

CARLOS FIOLHAIS

O UNIVERSO QUE NOS VIU NASCER

BRAGA

2016

O universo que nos viu nascer

CARLOS FIOLEAIS*

RESUMO

Partindo das “últimas notícias” sobre o Universo – o anúncio em 2016 da primeira detecção de ondas gravitacionais –, descreve-se as ondas e os objectos que lhes dão origem: os buracos negros. Tanto as ondas gravitacionais como os buracos negros foram previstas há um século no quadro da teoria da relatividade geral de Einstein. Também a teoria do Big Bang – que é, de certo modo, um enorme “buraco branco” – emergiu no mesmo quadro. Como houve um movimento de considerar que a teoria do Big Bang vinha legitimar científica o relato da Criação do Génesis, sumaria-se a evolução das relações da ciência com a religião, tendo como base as posições sobre esse assunto dos grandes astrónomos e cosmólogos como Galileu, Newton, Einstein, Lemaître, Hubble e Hawking. Discutem-se, em particular, as posições de Lemaître (que, sendo físico e padre católico, defendeu a separação entre ciência e religião), Einstein (autor de uma muito especial “religião cósmica”) e Hawking (um cientista ateu, que fala de Deus nos seus livros). A conclusão é, na linha do que afirmou Lemaître, que ciência e religião são independentes, mas compatíveis.

Palavras-chave: Universo, Ondas gravitacionais, Big Bang, Ciência, Religião

ABSTRACT

Starting from the latest news about the Universe – the announcement in 2016 of the first detection of gravitational waves, describes the waves and the objects that give rise to them: the black holes.

Both gravitational waves and black holes were predicted a century ago in Einstein's theory of general relativity. Also the Big Bang theory - which is in a sense a huge “white hole” - emerged in the same frame. As there was a movement to consider that

* Departamento de Física e Centro de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

the Big Bang theory scientifically legitimized the account of the Creation of Genesis, it summarized the evolution of the relations of science to religion, based on the positions on this subject of the great astronomers and cosmologists like Galileo, Newton, Einstein, Lemaître, Hubble, and Hawking.

Particularly discusses the positions of Lemaître (who, being a Catholic physicist and priest, defended the separation between science and religion), Einstein (author of a very special “cosmic religion”) and Hawking (an atheistic scientist, who speaks of God in your books). The conclusion is, according to Lemaître, that science and religion are independent but compatible.

Key words: Universe, Gravitational waves, Big Bang, Science, Religion

“Fascinante e tremendo: o Universo que nos viu nascer” foi o título que o núcleo de Braga da Faculdade de Teologia da Universidade Católica Portuguesa me propôs para uma conferência sobre a cosmologia actual, na Semana de Estudos Teológicos, realizada em Fevereiro de 2016. O nosso Universo é, de facto, fascinante, isto é, tem cativado a atenção dos seres humanos desde que eles existem na Terra, e, em resultado das suas continuadas e cuidadas observações, modernamente servidas por poderosos meios tecnológicos. A conclusão é que o Universo onde vivemos é tremendo, isto é, enorme e extraordinário. Não sabemos o tamanho do Universo (provavelmente é infinito), mas, na imensidão do espaço vazio, verificámos que ele é um cenário de permanente transformação: vemos estrelas que nascem, vivem e morrem, sempre em movimento, agrupadas em galáxias, também elas em rodopio incessante. O terceiro planeta a orbitar uma estrela média numa galáxia média, entre muitas outras, visto um pouco ao longe (ainda dentro do sistema solar) não passa de um “ponto azul-claro”, conforme lhe chamou o astrofísico americano Carl Sagan¹. Observado mais ao longe, nem sequer se vê. Inspirado numa foto do sistema solar tirada nos confins desse sistema, a 6,4 mil milhões de quilómetros da Terra, pela sonda *Voyager 1*, a 14 de Fevereiro de 1990, na qual a Terra aparecia como um minúsculo ponto azulado, Sagan comentou numa conferência que realizou na sua Universidade de Cornell em 1994²:

“Conseguimos tirar essa fotografia e, se a a olharem, vêem um ponto. É aqui. É a nossa casa. Somos nós. Nele viveram todas as pessoas de que ouviu falar, todas as pessoas que jamais existiram. O conjunto da nossa alegria e nosso sofrimento, milhares de religiões, ideologias e doutrinas económicas confiantes, cada caçador e colectador, cada herói e covarde, cada criador e destruidor de civilizações, cada rei e camponês, cada jovem casal de namorados, cada mãe e pai, cada criança cheia de esperança, cada

¹ Carl Sagan, *O Ponto Azul-Claro. Uma visão do futuro do homem no espaço* (Lisboa: Gradiva, 1995).

² https://en.wikipedia.org/wiki/Pale_Blue_Dot. Tradução minha.

inventor e explorador, cada professor de moral, cada político corrupto, cada “superestrela”, cada “líder supremo”, cada santo e cada pecador na história da nossa espécie viveram ali - num grão de pó suspenso num raio de sol.

A Terra é um cenário muito pequeno numa vasta arena cósmica. Pense nos rios de sangue derramados por todos aqueles generais e imperadores, para que, na sua glória e triunfo, pudessem ser senhores momentâneos de uma fração de um ponto. Pense nas crueldades sem fim infligidas pelos moradores de um canto deste pixel aos praticamente indistinguíveis moradores de algum outro canto. Quão frequentes os seus desentendimentos, quão dívidos de matar uns aos outros, quão veementes os seus ódios. As nossas posturas, a nossa suposta autoimportância, a ilusão de termos qualquer posição de privilégio no Universo, são desafiadas por este pontinho de luz pálida.

