrio e Vénus estão demasiado perto do Sol para tal. É possível que Marte tenha tido, em tempos, condições para a existência de vida, e os *rovers* da NASA estão a investigar esta possibilidade. Os planetas exteriores são demasiado frios para sustentar vida, embora seja possível que exista água líquida abaixo da superfície de algumas das suas luas.

Tanto quanto sabemos, a Terra é o único planeta no Sistema Solar onde há vida. Diz-se que a Terra se encontra na «Zona Caracóis Dourados», ou zona habitável, a região em torno de uma estrela onde se reúnem as condições certas para haver vida. Na história da Caracóis Dourados e os Três Ursos, a Caracóis Dourados escolhe a tigela de papa que não está nem demasiado quente nem demasiado fria, a cadeira que não é demasiado grande nem demasiado pequena,

e a cama que não é nem demasiado dura nem demasiado macia. A Terra não está nem demasiado longe nem demasiado próxima do Sol (e, conseqüentemente, nem demasiado fria nem demasiado quente) para conter água em estado líquido. É suficientemente grande para gerar um campo gravitacional capaz de evitar a fuga da atmosfera e, desse modo, garantir a pressão atmosférica necessária para a existência de água líquida à superfície.

---

### **Estamos sozinhos no Universo?**

Observações recentes da nossa galáxia sugerem que esta pode conter até 11 mil milhões de planetas do tamanho da Terra em órbita de estrelas semelhantes ao Sol, dentro da Zona Caracóis Dourados. Pensa-se que o planeta mais próximo com estas características se encontra a 12 anos-luz de distância, o que quer dizer que um sinal de rádio da Terra demoraria 12 anos a lá chegar. Mas só porque um planeta cumpre estas condições mínimas não quer dizer que tenha vida — muito menos uma forma de vida que tenha evoluído ao ponto de ser capaz de enviar-nos um sinal de rádio. De facto, embora radiotelescópios por todo o mundo estejam há décadas a perscrutar as ondas de rádio no espaço, ainda não foi detetado qualquer sinal de vida extraterrestre inteligente.

---

## **A TERRA IRREQUIETA**

O nosso planeta é quase uma esfera regular, com camadas como uma cebola. No centro da Terra, o núcleo interno é composto por ferro em estado sólido. Em torno dele, o núcleo externo é composto por ferro derretido, seguindo-se o manto, feito de rocha líquida, a que se chama magma. A flutuar por cima do manto

**há uma crosta fina feita de rocha sólida. Nós vivemos à superfície desta crosta. Embora os seres humanos tenham chegado à Lua, nunca ninguém desceu mais do que quatro quilómetros abaixo da superfície. É esta a profundidade da mina mais profunda que existe.**

A Terra tem ainda mais uma camada, uma película gasosa que a envolve. É a atmosfera, da qual três quartos são azoto e um quinto oxigénio, essencial à maior parte das formas de vida. Há pequenas quantidades de outros gases, mas destes o dióxido de carbono e o metano — os chamados gases de estufa — são de extrema relevância para a vida na Terra (ver p. 276), tal como o vapor de água, um elemento fundamental de todos os sistemas meteorológicos. A densidade da atmosfera diminui com a altitude, acabando por desaparecer e dar lugar ao espaço.

Tal como os gases na atmosfera, também as placas rochosas que compõem a crosta estão em constante movimento. Antigamente, os cientistas pensavam que os continentes e os mares existiam desde sempre nas mesmas posições. Mas em 1915, um meteorologista alemão chamado Alfred Wegener sugeriu que os continentes se moviam ao longo do tempo. Wegener tinha notado que os fósseis ao longo da costa oriental da América do Sul eram semelhantes aos encontrados na costa ocidental de África, e que algumas plantas extintas se encontravam não só nestas regiões como também em Madagáscar, na Índia e na Austrália.

