

EUREKA! AS DESCOBERTAS QUE MUDARAM A CIÊNCIA

ADRIANO CERQUEIRA
COM ILUSTRAÇÕES DE RICARDO GALVÃO

Coordenador da Coleção: David Marçal

 **DESASSOSSEGO**
LIVROS PARA PENSAR

ÍNDICE

Prefácio	9
Introdução	11
Big Bang	13
Abiogénese	17
Datação Radiométrica	21
Hipótese do Grande Impacto	27
Tectónica de Placas	33
Fósseis	41
Dinossauria	47
Evolução	55
Princípio de Arquimedes	63
Heliocentrismo	67
Lei da Gravitação Universal	73
Leis de Newton	79
Combustão do Oxigénio	85
Teoria dos Germes na Doença	89
Microbiologia	95
Penicilina	99
Genes	103
Vacinas	109
A Célula	115
DNA	121
HeLa	129
Radiação e Radioatividade	133
Fissão Nuclear	139

Lei de Moore	145
Grafeno e Nanotecnologia	149
Epigenética	153
CRISPR	159
mRNA	163
Mecânica Estatística	167
Física Quântica	171
Relatividade Especial	179
Relatividade Geral	181
Teoria da Informação	189
Teoria dos Jogos	193
Lei de Hubble	199
Leis de Kepler	203
Leis da Termodinâmica	207
Efeito Doppler	211
Princípio de Incerteza de Heisenberg	217
Galáxias	221
Buracos Negros	227
Equação de Drake	235
Paradoxo de Fermi	239
Bosão de Higgs	245
Fusão Nuclear	249
Teoria das Cordas	253
Matéria Escura	257
Supersimetria	263
Teoria dos Campos Quânticos	269
Teoria de Tudo	273
Conclusão	277
Agradecimentos	279
Bibliografia	281

PREFÁCIO

A palavra *descobrir* surgiu pela primeira vez na Europa na língua portuguesa, associada às descobertas marítimas. Cristóvão Colombo descobriu a América na noite de 11 para 12 de outubro de 1492, mas não usou a palavra, apesar de esta ser usada em português pelo menos desde 1486, porque escreveu o seu relato de viagem em castelhano e latim. A existência da América era algo que os europeus seus contemporâneos desconheciam. Como poderia ser designado o encontro de algo que não se sabia existir? Nos verbos latinos havia algumas possibilidades, como *invenio* («encontrar»), *reperio* («obter») e *exploro* («explorar») – Colombo usou o primeiro. Mas nessa altura só os portugueses dispunham de uma palavra – *descobrir* – para descrever com propriedade essa situação. «Des-cobrir» era revelar algo desconhecido.

De acordo com o historiador britânico David Wootton, a nova palavra começou a ser usada na Europa a partir de 1504: a palavra *descoperio*, usada por Américo Vespúcio, era uma versão importada do português. Nas décadas seguintes foi fixada em várias outras línguas europeias, como o holandês, o francês, o espanhol e o alemão.

Se inicialmente a palavra «descoberta» estava associada à geografia, ela rapidamente se generalizou para aludir também às descobertas da mente, proporcionadas por uma nova forma de apreensão do mundo surgida com a Revolução Científica.

De facto, vários autores consideram que a descoberta da América e de outras terras foi uma das pré-condições para a Revolução Científica dos séculos XVI e XVII, ou seja, para o desabrochar da ciência moderna, o que Wootton

chama «a invenção da ciência». Existiram outras, claro, designadamente, por volta de 1450, a reinvenção no Ocidente da prensa tipográfica (os chineses já a conheciam) – a enorme difusão de livros impressos, em número muito superior aos morosos manuscritos, mudou o mundo. As descobertas geográficas tiveram um indubitável papel de relevo, pois serviram como inspiração, metáfora e modelo para a Revolução Científica, que marcou a transição do pensamento antigo para o pensamento moderno. Nos Descobrimentos já havia alguma observação cuidadosa e raciocínios lógico-matemáticos que caracterizam a ciência tal como a conhecemos hoje: basta pensar no uso dado ao astrolábio náutico, que permitia determinar a latitude a que se encontrava um navio, medindo a altura de um astro acima do horizonte.

A ciência moderna é caracterizada por uma ideia de progressos constantes no conhecimento, que se obtêm através da recolha de factos baseados na observação e na experimentação, que foram impulsionadas pelo uso de instrumentos como o telescópio e o microscópio (o homem passou a confrontar-se com o muito grande e com o muito pequeno) e pela matematização (para Galileu, o Universo, a que chamou «Livro da Natureza», estava escrito em linguagem matemática). Desde que a ciência foi «inventada», o progresso tem sido impressionante, com uma torrente de descobertas que expandiram extraordinariamente os nossos horizontes de conhecimento. A forma de pensar decorrente da ciência moderna está hoje bem patente na nossa sociedade. Em geral, aqueles que contestam o conhecimento científico estabelecido fazem-no supondo que existem factos e que é possível obter conhecimento novo com base neles.