O nosso planeta é um grão solitário na imensa escuridão cósmica que nos cerca. Na nossa obscuridade, em toda esta vastidão, não há indícios de que vá chegar ajuda de outro lugar para nos salvar de nós próprios”.

Não foi o caso de Sagan, que era ateu, mas o fascínio do Universo não raro leva a uma resposta religiosa a respeito da existência do Universo e do homem. O filósofo e cientista francês Blaise Pascal escreveu nos seus *Pensées*³:

“Ante a cegueira e a miséria do homem, diante do universo mudo, do homem sem luz, abandonado a si mesmo e como que perdido nesse rincão do universo, sem consciência de quem o colocou aí, nem do que veio fazer, nem do que lhe acontecerá depois da morte, ante o homem incapaz de qualquer conhecimento, invade-me o terror e sinto-me como alguém que levasse, durante o sono, para uma ilha deserta, e espantosa, e aí despertasse ignorante de seu paradeiro e impossibilitado de evadir-se. E maravilho-me de que não se desespere alguém ante tão miserável estado. Vejo outras pessoas ao meu lado, aparentemente iguais; pergunto-lhes se se acham mais instruídas que eu, e me respondem pela negativa; no entanto, esses miseráveis extraviados se apegam aos prazeres que encontram em torno de si. Quanto a mim, não consigo afeiçoar-me a tais objetos e, considerando que no que vejo há mais aparência do que outra coisa, procuro descobrir se Deus não deixou algum sinal próprio. O silêncio eterno desses espaços infinitos me apavora. Quantos reinos nos ignoram!”

Mais modernamente, no século XX, um outro filósofo e cientista, o padre jesuíta francês Teilhard de Chardin escreveu em *L'Apparition de l'Homme*⁴: “Na escala do cosmos só o fantástico tem condição de ser verdadeiro.”

³ Fragmento 72 do livro “Pensamentos” de Blaise Pascal. Extraído do volume *Pensadores Franceses*, col. Clássicos Jackson, vol. XII. Rio de Janeiro, S. Paulo e Porto Alegre: W. M. Jackson, 1952. Tradução de J. Brito Broca e Wilson Lousada. Disponível em <http://revistacarbone.com/artigos/01o-homem-perante-a-natureza/>

⁴ Teilhard de Chardin, *L'Apparition de l'Homme* (Paris: Editions du Seuil), p. 234. Tradução minha.

Neste texto, baseado naquela referência, começo a apresentar algumas das últimas notícias vindas do cosmos – a detecção de ondas gravitacionais emitidas pela colisão de dois buracos negros, que ilustra precisamente a afirmação de Teilhard de Chardin – para depois expor resumidamente a atual visão científica da criação do mundo, que assenta principalmente nos trabalhos do físico suíço e norte-americano Albert Einstein, do astrofísico e padre belga George Lemaître e do astrónomo norte-americano Edwin Hubble. Comentarei no fim as relações da ciência física com a teologia, partindo das visões e vivências religiosas dessas grandes figuras. Para uma discussão mais alargada sobre ciência e religião, no contexto da cosmologia, remeto para outros escritos, de autores de referência⁵, ou meus⁶.

As últimas notícias que nos chegam do cosmos⁷

No dia 11 de Fevereiro de 2016, poucos dias antes da Semana Teológica de Braga, os meios de comunicação social de todo o mundo anunciaram a descoberta das ondas gravitacionais. Nesse dia foi publicado na revista *Physical Review Letters*⁸ um artigo da autoria da equipa da experiência LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Waves Observatory*) que apresentava a detecção de ondas de gravidade previstas há um século por Einstein e que eram há muito aguardadas pela comunidade científica. O LIGO, instituição financiada pela National Science Foundation, é constituído por duas instalações “gémeas”, uma no noroeste e outra no sul dos Estados Unidos, separadas por mais de três

⁵ *Enciclopédia Interdisciplinar de Ciência e Fé. Cultura Científica. Filosofia e Teologia*, vol. I Agno-Wepis (Lisboa: Verbo, 2008) (Manuel da Costa Freitas, coord.). Ver, em particular, os artigos “Cosmologia”, de William R. Stoger, pp. 386-401, “Cosmos, Observação do”, de F. Duccio Machedto, pp. 401-411, e “Criação”, de Giuseppe Tanzela-Nitti, pp. 411-432; *The Cambridge Companion to Science and Religion*, Peter Harrison (ed.), (Cambridge: Cambridge University Press, 2019); e Hans Kung, *O Princípio de Todas as Coisas, Ciência e Religião*, (Lisboa: Edições 70, 2011).

⁶ “Ciência e Religião” (debate com o bispo do Porto, D. Manuel Clemente, na Reitoria da Universidade do Porto, em 2009) <http://dererummundi.blogspot.pt/2010/02/ciencia-e-religiao.html>; Carlos Fiolhais, “Em Busca de Sentido: Ciência e Religião”, in Secretariado Diocesano da Evangelização e Catequese. *Em busca de Sentido: Ateísmo e Crença na Construção da Pessoa que Ama* (Coimbra: Gráfica de Coimbra, 2011), pp. 45-61; C. Fiolhais, prefácio a Bruno Nobre e Pedro Lind, *Dois dedos de conversa sobre o dentro das coisas* (Braga: Frente e Verso), pp. 15-21; Carlos Fiolhais, “A ciência e o divino”, in *Deus ainda tem futuro?*, Anselmo Borges (coord.), (Lisboa: Gradiva, 2014), pp. 53-70.