Ao longo dos anos foram surgindo mais indícios que sustentavam a teoria da deriva continental de Wegener. Tornou-se claro que este processo tinha tido um impacto crucial na distribuição e na dispersão de diferentes grupos de plantas e animais por todo o mundo. Hoje, os geólogos acreditam que dois enormes continentes, Laurásia a norte e Gondwana a sul, se uniram há cerca de 300 milhões de anos para formar um supercontinente ainda maior chamado Pangeia. Este, por sua vez, começou a fragmentar-se há cerca de 200 milhões



Há 225 milhões de anos



Há 135 milhões de anos

*Deriva continental*



ou 180 milhões de anos, reformando os dois continentes originais, e mais tarde dando origem aos continentes separados dos nossos dias.

Contudo, só na década de 1960 é que os cientistas identificaram o mecanismo por trás da deriva continental, ao qual deram o nome de tectónica de placas. A crosta da Terra é composta de placas que flutuam sobre o manto líquido, permitindo que se movam.

---

### **Inverno vulcânico**

A maior parte dos tremores de terra e erupções vulcânicas ocorrem ao longo dos limites ativos das placas tectónicas. São acontecimentos que podem ter um impacto devastador sobre a vida na Terra, incluindo extinções em massa (ver p. 49). A maior erupção vulcânica desde que há registo foi a do monte Tambora, na Indonésia, em 1815. Expeliu tanta cinza para a atmosfera que durante muitos meses a cinza bloqueou grande parte da luz solar que chega à Terra, e 1816 ficou conhecido como «o ano sem verão». Perderam-se muitas culturas agrícolas e o gado morreu, resultando em fomes por toda a Europa e América do Norte.

---

## **A FORMAÇÃO DA SUPERFÍCIE**

**A variedade de formas e características da superfície terrestre teve um papel importante na evolução da vida. Os organismos adaptaram-se a toda a espécie de ambientes físicos — mares, costas, rios, lagos, montes, planícies e até céus. Estas formações geográficas também afetaram a história humana, desde o efeito isolador dos oceanos e cordilheiras ao potencial agrícola e comercial dos grandes rios.**

O material de construção fundamental da superfície terrestre é a rocha. Vemo-la como algo sólido e duradouro, mas ao longo das eras pode ser destruída e recriada. A série de processos responsáveis por estes fenómenos chama-se o ciclo das rochas, que se concretiza graças à energia obtida em parte do Sol, e em parte do calor existente abaixo da superfície da crosta.

O calor do Sol causa a evaporação da água. Isto forma nuvens, que se precipitam sob a forma de chuva ou neve. A água erode a rocha, o gelo fá-la rachar e a neve acumula-se em glaciares, que desgastam a rocha à sua passagem. Os rios transportam o material resultante da erosão e depositam-no noutro lugar, usualmente sob a forma de argila ou areia, em geral no fundo do mar. À medida que estes sedimentos se acumulam em camadas vão sendo comprimidos e dão origem a rochas. Algumas rochas sedimentares, a maiores profundidades, sofrem tanta pressão vinda de cima e tanto calor vindo de baixo que, passado muito tempo, se metamorfizam em tipos de rocha inteiramente diferentes. A quartzite, por exemplo, é um arenito metamorfizado. O terceiro tipo de rocha, além das sedimentares e metamórficas, é o das rochas ígneas. Estas são formadas quando o magma, vindo de sob a crosta, sobe em direção à superfície. Por vezes este magma fica preso abaixo da superfície, dando origem a rochas como o granito. Outras vezes consegue atingir a superfície através de fissuras e vulcões, e ao solidificar transforma-se em rochas como o basalto.