Naturalmente que o conhecimento não se iniciou com a Revolução Científica – a ciência moderna não surgiu do nada. As raízes da ciência, manifestas no uso da racionalidade, estão na Grécia antiga, para não ir mais longe, ao tempo dos sumérios e dos egípcios. Mas a aceleração tremenda no avanço do conhecimento que ocorreu com a ciência moderna é um fenómeno que marca a nossa civilização. O conhecimento muda o mundo, muda a nossa vida. E é disso que trata este livro de Adriano Cerqueira, jornalista e produtor do premiado programa radiofónico «90 segundos de ciência». O autor apresenta, de um modo acessível, todo um conjunto de descobertas e teorias, dando ao leitor comum uma ideia não só do alargamento da nossa mente, mas também da melhoria da nossa vida.

Lisboa, 21 de julho de 2023
David Marçal

INTRODUÇÃO

Em qualquer aventura, o que importa é partir, não é chegar.

Miguel Torga

Quando pensamos nas grandes descobertas científicas, a primeira imagem que nos vem à mente é a do «momento Eureka!». Uma espontânea epifania que leva a que todas as peças se encaixem de forma perfeita para revelar a solução do problema que nos atormentava.

A realidade, como estão prestes a descobrir, é bem mais mundana. Embora o acaso e a inspiração desempenhem o seu próprio papel, a descoberta científica é quase sempre o resultado de um longo período de estudo, de observação e de experiências cujo resultado, muitas vezes, fica aquém das expectativas.

Mas é precisamente no erro que encontramos a beleza do método científico. Cada experiência falhada, cada hipótese refutada, cada cálculo riscado, dá-nos pistas sobre qual o caminho a seguir. Podemos não estar mais perto da solução do que quando começámos, mas pelo menos sabemos que não a iremos encontrar aqui.

Outras vezes, ao procurarmos a resposta para uma questão, encontramos a chave para um problema que nem sequer nos tinha ocorrido. E mesmo quando a solução é revelada, descobrimos que ela trazia consigo novos caminhos prontos para serem explorados.

A resposta a uma questão levanta novas questões, e assim sucessivamente. É este o ímpeto da descoberta científica. Uma contínua aventura cujo destino não é mais importante do que o caminho para lá chegar.

Os becos sem saída, as pedras, as montanhas, as tempestades, mas também os abrigos, as pausas, as paisagens e os amigos que fazemos ao longo

do caminho. São todas estas experiências, boas e más, que enriquecem uma aventura. E são estas as histórias que relembramos quando enfim chegamos ao nosso destino.

É precisamente isso que vos aguarda nesta longa jornada pela História da Ciência. Pensem neste livro como uma crónica de viagem que vos irá guiar por cada estação e apeadeiro num percurso com origem há mais de 13 mil milhões de anos e numa linha em constante expansão.

Vamos viajar desde o início do Universo ao nascimento do Sistema Solar. Dos confins do interior da Terra às galáxias mais distantes. Dos organismos microscópicos à complexidade da nossa própria evolução.

Vamos conhecer o invisível e olhar bem para lá do horizonte. Vamos explorar a natureza da própria matéria e visitar a fronteira em que a física se transforma em biologia.

Vamos visitar os laboratórios, as salas de aula, os ambientes e até as banheiras onde estas descobertas foram feitas. E vamos conhecer os cientistas, os investigadores, os académicos e os cidadãos comuns cujo contributo foi essencial para construir o caminho por onde hoje caminhamos.

Esta é a sua História.

BIG BANG

A Teoria do Big Bang não é apenas uma série de comédia sobre as desventuras amorosas de um grupo de cientistas em Los Angeles cujas piadas não envelheceram assim tão bem, mas sim o principal modelo cosmológico que explica a origem do Universo – ou pelo menos os eventos que ocorreram imediatamente a seguir à sua criação.

No entanto, curiosamente, esta teoria tem uma origem quase tão improvável como o sucesso da relação entre o Leonard e a Penny.

Espero que estejam sentados enquanto leem isto, e de preferência não no lugar do Sheldon, pois a teoria do Big Bang teve como um dos seus principais autores Georges Lemaître, um físico belga e padre católico.

Mas, como é hábito nas grandes descobertas científicas, Lemaître foi apenas um elemento de um vasto trabalho colaborativo com base em diversas observações do cosmos.

Temos de recuar até 1912, o mesmo ano em que um famoso cruzeiro teve um inesperado encontro com um icebergue, para encontrarmos as primeiras observações que vieram a servir de base para a teoria do Big Bang.

Nesse ano, Vesto Slipher, um astrónomo norte-americano, observou que as galáxias, na altura ainda conhecidas como nébulas espirais, se estavam a afastar da Terra. Uma observação que foi recebida pela comunidade científica com muito ceticismo pois, no início do século xx, o conceito de galáxia ainda não estava devidamente formado e, para muitos astrónomos, a Via Láctea era o Universo.

Na década de 1920, Alexander Friedmann, um cosmólogo e matemático russo, usou as equações de campo de Einstein para demonstrar que o

Universo estaria em expansão, uma proposta que contrariava a teoria prevalente na altura de que o Universo era uma entidade constante e infinita, que sempre teria existido.



Ao mesmo tempo, Edwin Hubble, um astrónomo norte-americano cujo nome foi imortalizado no primeiro telescópio espacial lançado pela NASA, com o apoio de Williamina Paton Fleming, conseguiu demonstrar que as chamadas nébulas espirais eram de facto galáxias e que a Via Láctea não passava de mais uma galáxia num vasto Universo em expansão.