⁷ Há alguma sobreposição de conteúdo entre esta secção e o artigo Carlos Fiolhais e Sebastião Formosinho, “As ondas gravitacionais e a religião de Einstein”, *Estudos*, Nova Série (revista do Centro Académico de Democracia Cristã, de Coimbra), no prelo.

⁸ B. P. Abbott *et al.* (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration), *Physical Review Letters* **116**, 061102 (2016). Uma segunda observação de fenómeno semelhante foi apresentada em B. P. Abbott *et al.* (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration), *Physical Review Letters* **116**, 241103 (2016).

mil quilómetros. As duas completam-se já que tem de ser assegurado que um pequeno sinal detectado na Terra não é causado por um qualquer fenómeno terrestre mas sim por um fenómeno cósmico (as ondas gravitacionais vindas do espaço distante são extremamente ténues, podendo confundir-se com sons terrestres). Cada instalação constitui uma “antena” com a forma de um L, tendo cada braço quatro quilómetros de extensão. É possível medir com um feixe de luz laser o afastamento entre um par de espelhos nas extremidades de cada braço. Ora, os espelhos das duas instalações abanaram um bocadinho, durante um brevíssimo intervalo de tempo, apresentando o seu movimento oscilatório o padrão de uma onda transversal, em 14 de Setembro de 2015, quando a experiência começou a funcionar após ter sido completada uma melhoria dos equipamentos. O sinal recolhido nos dois sítios, com um desfazamento explicável pela velocidade finita das ondas gravitacionais (que é igual à da luz), foi o mesmo, impedindo que a explicação fosse outra que não a emissão, a mais de mil milhões de anos-luz de distância (muito mais além do que o sistema solar e muito mais além do que a nossa Galáxia, cujo diâmetro é de cerca de cem mil anos-luz) das ondas de gravidade.

Qual foi a origem dessas ondas? Para responder a esta pergunta é necessário entrar num caminho de algum modo especulativo, uma vez que esse conhecimento é proporcionado, de forma indirecta, por poderosas simulações computacionais baseadas nas equações da relatividade geral de Einstein. Mas, a crer nessa teoria e nessas simulações (não há, de resto, alternativas credíveis), o emissor terá sido um binário (isto é, uma estrela dupla) formado por dois buracos negros bastante maciços. A oscilação detectada na Terra deve ter sido causada por uma colisão violentíssima de dois buracos negros de tamanho invulgar, cada um deles com cerca de trinta massas solares, que circulavam em órbita em torno um do outro, e que acabaram, numa minúscula fracção de segundo, por se fundir num movimento em espiral devido à força gravitacional entre eles. No final restou um único buraco negro com pouco menos do dobro da massa de cada um deles, já que a diferença de massa se tinha convertido em energia, emitida sob a forma de ondas gravitacionais, de acordo com a fórmula einsteiniana de equivalência entre massa e energia (matéria e energia estão intimamente associadas na teoria da relatividade restrita, de acordo com a bem conhecida equação $E = mc^2$). A observação destas ondas na Terra é, decerto, uma das proezas mais notáveis da física contemporânea.

Três conclusões se podem retirar desta primeira detecção de ondas gravitacionais, que entretanto já foi corroborada por uma segunda, referente a buracos negros menores. A primeira é que mais uma vez ficou confirmada uma teoria física que já era sólida, a teoria da relatividade geral devida ao génio de Einstein, que é actualmente “a” teoria de gravitação. Dado o seu sucesso até agora, os físicos esperavam a descoberta destas ondas mais tarde

ou mais cedo. A segunda conclusão é que passou a existir informação directa e não apenas indirecta da existência de buracos negros, tendo sido revelados buracos negros bem maiores do que os que eram conhecidos até agora através da captação de raios X por sondas no espaço. Mas a terceira conclusão é talvez a mais importante: abriu-se uma nova “janela” para observações do espaço. Até agora só se via o espaço através de luz, visível ou invisível. Agora passou-se a recolher o “som” do espaço, quer dizer, as vibrações, não de nenhum meio material, como o som no ar ou noutra meio, mas vibrações do próprio espaço-tempo, produzidas por eventos cósmicos que poderão não ser raros nas nossas escalas de espaço e tempo. Se antes só tínhamos olhos para o espaço, passámos também a ter “ouvidos”. O espaço não é apenas um sítio de tranquilidade, é também um cenário de acontecimentos violentos, que fornecem feéricos espectáculos de luz e “som”. A ciência de Einstein foi confirmada, mas poderá haver nova ciência no horizonte. Inaugurou-se uma era na astrofísica, na qual, para além da luz, podemos recorrer ao “som” para conhecer o cosmos. Ir-se-ão conhecer melhor os buracos negros, alguns dos quais, supermaciços, estão provavelmente no centro de galáxias como a nossa. Vai-se eventualmente “escutar” algum som do *Big Bang*, isto é, do início da expansão do Universo. A teoria do *Big Bang*, que é a nossa melhor teoria para descrever o cosmos poderá vir a ter outras bases observacionais, providenciando dados sobre os primeiros 300.000 anos do Universo, o tempo que decorreu desde o *Big Bang* até a primeira luz que conseguiu chegar até nós.