O movimento das placas tectónicas também tem um papel importante. Quando uma placa é empurrada para baixo de outra, as rochas que a compõem são absorvidas pelo manto derretido sob a crosta. Quando duas placas se afastam, como acontece no meio dos oceanos, a rocha derretida sobe à superfície, formando as grandes cordilheiras dorsais oceânicas. A atividade vulcânica deste tipo também criou — e destruiu — montanhas noutros lugares. As cordilheiras também podem ser criadas quando uma placa

colide contra outra, criando dobras em camadas sedimentares anteriormente horizontais. Foi deste modo que a colisão entre a Índia e o resto da Ásia formou os Himalaias, que continuam a crescer cerca de um centímetro por ano.

A forma da paisagem pode ser alterada por outros processos. Rios e glaciares são capazes de escavar vales na rocha e os rios podem dar origem a novas regiões costeiras, os deltas, formados a partir da deposição de sedimentos. A ação das ondas e das correntes oceânicas também pode transformar a costa através da erosão de material num lugar e a sua deposição num outro local. Estas alterações podem ter efeitos importantes sobre as populações humanas. Por exemplo: a criação de um delta oferece solo fértil para a agricultura, ao passo que as pessoas que dependem do mar para a sua sobrevivência podem ficar sem nada por causa da erosão costeira.

## O QUE É A VIDA?

**Todos os seres vivos reagem a estímulos, alimentam-se, crescem, reproduzem-se, reparam-se a si mesmos e morrem. Alguns destes atributos podem ser encontrados em seres não vivos: os cristais «alimentam-se» de sais dissolvidos em água e crescem; os robots podem responder a estímulos. Assim, o que é que distingue os seres vivos?**

A resposta está na célula, a unidade básica da vida tal como a conhecemos. Uma célula individual é minúscula — uma pequeníssima fração de um milímetro de diâmetro. Mas as células são dos mecanismos mais complexos conhecidos pela ciência. Algumas são seres vivos individuais, só por si (ver p. 29), enquanto outras

desempenham papéis especializados em organismos multicelulares mais complexos (ver p. 30). O número de células no corpo humano pode chegar aos 37 bilhões.

As células têm a capacidade de absorver uma grande variedade de matérias-primas do meio circundante e alterá-las quimicamente no seu interior, para criarem compostos mais complexos. É esta habilidade que lhes permite regenerarem-se e reproduzirem-se por meio da divisão repetida de si mesmas.

Quatro grupos de substâncias químicas são essenciais para a estrutura e o funcionamento das células. Os ácidos nucleicos (ADN e ARN) codificam a informação genética e executam as instruções contidas nesse código (ver p. 30). O segundo grupo é o das proteínas, algumas das quais são estruturais enquanto outras são enzimas — catalisadores que promovem a realização de reações químicas. As proteínas são feitas de componentes mais simples, os aminoácidos. O terceiro grupo é o dos hidratos de carbono, alguns dos quais têm funções estruturais enquanto outros armazenam energia. O hidrato de carbono mais simples é a glicose, produzida pelas plantas durante a fotossíntese. Quase todos os animais adquirem os hidratos de carbono de que necessitam a partir das plantas. O último grupo é o dos lípidos, componentes-chave da membrana da célula (ver p. 29).

Todas estas moléculas complexas são compostas por um conjunto relativamente pequeno de moléculas mais simples, sobretudo água e compostos à base de carbono. A água contribui com oxigênio e hidrogênio para muitos outros compostos. Além disso, cerca de dois terços de uma célula viva são água líquida, na qual se dissolvem e são transportados compostos mais complexos. O carbono tem a capacidade de se combinar com outros elementos na criação de uma enorme variedade de compostos orgânicos, muitos dos quais são solúveis em água.