Vamos tirar um momento para pensar no que isto significa. Há menos de cem anos, a Humanidade acreditava de forma convicta que todo o Universo era apenas a nossa galáxia. Existem pessoas ainda hoje vivas que foram contemporâneas desta discussão.

De regresso aos loucos anos 20, em 1929, Hubble fechou a década com a descoberta de uma correlação entre a distância e a velocidade de recessão das restantes galáxias em relação à Via Láctea. Esta correlação deu origem à Lei de Hubble, e confirmou as observações propostas por Lemaître.

Dois anos antes, em 1927, Lemaître tinha proposto que a recessão das nébulas espirais se devia à expansão do Universo, mas só em 1931 é que o físico belga (que também era padre, não se esqueçam) sugeriu que, se calcularmos

o ritmo de expansão do Universo e o projetarmos para o passado, este ficaria cada vez mais pequeno até atingir um momento em que toda a massa do Universo estivesse concentrada num único ponto, o momento preciso em que o espaço e o tempo começaram a existir. O Big Bang.

No entanto, foi ainda necessário esperar algumas décadas para esta se tornar a teoria prevalente sobre a origem do Universo.

Curiosamente, um dos principais críticos desta teoria, um astrónomo britânico chamado Fred Hoyle, foi o responsável por cunhar o termo «Big Bang», depois de em 1949 ter chamado a teoria de Lemaître de «a ideia do Big Bang» numa entrevista à BBC.

A discussão terminou após a descoberta, em 1964, da radiação cósmica de fundo em micro-ondas, uma radiação eletromagnética que pode ser observada em todo o Universo, e que remete para o momento inicial da sua criação. Uma espécie de fóssil eletromagnético da expansão inicial após o Big Bang.

Esta descoberta, aliada ao trabalho científico de físicos e astrónomos como Roger Penrose, Stephen Hawking e George Ellis, permitiu aprimorar esta teoria e abrir o caminho para novas áreas do conhecimento, e para o estudo de objetos cosmológicos como a energia escura e a matéria escura.

Mas, afinal, o que diz a teoria do Big Bang? Esta teoria é atualmente o modelo cosmológico que explica a existência do Universo desde o seu momento inicial de expansão até à sua evolução futura.

Este modelo descreve como o Universo se expandiu a partir de um estado inicial altamente denso e com temperaturas elevadas, em que toda a massa estava concentrada num único ponto, tipicamente conhecido como a singularidade.

Basicamente, através dos estudos de Hubble e Lemaître foi possível observar que quanto mais longe uma galáxia está de nós, mais rapidamente esta se afasta da Terra e da Via Láctea. Esta observação conclui que o Universo está em expansão e que o ritmo dessa expansão está a acelerar.

Ao extrapolar este ritmo de expansão para trás no tempo, esta teoria descreve um Universo cada vez mais concentrado, até chegarmos à singularidade inicial.

Através da medida deste ritmo de expansão foi possível calcular que o Big Bang teve lugar há cerca de 13,8 mil milhões de anos.

O Big Bang é muitas vezes ilustrado como uma explosão; no entanto, é mais correto referirmo-nos a ele como uma expansão. Quase como um balão que, após um momento inicial, começou a ser enchido de ar e a aumentar de volume, mas a uma escala consideravelmente infinita.

A partir deste momento altamente denso, o Universo começou a expandir e a arrefecer, permitindo, primeiro, a criação de partículas como elétrons, prótons e neutrões, e, mais tarde, átomos. Foi preciso esperar cerca de 100 milhões de anos para que nuvens altamente condensadas de átomos de hidrogénio, hélio e lítio se juntassem para formar as primeiras estrelas, e mais 300 milhões de anos para o nascimento das primeiras galáxias.

Hoje olhamos para o céu através de telescópios terrestres e espaciais como o *Very Large Telescope*, o *Hubble* e o *James Webb*, que, a cada dia que passa, alimentam a nossa fome de conhecimento sobre o Universo.

Estes avanços científicos e tecnológicos colocam a Teoria do Big Bang em constante mutação e reforçam a importância daquelas observações iniciais que, há mais de um século, abriram as portas da Humanidade para a compreensão do cosmos.

ABIÓGÉNESE

O nosso Universo estava num sono denso e quente até que há 13,8 mil milhões de anos começou a expandir-se num evento conhecido como o Big Bang. É a partir deste momento que as primeiras partículas subatómicas são formadas e que as quatro grandes forças fundamentais que governam toda a física começam a emergir. Primeiro a gravidade, depois o eletromagnetismo, e, por fim, a força nuclear forte e a força nuclear fraca.

Com o tabuleiro a ocupar o seu espaço na mesa, e com as regras bem definidas, as primeiras peças começam a ganhar forma. Cem mil anos após o Big Bang surgem os primeiros átomos de hidrogénio e de hélio que, aos poucos, começam a juntar-se para formar as primeiras moléculas.

Foi preciso esperar entre 200 a 500 milhões de anos para as primeiras estrelas aparecerem em jogo, rapidamente seguidas pelas primeiras galáxias. Um grupo no qual se encontra aquela que um dia viria a ser a casa do nosso sistema solar, a Via Láctea.