De facto, buracos negros não são buracos, mas sim astros extremamente maciços. São o resultado do colapso de uma estrela no fim do seu ciclo de vida. Para os entender é preciso conhecer as ideias de Einstein sobre a gravidade, surgidas em 1916, e, para conhecer estas, é necessário, conhecer a teoria da gravidade universal do inglês Isaac Newton, publicada em 1687. Uma constitui uma ampliação da outra. Pode aplicar-se a Einstein a famosa frase de Newton: *“Se consegui ver mais longe é porque estava aos ombros de gigantes”*⁹. Se Newton estava aos ombros de Galileu, Einstein estava aos ombros de Newton.

Para Newton o espaço e o tempo eram universais e separados. Nesses vastos e imperturbáveis cenários manifestavam-se as forças de atracção gravitacional, descritas por uma fórmula matemática simples, que se pode expressar por palavras, um corpo atrai o outro na razão directa das massas e

⁹ Essa frase teve um antecedente numa outra do monge Bernardo de Chartres, chanceler da escola anexa à famosa catedral francesa, que terá dito: *“somos como anões sobre os ombros de gigantes, de modo que conseguimos ver mais do que eles”*.

na razão inversa do quadrado da distância entre eles. Sobre a natureza dessa força, Newton declarou que “*não fazia hipóteses*”. Por seu lado, na teoria da relatividade restrita de Einstein, publicada em 1905, o espaço e o tempo estão interligados. Em vez de existir um espaço absoluto e um tempo absoluto, os mesmos para todos os observadores, o espaço e o tempo são relativos, pois intervalos espaciais e temporais entre dois eventos são medidos com valores diferentes por dois observadores em movimento em relação um ao outro. Mas o espaço-tempo, a entidade matemática a quatro dimensões que reúne o espaço e o tempo, possuía uma característica universal: uma certa combinação de medidas de espaço e de tempo é um invariante, quer dizer, é o mesmo para todos os observadores. Na teoria da relatividade geral, publicada por Einstein em 1915, o espaço-tempo é “moldado” pela matéria e pela energia. A força da gravidade encontra agora uma explicação: ela mais não é do que a deformação do espaço-tempo causada pela presença de massa-energia. A matemática de Einstein é bastante mais complicada do que a de Newton, mas a natureza da força gravitacional ficou mais clara com Einstein: o espaço e o tempo curvam-se em redor de uma distribuição de massas ou de energia. A teoria de Newton não estava completamente errada, mas a sua validade estava confinada ao domínio de pequenas massas. No domínio das grandes massas, Einstein estava certo em vez de Newton: a primeira e mais famosa das observações que corroboraram a teoria da relatividade geral de Einstein foi realizada por duas equipas britânicas em 29 de Maio de 1919 que fotografaram um eclipse solar total na ilha do Príncipe, então território colonial português, e em Sobral, no norte do Brasil. Os astrónomos verificaram que os raios de algumas estrelas por detrás do Sol se curvavam ao passar rasantes à nossa estrela, cujo disco estava tapado pela Lua. A luz vai pelo caminho mais rápido, mas este caminho, nas proximidades de uma massa tão grande como a do Sol, não é uma linha recta.

Einstein não parou as suas investigações após ter chegado às equações da relatividade geral que descrevem o campo gravítico. Num artigo submetido em 22 de Junho de 1916¹⁰ conjecturou que poderiam existir ondas gravitacionais, ondas semelhantes às ondas electromagnéticas (ou luz), bem conhecidas desde a segunda metade do século XIX. Uma oscilação de uma massa produzia um abanar da geometria do espaço-tempo que se propagaria à distância tal como uma oscilação de uma carga produz uma alteração do campo electromagnético em seu redor. Porém, para o efeito ser apreciável era preciso que essa massa fosse extremamente grande, muito maior que a

¹⁰ Albert Einstein, “Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation”, in *Sitzungsberichte Preussischer Königlich Akademie der Wissenschaften Berlin (Math.Phys.)* (1916) 688-696.

do Sol. De início, Einstein não acreditou completamente na realidade física das novas ondas, uma vez que se poderia tratar de um artifício matemático. Ao longo dos anos voltaria a esse tema, procurando superar as suas dúvidas. Faleceu em 1955 sem estar certo da existência das ondas que tinha proposto. Porém, no mesmo ano de 1916 em que o grande sábio propôs as novas ondas, o físico alemão Karl Schwarzschild sugeriu a existência de um corpo extremamente maciço, que deformaria violentamente o espaço-tempo à sua volta de tal modo que se poderia dizer que o espaço e o tempo terminavam aí. A luz encurvaria toda para dentro da estrela, sem dela poder sair. Esta ideia não era original pois já dois cientistas, o inglês John Michell e o francês Pierre-Simon Laplace, tinham, no século XVIII, imaginado, no quadro da mecânica newtoniana, astros com uma massa tão grande que seriam capazes de atrair tudo em seu redor, incluindo a própria luz. De facto, em 1916 e nos anos seguintes, muito poucos cientistas acreditaram nos buracos negros. No entanto, na segunda metade do século XX, com o desenvolvimento dos cálculos computacionais baseados na teoria da relatividade geral e também, e sobretudo, com a acumulação de observações de estrelas binárias usando raios X, os buracos negros ganharam estatuto ontológico. Hoje estão catalogados mais de um centena deles, com base na observação indirecta, através de poderosas emissões de raios X, da matéria estelar que se precipita para um "abismo".