### **Quais os componentes essenciais de todas as células?**

Como é que moléculas simples, como a água e o carbono, formaram os compostos mais complexos necessários à vida? A atmosfera primitiva da Terra era composta por gases emitidos durante erupções vulcânicas, como vapor de água ( $H_2O$ ), hidrogénio ( $H_2$ ), azoto ( $N_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e monóxido de carbono ( $CO$ ). Quando estes gases arrefeceram, o hidrogénio combinou-se com o azoto para formar amoníaco ( $NH_3$ ) e com o dióxido e o monóxido de carbono para formar metano ( $CH_4$ ). Na presença de luz ultravioleta (emitida pelo Sol) e de uma faísca elétrica, o amoníaco e o metano podem combinar-se com água e dióxido de carbono e formar aminoácidos simples. Estes, aquecidos, podem ligar-se e formar proteínas. Reações semelhantes podem resultar na criação dos componentes do ADN. Uma teoria alternativa sugere, de acordo com alguns indícios, que os componentes do ADN e os aminoácidos chegaram à Terra em meteoritos.

Com o arrefecimento da Terra, o vapor de água na atmosfera condensou-se e formou os primeiros oceanos, nos quais se encontravam dissolvidos muitos minerais e gases diferentes. É possível que as primeiras moléculas autorreplicantes, como o ADN, tenham surgido há cerca de 4 mil milhões de anos nesta grande sopa química.

---

### **DE ONDE VEM A ENERGIA?**

**Praticamente toda a energia de que depende a vida na Terra, e, em última análise, muita da energia usada pelos seres humanos nas modernas sociedades industriais, tem origem no Sol.**

O processo-chave do mundo natural é a fotossíntese, uma série de reações químicas mediante as quais a energia solar é usada para converter água e dióxido de carbono em glicose, um hidrato de carbono simples que pode ser usado como fonte de energia pelos seres vivos.

Os organismos capazes de criar o seu próprio alimento através deste processo são chamados produtores primários. Em terra, a maior parte da produção primária é desempenhada por plantas verdes. Nos oceanos, os organismos responsáveis pela maior parte da produção primária são o fitoplâncton — organismos unicelulares microscópicos como algas e diatomáceas.

Estes organismos fotossintéticos encontram-se na base de todas as cadeias alimentares. Os produtores primários servem de alimento aos consumidores primários — os herbívoros. Estes, por sua vez, são comidos por consumidores secundários — os carnívoros. Por vezes, até os carnívoros são presa de superpredadores — por exemplo, um pequeno pássaro que se alimenta de insetos pode ser presa de um gavião.

Como as leis da física determinam que qualquer transferência de energia é, necessariamente, ineficiente, tende a haver menos indivíduos em cada nível ao subirmos os degraus da cadeia alimentar. Um herbívoro, tipicamente, só obtém cerca de 10 por cento da energia disponível nas plantas de que se alimenta. O resto é desperdiçado em material não digerido e em perda de calor através da respiração.

As etapas finais da cadeia energética passam pelos necrófagos e decompositores. Necrófagos como os bichos-de-conta e os milípedes alimentam-se das fezes e dos restos mortais de plantas e animais. Decompositores como alguns fungos e bactérias completam o processo, usando a energia remanescente nos últimos vestígios de matéria morta.

Os seres humanos entram nas cadeias alimentares de várias maneiras. Algumas comunidades são principalmente herbívoras e

alimentam-se de sementes, nozes e bagas que apanham, ou praticam a agricultura. Outras são essencialmente carnívoras, caçam, aproveitam animais já mortos ou criam gado. Mas a maior parte das comunidades, no passado e no presente, tende a ser omnívora, alimentando-se de matéria animal e vegetal. Embora tenhamos tendência a pensar em nós mesmos como ocupantes do topo da cadeia alimentar, nalguns ecossistemas somos alimento para carnívoros maiores e mais poderosos.

---

### **Poderá haver vida sem o Sol?**

Nem toda a vida na Terra depende da energia solar. Alguma energia provém da camada de rocha fundida por baixo da crosta terrestre, libertada por chaminés vulcânicas ou fumarolas. Nalguns lugares, no fundo dos oceanos, estas fontes hidrotérmicas libertam água quente cheia de sulfeto de hidrogénio. O sulfeto de hidrogénio é venenoso para a maior parte dos organismos, mas serve de fonte de energia para algumas bactérias. Estas formam a base de estranhas comunidades, que incluem bivalves, lapas, crustáceos e enormes poliquetas.