É no núcleo destas estrelas que os primeiros metais são forjados, oferecendo à tabela periódica novos elementos para fazer companhia ao hidrogénio e ao hélio do Universo primordial.

Com o passar dos milénios, novas estrelas nascem e morrem, num ciclo constante de destruição e criação de novos elementos. O oxigénio, o ferro, o azoto, o carbono, e todos os restantes elementos, são violentamente libertados dos núcleos destas estrelas e espalhados como pólen, pronto para fertilizar a próxima geração de estrelas.

Até que, há 4,6 mil milhões de anos, o nosso Sol se formou, e com ele a

Terra e os restantes planetas. No início, o nosso planeta era um local inóspito, com uma temperatura média acima dos 230 graus celsius, e constantemente bombardeado por meteoros. Um cenário tão dantesco que os geólogos deram a este período o nome de Hadeano, inspirado em Hades, o deus grego do submundo.

Mas, aos poucos, a Terra começou a arrefecer, os oceanos começaram a formar-se, e, há cerca de 3,8 mil milhões de anos, os primeiros sinais de vida surgiram, e o último ancestral comum a todos os seres vivos do nosso planeta entrou em cena. O nome dele é LUCA (inglês para *last universal common ancestor*) e, tanto quanto sabemos, não viveu num segundo andar, mas sim numa fonte hidrotermal.

Sendo a Terra um planeta geologicamente ativo, e considerando que os seres unicelulares não fossilizam assim tão bem, é muito pouco provável que algum dia encontremos evidências fósseis da existência deste ancestral comum. No entanto, não é apenas em rochas que podemos encontrar registos fósseis, também é possível descobrir evidências do nosso passado evolutivo em outro local: o nosso genoma.

E foi precisamente isso que em 2016 uma equipa da Universidade de Düsseldorf, na Alemanha, liderada pela bióloga Madeline C. Weiss, fez. Ao estudar o genoma de mais de 6 milhões de genes de diferentes seres vivos, esta equipa conseguiu identificar cerca de 355 grupos de proteínas que, muito provavelmente, eram comuns a este primeiro organismo.

A partir deste grupo de proteínas, esta equipa conseguiu inferir que o LUCA terá habitado fontes hidrotermais ricas em hidrogénio, dióxido de carbono e ferro, usando os elementos químicos presentes no seu ambiente para produzir energia e para se replicar.

Este simples ser unicelular deu origem a toda a complexidade de vida que hoje temos no nosso planeta. Mas de onde é que ele veio e que processos levaram à sua origem?

A principal teoria que procura dar resposta a estas questões tem o nome de abiogénese. A abiogénese descreve um processo natural no qual a vida é formada a partir de compostos orgânicos simples, com o carbono, o azoto, o hidrogénio e o oxigénio.

Possivelmente já terão ouvido falar da sopa primordial. Um local onde, através de reações químicas, as primeiras moléculas de RNA (ácido ribonucleico) ganharam forma e deram o primeiro passo para a evolução da vida na Terra.

Hoje em dia, a hipótese científica prevalente é que a transição de compostos orgânicos simples para os primeiros micro-organismos não teve lugar num único evento, mas sim através de um processo evolutivo complexo.

Durante a formação da Terra, o nosso planeta foi bombardeado por meteoros que na sua composição traziam água e compostos orgânicos. À medida que a Terra foi arrefecendo, os oceanos ganharam forma, e os compostos orgânicos encontraram nesse ambiente primordial as condições ideais para a formação de novos compostos.

A partir daí foram sintetizadas as primeiras moléculas orgânicas, que, por um acaso de sucessivas combinações, aprenderam a produzir proteínas e a multiplicar-se, até chegarem a um ponto em que este material orgânico era capaz de se organizar em diferentes organelos no interior de uma membrana celular.

Pelo caminho, podemos apenas imaginar os distintos desenhos de seres vivos em potência que, por um motivo ou outro, nunca chegaram a existir, mas no nosso planeta foi este o caminho que a vida seguiu.

Sabemos então a ordem com que este processo terá ocorrido, mas não o que o motivou. O estudo da abiogénese consiste em determinar como reações químicas deram origem aos primeiros seres vivos num ambiente bem distinto daquele em que hoje vivemos.

A vida na sua forma mais básica precisa de água e de carbono, e depende de quatro famílias químicas: os lípidos, para construir as membranas celulares; os hidratos de carbono, como os açúcares que nos dão energia, os aminoácidos para construir proteínas, e os ácidos nucleicos, como o DNA e o RNA, que contêm no seu código genético as instruções para a síntese das proteínas necessárias para a sobrevivência dos seres vivos e para a sua reprodução.

EXPERIÊNCIA MILLER-UREY

Em 1952, Stanley Miller e Harold Urey, cientistas da Universidade de Chicago, nos EUA, conseguiram demonstrar que era possível sintetizar aminoácidos a partir de compostos inorgânicos replicando em laboratório as condições da Terra primordial.

A inspiração para esta experiência partiu de uma hipótese sugerida pelo químico soviético Alexander Oparin e pelo inglês John Haldane. Esta hipótese propunha que as condições da Terra primitiva favoreciam as reações químicas de síntese de compostos orgânicos complexos.