Persistem, porém, muitos mistérios sobre os buracos negros. Por exemplo, a acreditar na matemática que os descreve, existe uma singularidade no seu interior, isto é, certas quantidades tornam-se infinitas no seu centro. Podemos dizer que aí ocorre o fim do espaço e do tempo. Há quem legitimamente se interrogue sobre se será mesmo o fim ou se haverá alguma outra coisa do outro lado. Não dispomos de nenhuma maneira de responder a esta questão, pois o conceito de buraco negro assenta na teoria de Einstein da relatividade geral, que é uma teoria que não leva em conta efeitos quânticos. Ora, nesse centro, a energias tremendas, devem ser importantes tais efeitos. É pois necessário. Apesar de existirem várias teorias candidatas a realizar essa unificação ou superunificação, nenhuma delas se afirmou sem margem para dúvidas. Os físicos ainda não conseguiram juntar de um modo inteiramente satisfatório a teoria da relatividade geral com a teoria quântica, a teoria física iniciada em 1900 pelo alemão Max Planck e continuada em 1905 por Einstein em 1905 e em 1913 pelo dinamarquês Niels Bohr. O físico inglês contemporâneo Stephen Hawking previu, fazendo uma junção *ad hoc* da relatividade geral e da teoria quântica, que os buracos negros não seriam completamente negros: poderiam irradiar (fala-se da "radiação de Hawking"), perdendo assim massa. Mas essa conjectura não foi ainda confirmada por quaisquer observações.

O Big Bang: o nascimento do Universo

Os buracos negros constituem um bom ensejo para apresentação da moderna teoria da criação do Universo: a teoria do *Big Bang* (nome jocoso dado por um adversário dessa teoria, o britânico Fred Hoyle) ou teoria da expansão do Universo. Se o buraco negro é um sítio onde o espaço e o tempo acabam, podemos imaginar um buraco branco, um sítio onde o espaço e o tempo começam. Um nome apropriado é um “buraco branco”. As mesmas equações da relatividade geral de Einstein que representam um buraco negro podem também representar um buraco branco, invertendo simplesmente o sentido do tempo. Ora, tanto quanto sabemos hoje, o nosso Universo é um buraco branco, um gigantesco, provavelmente infinito, buraco branco, no seio do qual existem buracos negros. Seria possível usar a expressão “grande buraco branco” ou “Buraco Branco”, se *Big Bang* não fosse já corrente. Segundo alguns autores, para lá de um buraco negro, poderá haver um buraco branco: a matéria e a energia desapareceriam de um lado para aparecer no outro (trata-se de ficção, pelo menos por enquanto). É especulação. Tal como é especulação falar de um Buraco Negro do outro lado do Buraco Branco, isto é, pensar que existiu um Universo anterior ao nosso que auto-colapsou, dando origem ao nosso, com perfeita conservação da energia.

A teoria do *Big Bang* assenta, portanto, na teoria da relatividade geral¹¹. As equações desta podem ser aplicadas quer a um astro, quer a vários astros quer ainda a todo o Universo. A matéria-energia do Universo está associada a todo o espaço-tempo e a dinâmica do nosso Universo depende não apenas da densidade de matéria-energia, mas também das condições iniciais. Einstein vislumbrou as consequências cosmológicas da sua teoria. Mas, de início, os seus preconceitos impediram-nos de acreditar que uma solução dinâmica para o cosmos era possível. Introduziu então um termo, chamado “constante cosmológica”, que não tinha outra explicação a não ser impedir a expansão do Universo. Era como que uma enorme força que, ajudando à força da gravidade, impedisse o Universo de se expandir. Os seus contactos com o astrónomo norte-americano Edwin Hubble, o primeiro a reconhecer a existência de objectos fora da nossa galáxia¹² levaram-no a mudar o seu pensamento cosmológico,

¹¹ Para uma apresentação popular da teoria do *Big Bang* ver Simon Singh, *Big Bang. A descoberta científica mais importante de todos os tempos e porque precisa de a conhecer* (Lisboa: Gradiva, 2012). Sobre a epistemologia da teoria do *Big bang* ver João Barbosa, *Contributos para a compreensão do sucesso da cosmologia do big bang: uma análise temática à luz de Gerald Holton* (Lisboa: Universidade de Lisboa, 2016). Disponível em: http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/23647/1/ulsd072532_td_Joao_Barbosa.pdf

¹² O filósofo alemão Immanuel Kant já tinha conjecturado no século XVIII a existência de “universos-ilha”, isto é, de outras galáxias separadas da nossa por grandes vazios.

passando a aceitar um Universo dinâmico. Hubble, trabalhando ao longo dos anos 20 do século XX no Observatório de Mount Wilson, em Pasadena, na Califórnia, ao compilar um catálogo de galáxias, foi registando as suas posições e velocidades (estas últimas obtidas por uma técnica chamada "desvio para o vermelho": quanto mais a luz se desviava para a zona vermelho do espectro, maior é a velocidade das galáxias). Os resultados de Hubble, anunciados em 1929, foram para muita gente inesperados: a lei de Hubble afirma que quanto mais longe estão as galáxias mais elas se afastam da nossa. O Universo teve origem, segundo a avaliação de hoje (o número de Hubble não é muito diferente), há cerca de 13,7 mil milhões de anos. Não quer isto dizer que a nossa Galáxia constitua um ponto privilegiado no Universo, quer antes dizer que as galáxias se afastam (em média) umas das outras. A ideia de uma velocidade grande para objectos mais afastados sugere imediatamente condições iniciais particulares, o tal *Big Bang*. De facto, as galáxias não se estão a mover num espaço fixo. O espaço entre as galáxias é que está permanentemente a aumentar. Einstein foi obrigado a apagar a constante cosmológica que tinha acrescentado à mão nas suas equações.