---

Para suprir as nossas necessidades energéticas que não as alimentares, no passado dependemos inteiramente do Sol. A madeira é uma matéria vegetal e os combustíveis fósseis — carvão, petróleo e gás natural — são todos derivados de matéria vegetal. A energia que podemos extrair da água corrente, das ondas e do vento provém de sistemas climáticos que recebem energia do Sol. A energia das marés é diferente, pois é produzida pela força gravitacional da Lua e, em muito menor grau, do Sol. A energia geotérmica aproveita o calor que emana de baixo da superfície da Terra, ao passo que a nuclear liberta a energia contida no núcleo do átomo.

## A VIDA COMPLICA-SE

Há cerca de 4 mil milhões de anos, a vida pode ter começado a evoluir na rica sopa química dos oceanos primitivos. Os cientistas acreditam que o momento-chave terá sido o aparecimento de moléculas orgânicas complexas (como o ADN), capazes de se replicarem.

Nesta fase da história da Terra não havia uma camada de ozono na atmosfera que bloqueasse a intensa radiação ultravioleta proveniente do Sol. Quando estas moléculas complexas se duplicavam, a radiação solar causava mutações frequentes, algumas das quais podiam resultar em moléculas mais bem adaptadas ao seu meio do que outras. A seleção natural pode ter começado assim.

Por exemplo: moléculas que se replicavam mais frequentemente e com maior fidelidade estariam em vantagem, bem como moléculas capazes de usar outras moléculas para construir uma camada protetora. Foram realizadas experiências que mostram que, em condições semelhantes às encontradas em períodos de forte atividade vulcânica, seguidas de arrefecimento rápido em água fria, os aminoácidos podem formar estruturas rodeadas por uma membrana. É possível que as primeiras células tenham surgido deste modo.

Estas células primitivas seriam organismos simples, parecidos com bactérias, os procariontes, que consistiam numa membrana exterior que envolvia o protoplasma, um tipo de gel que contém um conjunto de moléculas pequenas e grandes. O ADN encontra-se numa área específica do protoplasma, mas, de resto, os procariontes não têm grande estrutura. Estes micro-organismos primitivos alimentavam-se da sopa rica em moléculas orgânicas que se podia encontrar nos oceanos primordiais.

Há cerca de 3,4 mil milhões de anos, com a redução do número de moléculas orgânicas nos oceanos, evoluiu um novo grupo de



micro-organismos procarióticos: eram as cianobactérias, que tinham um modo alternativo de se alimentar, a fotossíntese. A fotossíntese usa a energia solar para converter dióxido de carbono e água em glicose (um açúcar simples), e libertar oxigénio como subproduto. Anteriormente, o oxigénio era tóxico para a maior parte dos seres vivos. Contudo, com o aumento do teor de oxigénio na atmosfera, muitas formas de vida começaram a depender dele.

O grande salto seguinte ocorreu há 1,8 mil milhões de anos, com o aparecimento de células maiores e mais complexas. Nestas, as chamadas células eucarióticas, o ADN está contido no interior de uma estrutura central, o núcleo. Há ainda uma série de outras estruturas especializadas em funções particulares, as organelas. O facto de algumas destas terem o seu próprio ADN, juntamente com as semelhanças entre algumas organelas e certas bactérias, levou a bióloga americana Lynn Margulis a concluir, em finais da década de 1960, que as células eucarióticas começaram como associações simbióticas (mutuamente benéficas) entre vários tipos de células procarióticas. Esta teoria é, hoje em dia, amplamente aceite pelos cientistas.

«Longe de termos ultrapassado os micro-organismos numa “escala” evolutiva, estamos rodeados por eles e somos compostos deles.»