O sucesso da experiência Miller-Urey levou os cientistas a propor que a interação com fontes externas de energia, como relâmpagos ou radiação, terá também contribuído para esta reação química.

MUNDO HAP

Outra hipótese é a do Mundo dos Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP). Os HAP são umas das moléculas mais abundantes no nosso Universo, uma fonte de armazenamento de carbono que terá sido formada pouco após o Big Bang e que pode ser observada na formação de novas estrelas e exoplanetas, em cometas, meteoritos, no meio interestelar e até em nébulas. Por esse motivo, os cientistas acreditam que os HAP terão estado presentes nos oceanos da Terra primordial.

Esta hipótese propõe que os HAP terão sido as moléculas precursoras do RNA, sugerindo que estas possam ter sido formadas no meio interestelar pela ação de reações químicas que levaram à síntese de compostos orgânicos complexos.

Esta ideia propõe então que estas moléculas ter-se-ão formado no espaço e encontrado na Terra as condições ideais para se desenvolverem em moléculas orgânicas mais complexas como é o caso do RNA, a molécula que terá servido de planta para o desenho dos primeiros seres vivos.

Não devemos, no entanto, confundir a hipótese do Mundo HAP com a teoria da panspermia. Esta teoria propõe que a vida terá tido origem em outro planeta e chegado à Terra por via de um cometa ou de um meteoro. Mesmo que esta teoria um dia seja provada correta, a mesma não responde à questão principal: como é que compostos inorgânicos deram origem a seres vivos complexos.

A abiogénese é uma teoria em crescimento. Atualmente sabemos que os compostos orgânicos podem ser sintetizados em laboratório, e que os mesmos são comuns no nosso Universo. No entanto, a cada nova descoberta é levantado um pouco o véu sobre a origem da vida no nosso planeta. São muitos ainda os buracos por preencher, mas é, em parte, esse desafio que torna tão aliciante o jogo da investigação científica.

DATAÇÃO RADIOMÉTRICA

Quando alguém nos pergunta a idade, nós respondemos de forma instantânea. Fazemos isto porque nos lembramos do nosso último aniversário. Mesmo que os pormenores desse dia possam estar toldados pelas ações de uma festa mais ou menos intensa, pelo menos o número indicado nas velas do nosso bolo está bem gravado na nossa memória.

Se soubermos a data de nascimento de alguém, também facilmente conseguimos chegar à sua idade através de uma simples conta de subtração. No entanto, isto fica mais difícil quando falamos de eventos históricos.

Alguns têm no próprio nome a data da sua ocorrência, como o 25 de Abril de 1974, o 5 de Outubro de 1910 ou o trágico 11 de Setembro de 2001, mas para nos lembrarmos das datas dos restantes, ou temos uma boa memória das aulas de História do ensino básico, ou precisamos de recorrer ao maior arquivo histórico da Humanidade, a Wikipédia.

Mas por mais úteis que os registos históricos sejam, as suas limitações começam a vir ao de cima à medida que viajamos para trás no tempo. Um arqueólogo pode inferir a data de um artefacto pelo período da civilização que o criou, mas essa técnica pode ser imprecisa, especialmente quando o local está a ser explorado pela primeira vez.

O mesmo acontece se quisermos conhecer a idade de um fóssil, de uma estrutura geológica ou da própria Terra. Em cada um destes casos é naturalmente impossível encontrar um qualquer registo humano que permita determinar a sua idade.

Para resolver este problema precisamos de encontrar nas propriedades do

objeto algo que nos ajude a datá-lo. Por exemplo, se quisermos saber a idade de uma árvore, podemos recorrer a uma técnica chamada de dendrocronologia, um método de datação que nos permite determinar a sua idade através dos padrões dos anéis do seu tronco.

Cada anel corresponde a um período de crescimento, e a sua grossura é determinada pela capacidade que a árvore teve numa determinada estação de obter água e nutrientes. Ou seja, se a árvore passar por um período de seca, esta terá um anel mais fino, e um mais grosso se passar por um período de abundância.

A dendrocronologia é uma técnica tão bem estudada que neste momento temos registos dendrocronológicos de várias regiões do Mundo, cujos padrões podem ser usados para datar árvores cortadas há mais de 10 mil anos.

Os anéis de uma árvore funcionam como um diário do seu crescimento, mas também como um código de barras que pode ser hoje colocado numa base de dados e datado com um nível alto de previsão.

Mas mesmo esta técnica não nos pode ajudar a datar objetos que não sejam encontrados ao lado de um tronco, ou que sejam mais antigos que o registo dendrocronológico. Para tal, precisamos de ir mais a fundo e olhar para a sua própria estrutura molecular.

CARBONO-14

Uma das técnicas de datação mais conhecidas é a datação por Carbono-14. Esta técnica permite determinar a idade de um objeto ao analisar as propriedades do material orgânico nele presente.

Esta técnica foi desenvolvida por Willard Libby, um químico da Universidade de Chicago, e foi tão revolucionária que lhe valeu o Prémio Nobel em 1960. Mas em que é que consiste a datação por Carbono-14?