O físico belga George Lemaître, discípulo de Eddington e amigo de Einstein, que era sacerdote católico, precedeu a conclusão de Hubble, ao chamar, em 1927, a atenção para soluções das equações de Einstein que descreviam um Universo em expansão. Chegou mesmo a uma estimativa da idade do Universo. Além disso, forneceu conteúdo físico ao Universo em expansão que Einstein descortinara teoricamente e que Hubble tinha corroborado com as suas observações. Lemaître colocou a ideia do "ovo cósmico" ou "átomo primitivo", que é bastante simples: se o Universo está em expansão, então, tal como um gás, deve arrefecer: foi mais quente no passado e foi extraordinariamente quente no passado remoto. Não significa isto que o Universo tenha, todo ele, crescido (o Universo é tudo o que existe, existiu e existirá, não tem sítio para onde crescer). Se o Universo é infinito, sempre foi infinito. No passado, a matéria-energia que recheava o espaço-tempo era simplesmente mais densa do que é hoje.

Einstein de início estranhou a teoria – disse que a matemática estava certa mas que a física era "abominável" mas acabou por aderir a ela. Em 1922, o físico russo Alexander Friedman tinha encontrado soluções "expansivas" das equações da relatividade geral e todas as peças pareciam encaixar. Einstein falou com Lemaître sobre o assunto, na Conferência Solvay de 1927, em Bruxelas, e os dois estabeleceram uma relação científica e pessoal que se foi consolidando ao longo do tempo. Lemaître foi desfavorecido na história da ciência pelo facto de ter escrito a maior parte da sua obra em francês, numa altura em que o alemão e o inglês eram línguas dominantes no discurso científico.

Lemaître errou ao supor um só átomo primordial – houve muitos ao mesmo tempo – mas acertou no essencial – o Universo foi denso e quente no

início. Hoje sabemos que houve um tempo em que não existiam galáxias, que ainda antes desse houve um tempo em que não existiam estrelas, que ainda antes desse houve um tempo em que não existiam átomos. Os primeiros átomos apareceram quando o Universo tinha cerca de 300.000 anos. Detectámos a formação de átomos em todo o cosmos graças ao registo da radiação cósmica de fundo, realizada há pouco mais de cinquenta anos pelos físicos americanos Arno Penzias e Robert Wilson quando realizavam experiências com antenas de microondas. Antes de existirem átomos, existiam núcleos atômicos, positivos, e electrões, negativos (e partículas vadias, ainda hoje misteriosas, chamadas neutrinos, que são neutras). Quando a temperatura do Universo desceu abaixo de 4000 kelvins, passou a ser mais favorável aos electrões juntarem-se aos núcleos, formando os átomos mais leves, como o hidrogénio e o hélio. A luz que era emitida antes dessa altura não progredia muito pois era recolhida pelas partículas errantes no vazio. Logo que passaram a existir átomos, uma vez que estes só podem absorver certa luz, a luz espalhou-se em todo o Universo (“fez-se luz”, se se quiser usar linguagem da Bíblia). Essa luz chega até nós sob a forma de microondas, tendo sido mapeado não só por antenas em terra mas também por satélites a orbitar o nosso planeta acima da atmosfera. Desde que foi detectada esta radiação, a teoria do Big Bang deixou praticamente de ter oposição. Persistem vários problemas com essa teoria, mas a teoria sua rival – a teoria do estado estacionário – de Hoyle e outros não consegue explicar a radiação de fundo.

Algumas observações recentes do Universo complicaram um pouco a nossa visão da sua história. Com efeito, a observação de supernovas (explosões de estrelas muito maciças, no interior das quais poderão existir buracos negros) permitiram concluir a três físicos que ganharam o Prémio Nobel da Física de 2011, os americanos Saul Perlmutter, Adam Riess e Brian Schmidt, que o Universo não só está em expansão como está em expansão acelerada. Este facto levou à conjectura de uma quinta força, para além das quatro já conhecidas, que se opõe à gravidade. Chamamos-lhe “energia escura” a essa componente maioritária (cerca de 70%) de toda a matéria-energia do Universo. Ninguém sabe verdadeiramente que energia é essa. A constante cosmológica de Einstein, a que ele uma vez chamou “o maior disparate da minha vida”, foi ressuscitada em nossos dias, embora trocando o sinal, uma vez que não se trata de “ajudar” a gravidade mas sim de a contrariar. A natureza da energia escura é um dos maiores mistérios da física contemporânea.