Lynn Margulis e Dorion Sagan, *Microcosmos* (1986)

Embora as nossas próprias células e as de todos os outros organismos multicelulares sejam eucarióticas, as primeiras células eucarióticas eram micro-organismos unicelulares semelhantes a muitos que ainda hoje existem, como protozoários (que têm algumas características que os aproximam dos animais), bolores limosos

(que têm características parecidas com fungos) e algumas algas (que, tal como as plantas, são capazes de realizar a fotossíntese).

Talvez a inovação mais significativa a acompanhar o surgimento das células eucarióticas tenha sido o sexo (ver p. 32). A reprodução sexual, na qual alguns elementos genéticos provêm de um progenitor e alguns do outro, conduziu a muito maior variação. Isto, por sua vez, fez acelerar o ritmo da evolução, uma vez que o maior grau de variação permite uma adaptação mais rápida a um ambiente em mudança.

## A VIDA CONTINUA

**Uma das características definidoras dos organismos vivos é a capacidade de se reproduzirem. Todas as coisas, vivas ou não, estão sujeitas à deterioração física, pelo que a reprodução oferece à vida um meio de se perpetuar. É o que para nós mais se aproxima da imortalidade.**

Organismos unicelulares simples, como bactérias, reproduzem-se dividindo-se ao meio: uma célula «mãe» transforma-se em duas células «filhas». Chama-se a isto reprodução assexuada. Com exceção de mutações aleatórias, as células mãe e filhas são geneticamente idênticas. As células que constituem o nosso corpo reproduzem-se da mesma maneira, permitindo-nos crescer e reparar os danos que sofremos.

Certos organismos multicelulares, incluindo plantas e alguns animais, também se podem reproduzir de forma assexuada. Na chamada reprodução vegetativa, uma nova planta, geneticamente idêntica à planta «mãe», pode crescer a partir de um pedaço de raiz, de um estolho, duma folha ou de um ramo. Alguns invertebrados,

como as anêmonas-do-mar, as esponjas e muitos vermes marinhos, podem reproduzir-se de modo assexuado através da gemulação, na qual uma pequena parte do corpo do progenitor cresce e separa-se para formar um novo indivíduo.

Na reprodução sexual, o material genético de duas células sexuais especializadas (esperma do pai, óvulo da mãe) combina-se para formar uma só célula que herda características genéticas de ambos. Esta nova célula divide-se repetidamente até dar origem a um novo indivíduo com uma constituição genética nova e única.

Embora as plantas possam reproduzir-se de forma assexuada, também se reproduzem sexualmente. Nas plantas com flores, as células sexuais masculinas encontram-se no pólen, que é transportado de uma flor para outra pelo vento ou por insetos como as abelhas. Uma vez na outra flor, pode fertilizar uma célula sexual feminina e crescer, formando uma semente a partir da qual pode crescer um novo indivíduo. O processo é basicamente o mesmo para os animais, embora estes recorram a uma grande variedade de meios para conseguir a fertilização. No caso dos peixes, por exemplo, a fêmea põe ovos na água e o macho ejacula o esperma para cima deles. Nos animais placentários, o macho insere o pênis na vagina da fêmea, onde ejacula o esperma, que encontra caminho até ao óvulo feminino. O embrião resultante desenvolve-se no interior do útero materno até ao nascimento.

Animais diferentes desenvolveram estratégias distintas relativamente ao cuidado das crias. Muitas criaturas aquáticas, como os peixes, põem grandes quantidades de ovos mas não cuidam das crias resultantes. Assim, a maior parte destas é consumida por predadores antes de poder reproduzir-se, mas um ou dois talvez sobrevivam. No outro extremo encontram-se os primatas (incluindo os seres humanos), que geralmente só têm uma cria ou duas de cada vez e passam muitos anos a cuidar das crianças, que precisam da atenção dos progenitores até à idade adulta.