O Carbono-14 é um isótopo de carbono que está constantemente a ser criado na atmosfera terrestre por interação dos raios cósmicos com o azoto atmosférico. Este isótopo de carbono combina depois com oxigénio para formar uma espécie radioativa de dióxido de carbono. Este dióxido de carbono é absorvido pelas plantas através da fotossíntese, que, por sua vez, introduzem este carbono radioativo na cadeia alimentar.

Assim que um animal, ou uma planta, morre, deixa de consumir mais Carbono-14. A partir desse momento, o Carbono-14 presente nos seus tecidos começa a decair. Para explicar porque é que isto acontece temos de dar alguns passos atrás.

Os elementos químicos são compostos por eletrões, prótons e neutrões.

O carbono, na sua forma mais estável, conhecida por Carbono-12, tem seis eletrões, seis protões e seis neutrões. Nesta situação, o 12 refere-se ao número total de protões e neutrões no núcleo deste átomo.

O Carbono-14 formado na nossa atmosfera é composto por seis eletrões, seis protões e oito neutrões. Segundo a lei da termodinâmica, os átomos estão sempre à procura de estabilidade, e ter mais dois neutrões no seu núcleo torna o Carbono-14 instável.

Isto significa que, com o passar do tempo, o Carbono-14 decai, liberta estes dois neutrões e assume a forma mais estável de Carbono-12.

A melhor parte é que este processo pode ser medido. Atualmente, sabemos que o tempo de meia-vida do Carbono-14 é de 5730 anos. Isto significa que, no fim deste período, metade do Carbono-14 presente numa amostra irá decair para Carbono-12.

Ao analisarmos o rácio de Carbono-14 para Carbono-12 numa determinada amostra, podemos calcular a sua idade. Quanto mais antigo o objeto for, menos Carbono-14 terá.

Esta técnica permite-nos datar objetos até 50 mil anos de idade, pois para lá deste período todo o Carbono-14 presente numa amostra já terá decaído para Carbono-12.

Isto faz do Carbono-14 uma boa técnica para datar artefactos arqueológicos, ou até mamutes presos no gelo. No entanto, para irmos mais longe, precisamos de outro elemento, um que, de preferência, tenha uma meia-vida consideravelmente mais longa.

MEIA-VIDA

O Carbono-14 é apenas um dos vários métodos de datação radiométrica. Estes métodos diferem na escala de tempo em que são mais precisos e no tipo de material.

Toda a matéria é composta por diferentes combinações de elementos químicos, cada um com um número determinado de protões no seu núcleo. O número de protões no núcleo de um átomo é conhecido por número atómico. Já demos o exemplo do Carbono, que tem seis protões no seu núcleo, o que lhe dá um número atómico de 6. O hidrogénio tem apenas um protão no seu núcleo e por isso o seu número atómico é 1, enquanto o oxigénio tem um número atómico de 8, por ter oito protões no seu núcleo.

Tal como acontece com o Carbono, um elemento pode ter diferentes isótopos que diferem no número de neutrões no núcleo de cada átomo. No entanto, alguns destes isótopos podem ser instáveis. Isto significa que num

determinado momento eles poderão sofrer um decaimento radioativo e liberar alguns dos neutrões presentes no seu núcleo, transformando-se num outro isótopo, ou até mesmo num elemento diferente, como acontece, por exemplo, com o Urânio-238 que decai para Chumbo-206.

O momento em que o decaimento de um único átomo ocorre é imprevisível. No entanto, por métodos estatísticos, é possível calcular o ritmo de decaimento de um dado elemento numa amostra, através de um parâmetro conhecido como meia-vida.

A meia-vida é o tempo necessário para que a quantidade de um elemento se reduza para metade do seu valor inicial. Este processo foi descoberto por Ernest Rutherford, um físico neozelandês, em 1907.

Nesse mesmo ano, Rutherford propôs a Bertram Boltwood, um químico norte-americano, usar a meia-vida como um método de datação. Boltwood anuiu a este pedido e desenvolveu a técnica que hoje conhecemos como datação radiométrica.

Esta técnica permite datar qualquer objeto que tenha tido na sua composição um elemento radioativo, ao analisar o rácio entre o isótopo original e o produto do seu decaimento.

Para objetos mais antigos que o limite de 50 mil anos do Carbono-14 é usado um isótopo de Urânio-238 que decai para Chumbo-206 e que tem uma meia-vida de 4,5 mil milhões de anos.

Se este número vos parece familiar é porque ele é idêntico à idade do nosso planeta.

Para a determinar, Clair Cameron Patterson, um geoquímico norte-americano, analisou o rácio de diferentes isótopos radioativos encontrados em meteoritos e em rochas lunares, e chegou à conclusão de que a Terra tem 4,543 mil milhões de anos.

Patterson usou meteoritos, pois as amostras geológicas recolhidas na Terra não permitem dar uma data precisa da sua formação. Isto acontece porque, como a Terra é um planeta geologicamente ativo, estão sempre a ser formadas novas rochas, e aquelas que estavam presentes no momento da sua formação há muito que foram transformadas por ação da erosão e da tectónica de placas.

E se o conseguimos fazer em meteoritos, podemos também usar esta técnica para datar a idade de uma rocha, de um fóssil ou de uma estrutura geológica. Só precisamos de saber que isótopos estão presentes num determinado objeto e qual é a sua meia-vida.