Pode-se perguntar o que havia no início do Universo. A resposta é que havia energia, só depois (sempre graças à célebre fórmula de Einstein) foram surgindo as partículas que chamamos fundamentais: quarks, electrões e neutrinos. A certa altura, os quarks juntaram-se para formar protões e neutrões e estas partículas compostas, ao longo dos primeiros três minutos, juntaram-se para

formar núcleos atômicos. Não sabemos o que se passou nos instantes iniciais do Universo, uma vez que, nesse período caracterizado por energias tremendas, estamos no coração do Buraco Branco, com condições próximas do coração de um buraco negro. Há quem pergunte o que existia antes do instante inicial do *Big Bang*. É lícito perguntar, mas não podemos responder. Não dispomos de condições nem teóricas nem experimentais para obter essa informação. No início do mundo, estamos no fim da nossa física. A resposta às questões sobre o eventual tempo antes do *Big Bang* tem de ser um cauteloso e humilde “não sabemos”. Talvez venhamos a saber mais quando dispusermos de uma teoria que junte a gravitação à teoria quântica. Saber mais sobre os buracos negros é também saber mais sobre o Buraco Branco. Não sabemos tudo, mas sabemos algumas coisas: sabemos que o Universo teve uma origem e que toda a sua história foi marcada por processos de auto-organização: num espaço a aumentar e a arrefecer as partículas disponíveis em cada fase do Universo organizaram-se de modo a formarem entidades cada vez mais complexas: átomos, moléculas, estrelas, planetas, galáxias e, no terceiro planeta de uma estrela média de uma galáxia banal, estruturas moleculares que dão suporte a processos a que chamamos vida. A informação para o seu funcionamento está contida numa molécula especial, no interior do núcleo de cada célula, o ADN.

Alguns comentários sobre a relação entre ciência e religião

Ciência e religião têm estatutos diferentes mas, no passado, como bem mostra o “caso Galileu”, tiveram caminhos que se cruzaram. A ciência começou num ambiente cristão. Os pais da Revolução Científica, Galileu e Newton, eram cristãos, um católico e o outro anglicano, embora um anglicano heterodoxo por ter efectuado algumas interpretações heréticas da Bíblia (que soube, para sua protecção, manter secretas). Nenhum dos dois tinha dúvidas de que Deus tinha criado o mundo que eles descreveram em linguagem matemática. Para Galileu, e apesar do processo inquisitorial, a oposição entre ciência e religião era um problema que não se colocava¹³. Se Deus tinha dado entendimento aos humanos, essa capacidade deveria servir para descrever e perceber o mundo.

É interessante conhecer as posições dos cientistas modernos que criaram os conceitos cosmológicos como buraco negro e *Big Bang*. Tanto Einstein como Lemaître deixaram escritos sobre ciência e religião. A posição religiosa de Eins-

¹³ Galileu Galilei, *Ciência e Fé* (S. Paulo: Editora UNESP, 2009, 2.ª ed.). Ver a este propósito Gianfranco Ravasi, *Breve História da Alma* (Lisboa: Dom Quixote), 201. Ravasi defende que não só tinha razão “Galileu, o cientista”, mas também tinha razão “Galileu, o teólogo”.

tein era muito original, podendo mesmo falar-se de uma “religião de Einstein”. Por seu lado, Lemaître era um ministro da Igreja Católica, a quem nunca se conheceram posições religiosas heterodoxa (como haveria de acontecer mais tarde com o jesuíta Teilhard de Chardin). Outros cientistas seus contemporâneos, como Hubble, foram educados num ambiente cristão. Hubble, nalguns escritos de juventude, fala na crença de um “destino” para o ser humano, mas não elaborou sobre essa crença. O que ele pensava sobre Deus, se é que pensava alguma coisa, ficou por conhecer. Modernamente Hawking, um ateu educado num ambiente anglicano, tem invocado o nome de Deus nos seus escritos e conferências, de um modo que pode confundir os menos informados.

Albert Einstein, cuja origem era judaica, tinha uma religiosidade muito especial à qual se pode chamar “religião cósmica”. Não acreditava num Deus pessoal, que falava com os homens, tal como aparece descrito no Antigo Testamento, mas acreditava que era possível aproximar-mo-nos da harmonia do mundo revelada pela beleza e simplicidade das leis físicas e que essa aproximação podia ser considerada um caminho para o transcendente. Usava a palavra Deus, de uma forma livre, como metáfora de “harmonia do mundo”, inspirado, com o ele próprio admitiu, pela visão panteísta de Bento Espinosa, o famoso judeu dissidente de origem portuguesa que viveu nos Países Baixos, no século XVII¹⁴. O mundo organizado, todo o mundo, era Deus. Em 1929, Einstein respondeu assim à pergunta do rabino de Nova Iorque sobre se acreditava em Deus¹⁵:

“Acredito no Deus de Espinosa, que se revela na ordem harmoniosa daquilo que existe e não num Deus que se interesse pelo destino e pelos actos dos seres humanos”.

Já antes Einstein, que apesar da sua origem judaica nunca acreditou num Deus pessoal como o do Antigo Testamento, tinha respondido assim a alguém que lhe perguntou se era religioso¹⁶:

“Sim, sou, pode dizer isso. Tente penetrar, com os seus recursos limitados, nos segredos da Natureza, e o senhor descobrirá que, por detrás de todas as concatenações discerníveis, resta algo de subtil, intangível e inexplicável. A veneração dessa força, que está além de tudo o que podemos compreender, é a minha religião. Nessa medida, sou realmente religioso”.

¹⁴ <http://www.einsteinandreligion.com/spinoza2.html> .