## A ORIGEM DAS ESPÉCIES

Durante muito tempo, os segredos da evolução da vida na Terra estiveram encerrados no interior das rochas que compõem o nosso planeta. Durante séculos, baseando-se nos relatos bíblicos sobre a criação, as pessoas assumiram que a Terra era muito nova e também que todas as espécies se mantinham iguais ao que sempre haviam sido desde o princípio.

No século XVIII, o geólogo escocês James Hutton concluiu que teriam sido precisos milhões de anos para a paisagem que hoje conhecemos ser produzida por processos naturais como o calor e a erosão. Ora, se as rochas eram assim tão antigas, o mesmo se aplicava aos fósseis que aquelas continham.

Alguns destes fósseis eram completamente diferentes de qualquer animal existente hoje, enquanto outros eram semelhantes a animais atuais, mas com diferenças. No início do século XIX, os naturalistas já tinham identificado estas observações com uma progressão hierárquica, das formas de vida mais simples, nas rochas mais antigas, até às formas mais complexas, nas mais recentes. Talvez chamassem a este progresso «evolução», mas ninguém era capaz de explicar porque é que as formas de vida mais simples, como bactérias e esponjas, continuavam a existir nos nossos dias. Também não eram capazes de explicar a grande diversidade de espécies que hoje habitam o planeta. Se a evolução aconteceu, como foi que se processou?

Ao que parece processou-se de modo aleatório, sem rumo nem fim predeterminado. Foi preciso o génio de Charles Darwin para o reconhecer e descobrir o mecanismo-chave: a seleção natural. Na década de 1830, um jovem Darwin viajava a bordo do HMS *Beagle* como naturalista, numa longa viagem de descoberta durante a qual reparou nas semelhanças entre criaturas que viviam em

diferentes continentes, como as emas da América do Sul e as avestruzes australianas, ambas aves não voadoras. Também reparou que diferentes tentilhões nas ilhas Galápagos tinham bicos diferentes que lhes permitiam consumir alimentos distintos. Parecia provável que a ema e a avestruz tivessem um antepassado comum e o mesmo se passava com os tentilhões das Galápagos.

Darwin sabia que a sua teoria ia contra a ortodoxia do Cristianismo. Os humanos deixavam de existir à parte dos demais animais. Em vez de terem sido criados à imagem de Deus, descendiam de antepassados semelhantes a símios. Assim, Darwin preferiu esperar e acumular provas até, finalmente, publicar *A Origem das Espécies*, em 1859.

Darwin avançou a ideia de que as espécies evoluem com o passar do tempo porque, de vez em quando, por efeito do acaso, surge um indivíduo com uma característica que o deixa mais bem equipado para sobreviver e reproduzir-se do que as outras criaturas. Ao longo de gerações, os indivíduos com características favoráveis têm melhores hipóteses de sobrevivência e, assim, maiores probabilidades de transmitir essa característica aos seus descendentes do que os indivíduos que não a possuem. É assim que as espécies mudam e se adaptam melhor a novos meios. Este processo, mais tarde, recebeu o nome de «sobrevivência do mais apto».

«O Homem, com todas as suas nobres qualidades [...] ainda ostenta no corpo a marca indelével das suas humildes origens.»

Charles Darwin, *A Origem do Homem* (1871)

Alguns aspetos da teoria de Darwin têm sido modificados ao longo dos anos, mas o essencial da teoria é incontornável graças

à acumulação de indícios, incluindo as semelhanças nas estruturas corporais e o desenvolvimento embrionário entre diferentes espécies, a existência de estruturas vestigiais como o cóccix nos humanos (um vestígio das caudas dos nossos antepassados) e, acima de tudo, o ADN, que nos permite comparar o nosso genoma com o de outros animais muito diferentes e determinar o que partilhamos e o que não temos em comum. Foi o conhecimento da genética e do papel do ADN que explicou como é que as novas características surgem em certos indivíduos e são transmitidas à geração seguinte.