A meia-vida dos diferentes isótopos pode variar desde menos de um segundo a milhares de milhões de anos. Por exemplo, o samarium-147 tem uma

meia-vida de 100 mil milhões de anos, quase dez vezes mais do que a idade do nosso Universo.

Podem imaginar os isótopos radioativos como um conjunto de régua e fitas métricas de diferentes tamanhos. Se precisarmos de medir o tamanho de um livro, uma régua pode ser suficiente, já se quisermos medir o tamanho de uma sala, provavelmente precisaremos de uma fita métrica.

Assim, ao conhecer os tempos de meia-vida de cada elemento, os cientistas podem usar diferentes isótopos para determinar com mais precisão a idade de um objeto.

HIPÓTESE DO GRANDE IMPACTO

Desde os primórdios da Humanidade que nos deixámos maravilhar pelo céu noturno. Por entre as estrelas vimos deuses, desenhámos constelações e encontramos nelas o chamamento para as mais épicas histórias alguma vez contadas.

No entanto, há um objeto em particular que sempre nos intrigou: a Lua. O reflexo da luz na sua superfície iluminou as noites mais escuras, quando grande parte do nosso Mundo ainda era um mistério. As suas fases inspiraram os nossos primeiros calendários e ajudaram as primeiras sociedades agrícolas a preparar a colheita para o longo inverno.

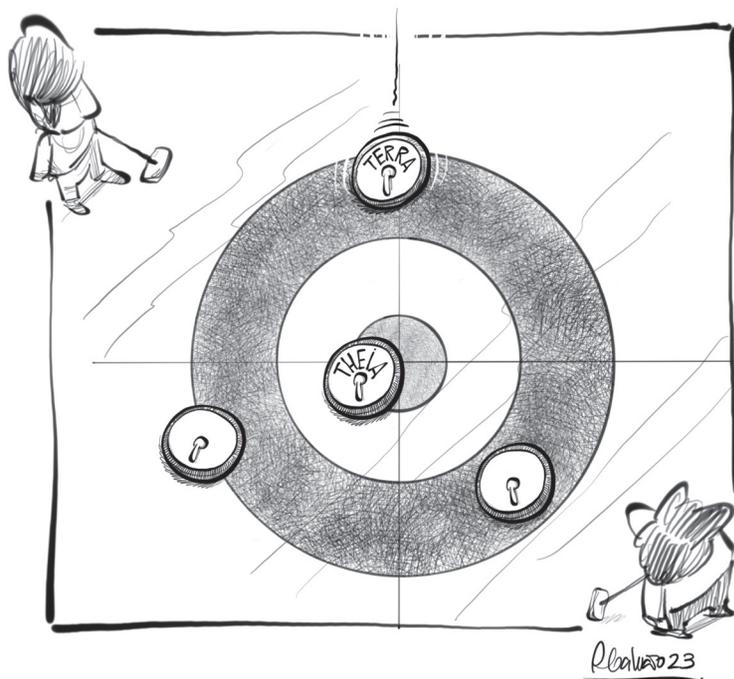
Na sua face vimos um rosto, e na sua superfície imaginámos reinos, princesas, florestas e até coelhos. Como exploradores, sonhámos um dia também conquistá-la. Um sonho enfim concretizado a 16 de julho de 1969, quando, num pequeno passo, Neil Armstrong deu um grande salto para a Humanidade.

A Lua é uma constante tão presente no nosso imaginário coletivo que muitas vezes acabamos por a tomar como garantida. Mas nem sempre foi assim.

Durante um breve período de tempo, a Terra atravessou o sistema solar sem a sua eterna companheira. Até que há cerca de 4,5 mil milhões de anos, mais ou menos entre 20 a 100 milhões de anos após a formação do sistema solar, a Terra colidiu com um planeta do tamanho de Marte chamado Theia.

A colisão entre estes dois planetas terá sido algo de tão catastrófico como de espetacular mas, quando as poeiras enfim assentaram, a Terra não mais

estaria condenada a uma eternidade de solidão, tendo agora na sua órbita a sua mais fiel companheira, a Lua.



FORÇAS CENTRÍFUGAS E IMPACTOS TANGENCIAIS

Esta hipótese começou a ganhar forma quando em 1898, George Darwin, um astrónomo britânico cujo pai ficou famoso por uma obra que talvez conheçam chamada *A Origem das Espécies*, sugeriu que a Terra e a Lua tinham em tempos sido parte de um único corpo celeste.

Darwin propôs que no início do sistema solar este planeta hipotético tinha um período de rotação tão curto que as forças centrífugas provocadas por esta rotação tinham feito com que um pedaço de rocha derretida se soltasse deste planeta dando origem à Lua.

Inspirado pelo trabalho de Isaac Newton, George Darwin calculou que a Lua tinha em tempos tido uma órbita que a colocava bem mais próxima da Terra do que a sua órbita atual, e também que esta se estava a afastar.

Contudo, apesar dos seus esforços, Darwin nunca conseguiu calcular o preciso momento em que a Lua se tinha desapegado da superfície da Terra.