## A ESTRUTURA DA VIDA

**A teoria da seleção natural de Darwin explicou como surgem as novas espécies. Mas Darwin não sabia como é que os pais transmitem as suas características aos descendentes, nem como surgiam novas características. Hoje temos resposta para várias destas questões.**

As unidades da hereditariedade são os genes. Estes determinam desde a cor dos olhos ao risco de sofrer de certas doenças. Algumas características hereditárias (como a cor dos ratos) são determinadas por um só gene, mas a maior parte (como a altura dos seres humanos) é determinada por vários genes diferentes. Os genes estão organizados em longas cadeias de moléculas chamadas cromossomas, que existem em conjuntos de dois em todas as células, com exceção das células sexuais.

O que não se sabia era como as instruções para a replicação de uma dada característica estavam codificadas no interior dos genes. Na década de 1940, os cientistas começaram a suspeitar do envolvimento de uma molécula muito grande e complexa, o ácido desoxirribonucleico (ADN). Em 1953, o americano James Watson

e o inglês Francis Crick, na Universidade de Cambridge, anunciaram que tinham descoberto como o ADN codificava a informação genética.

«Uma estrutura assim tão bonita tinha mesmo de existir.»

James Watson, *A Dupla Hélice* (1968), a falar da molécula de ADN

Watson e Crick mostraram que o código genético está integrado na estrutura do ADN. A molécula de ADN é uma hélice dupla — duas cadeias que formam uma espiral em torno uma da outra. Cada cadeia é composta por uma espinha de fosfato e açúcar, unida à outra por sequências de pares de bases compostas por quatro compostos químicos, os nucleotídeos. Cada base só faz par com uma das outras três bases. Esta estrutura explica como o ADN se reproduz, através da separação das duas cadeias, com o que passa informação genética à descendência.

A estrutura do ADN também explica como o código genético se encontra integrado. Cada sequência de três bases (um códão) contém as instruções para a produção de um aminoácido específico. Os aminoácidos são os elementos de base das proteínas, que, por sua vez, são componentes essenciais de todas as células (ver p. 25). Um gene é constituído por uma sequência de códãos, que codificam uma proteína específica, seguida de um códão de terminação. Algumas partes do ADN não codificam aminoácidos, mas agem como centros de controlo para ligar ou desligar genes ou grupos de genes.

O funcionamento do ADN também explica como as mutações levam a novas características — a força motriz da seleção natural. Uma mutação é uma alteração na sequência de nucleotídeos durante a reprodução do ADN. Estas alterações ocorrem naturalmente,

mas a exposição a certos químicos ou a radiação pode fazer aumentar a taxa de mutação. As únicas mutações que são transmitidas aos descendentes são as que ocorrem nos óvulos e no esperma, logo são estas as únicas relevantes para a evolução. Muitas mutações têm efeitos neutros, mas algumas podem prejudicar a prole, enquanto umas poucas podem ter efeitos benéficos. As mutações que ocorrem nos genes de controlo podem ter efeitos particularmente significativos sobre o organismo. As mutações benéficas equipam os organismos para lidarem melhor com o seu meio, sendo estas as mais prováveis de serem transmitidas às gerações futuras.



# TUDO O QUE PRECISA DE SABER SOBRE A HISTÓRIA DO MUNDO

Do *Big Bang* ao início da vida, do nascimento das civilizações à atualidade, das primeiras ferramentas à era da Internet, passando pelas descobertas científicas e pelas grandes revoluções sociais e políticas, este é o livro que explica a nossa origem e o modo como chegámos até aqui.

Combinando conhecimentos de Astronomia, Física e Biologia, além de registos arqueológicos e antropológicos, este compêndio de breves crónicas apresenta as respostas para a criação do Universo, a formação dos planetas e o desenvolvimento da vida, ajudando-nos a entender o papel do homem na história do mundo. O resultado é **uma obra essencial** que nos ajuda a **perceber melhor o mundo e o ser humano**.



**v o g a i s**

com todas as letras

20|20 editora

ISBN 978-989-668-899-8



9 789896 688998

História