Apesar disso, esta ideia ganhou uma forte popularidade e acabou por

ser adotada pela comunidade científica da época como uma forte justificação para o dilema da formação da Lua.

Até que em 1946, Reginald Aldworth Daly, um geólogo canadiano da Universidade de Harvard, contestou esta ideia propondo que a Lua se tinha formado a partir da colisão de um grande objeto celeste com o nosso planeta.

Esta hipótese caiu no esquecimento durante quase 30 anos, até que, em 1969, dois astrónomos norte-americanos, William K. Hartmann e Donald R. Davis, publicaram um artigo que fez ressurgir esta proposta.

Hartmann e Davis desenharam um modelo que sugeria que nos primórdios do sistema solar se tinham formado diversos pequenos planetas que acabaram por colidir entre si, ou por ser capturados por planetas maiores.

Eles propuseram então que um destes planetas teria colidido com a Terra e que esta colisão levou a que toneladas de material fossem ejetadas para o espaço, formando um anel em torno da Terra que eventualmente levou à formação da Lua.

Outra hipótese colocada por Alastair G. W. Cameron e William R. Ward propunha que a Lua se tinha formado a partir de uma colisão tangencial entre a Terra e um planeta do tamanho de Marte. Esta colisão teria removido grande parte da superfície desse planeta deixando o seu núcleo em órbita da Terra. O material ejetado de ambos os planetas após a colisão terá depois embatido neste núcleo, levando à formação da Lua.

O debate em torno deste mistério culminou em finais de 1969 durante uma conferência realizada no Havai sobre a origem da Lua. Com base nos dados recolhidos pela missão *Apollo*, os cientistas formaram aquela que viria a ser conhecida como a Hipótese do Grande Impacto que, até hoje, prevalece como a principal teoria que explica a formação do nosso satélite natural.

PROVAS E EVIDÊNCIAS

A Hipótese do Grande Impacto afirma que há 4,5 mil milhões de anos a Terra colidiu com um planeta do tamanho de Marte. Este planeta foi batizado com o nome de Theia, inspirado pela titã com o mesmo nome que na mitologia grega era a mãe de Selena, a deusa da Lua.

As principais evidências que suportam esta hipótese são o facto de que a rotação da Terra e a órbita da Lua têm uma orientação similar, e que o sistema Terra-Lua tem um momento angular anormalmente elevado, ou seja, que o momento de rotação da Terra, o momento de rotação da Lua, e a órbita da Lua em torno da Terra, são muito mais elevados do que os dos restantes planetas rochosos do nosso sistema solar.

As amostras recolhidas da superfície da Lua durante as missões *Apollo* sugerem também que esta foi em tempos derretida até uma profundidade considerável, algo que apenas seria possível pelas forças provocadas por um impacto entre dois planetas.

Análises da composição da Lua demonstram que esta tem um núcleo de ferro relativamente pequeno, o que a faz ser menos densa do que a Terra. Através de modelos de simulação computacional, foi possível demonstrar que a colisão com um planeta do tamanho de Marte faria com que parte do núcleo deste planeta se fundisse com o núcleo da Terra, deixando assim a Lua com um núcleo mais pequeno do que o dos outros planetas, refutando a hipótese de um impacto tangencial proposta por Alastair G. W. Cameron e William R. Ward.

A falta de elementos voláteis na Lua, ou seja, elementos com um baixo ponto de ebulição, como a água, o dióxido de carbono ou o metano, dá também a ideia de que estes se perderam após o impacto e que, dada a baixa gravidade da Lua, esta não conseguiu recuperá-los.

Evidências deste tipo de colisões foram também observadas noutros sistemas planetários, dando origem a anéis de detritos, similares aos de Saturno.

Para além disso, a nível químico, os elementos existentes nas rochas da Lua são muito similares aos encontrados nas rochas terrestres, o que implica que estes possam ter tido uma origem comum.

Esta ideia é suportada por análises de isótopos de oxigénio encontrados em rochas lunares que apoiam a hipótese de que tenha existido um contacto entre ambos os planetas.

Existem, contudo, ainda algumas questões por responder. Por exemplo, esta hipótese sugere que a colisão entre a Terra e o planeta Theia tenha aquecido a Terra a um ponto em que toda a sua superfície se transformou num oceano de magma. Isto permitiu que os materiais mais pesados se afundassem no núcleo do nosso planeta, dando origem às diferentes camadas que compõem o seu interior. No entanto, ainda não conseguimos desenhar um modelo deste impacto que resulte na formação de apenas uma Lua.

Também ainda não sabemos ao certo em que momento da sua História a Lua perdeu os seus elementos voláteis e, se as colisões entre planetas eram tão comuns, porque é que Vénus não tem nenhum satélite?

Mas, no fundo, é isto que move a ciência, a vontade de encontrar soluções para problemas que ainda não foram resolvidos.

De forças centrífugas, a colisões tangenciais, hoje é a Hipótese do Grande Impacto aquela que reúne maior consenso científico. Mas seja qual for a sua origem, a Lua continuará a ter o seu lugar no imaginário da nossa espécie e,

um dia, quando nela construirmos a nossa primeira casa no cosmos, será a partir da sua superfície que a Humanidade dará o salto definitivo para a exploração interplanetária.