¹⁵ Alice Calaprice (coord.), *The New Quotable Einstein* (Princeton: Princeton University Press, 2011), p. 325, e http://en.wikiquote.org/wiki/Albert_Einstein. Tradução minha.

¹⁶ Alice Calaprice (coord.), *Ibidem*, pp. 324-325. Tradução minha.

E, noutra ocasião, apontou o “mistério” como a pedra angular da arte e da ciência, mas também da religião¹⁷:

“A mais bela experiência que podemos ter é a do mistério. Ele é a emoção fundamental que se acha no berço da verdadeira arte e da verdadeira ciência. Quem não sabe isto já não consegue surpreender-se, já não sabe maravilhar-se, está praticamente morto (...). Foi a experiência do mistério – ainda que mesclada com a do medo – que gerou a religião. Saber que existe algo em que não podemos entrar, perceber uma razão mais profunda e a mais radiante beleza, que só nos são acessíveis em formas primitivas, esse saber e essa emoção constituem a verdadeira religiosidade; nesse sentido, e apenas nesse, sou um homem profundamente religioso.”

As posições teológicas de Einstein têm sido muito discutidas. Remete-se o autor interessado para a bibliografia sobre o tema¹⁸.

George Lemaître, que foi colega e amigo de Einstein, não achava de modo nenhum que a sua fé fosse necessária para o seu trabalho científico. Por outro lado, também não considerava que prejudicasse esse trabalho. Considerava a ciência e a religião separadas existindo, portanto, compartimentos diferenciados na sua cabeça. Escreveu a este propósito¹⁹:

“O investigador cristão tem de dominar e aplicar com sagacidade a técnica apropriada para o seu problema. Os seus meios de investigação são os mesmos que os do seu colega não-crente... Num certo sentido, o investigador abstrai da sua fé na sua investigação. Ele faz isso não porque a sua fé lhe poderia causar dificuldades, mas sim porque ela não tem diretamente nada a ver com a sua actividade científica. Afinal, um cristão não age de forma diferente do que qualquer não-crente, quando se trata de caminhar ou de correr”.

Em 1951, o papa Pio XII declarou que a teoria de *Big Bang*, sustentada por Lemaître, constituía a prova científica da Criação afirmada pela Igreja Católica. O físico e padre belga não ficou satisfeito, defendendo que a teoria não sustentava nem contrariava a doutrina católica, podendo do ponto de vista religioso ser considerada neutra. Ciência e religião não estavam conluiadas, mas também não estavam em conflito. Tentou, por isso, contando com a ajuda

¹⁷ Alice Calaprice (coord.), *Ibidem*, pp. 331. Tradução minha.

¹⁸ Carlos Fiolhais, “Einstein e a Religião”, *Estudos*, Nova Série n.º 4, 323-329 (2005); este artigo é largamente baseado na obra de referência: Max Jammer, *Einstein e a religião*, (Rio de Janeiro: Contraponto, 2000). Edição original: *Einstein and religion: physics and theology* (Princeton: Princeton University Press, 2000). Ver também *Einstein on Cosmic Religion and Other opinions and Aphorisms*, (Mineola, New York: Dover).

¹⁹ Odon Godart and Michał Heller, *Cosmology of Lemaître* (Tucson: Pachart Publishing House, 1985). Tradução minha.

de outros clérigos, convencer o papa a não sustentar essa justificação científica da Criação, o que conseguiu.

A visão do padre Lemaître a respeito do diálogo entre ciência e religião permanece ainda hoje actual. Ciência e religião são actividades humanas distintas, com propósitos distintos e metodologias distintas. A ideia de que existiu o *Big Bang*, isto é, o início do espaço-tempo, tem hoje uma base científica, tanto empírica como racional, bem consolidada. Neste momento, não existe uma teoria alternativa à do *Big Bang* que seja suficientemente consistente. Apesar de haver quem descortine alguma concordância com o texto do *Génesis*, que narra de modo mítico a Criação do mundo, a ideia científica do *Big Bang* não assenta em convicções religiosas. O facto de essa ideia moderna coincidir, embora de um modo geral e vago, com a ideia da Criação da Igreja Católica (e de outras igrejas), é, sem dúvida, curioso, mas não mais do que isso. Uma coincidência curiosa é também o facto de um dos autores da teoria do *Big Bang* ter sido o astrofísico belga Georges Lemaître, que era sacerdote católico. É certo que alguns altos dirigentes da Igreja Católica se congratularam com o que consideraram ser a “base científica” da criação descrita na Bíblia. Mas desde o tempo de Galileu que a Bíblia deixou de ser considerado um livro de ciência. Os astrofísicos, de qualquer religião ou sem religião nenhuma (agnósticos ou ateus), não exercem o seu ofício com base na Bíblia ou noutra livro sagrado nem o seu intuito consiste em confirmar a palavra bíblica. Nem pretendem agradecer ao Papa ou a qualquer outro líder religioso. Limitam-se a observar com atenção o céu com os vários tipos de telescópios de que dispõem, instrumentos muito superiores aos que Galileu usou há quatrocentos anos, e, em complemento, a realizar, na Terra, sofisticadas experiências que proporcionam a recriação, ainda que por breves tempos e em pequenos espaços, das condições que existiram por todo o lado no cosmos primitivo. As suas conclusões nada nos dizem sobre o que se terá passado antes do *Big Bang*, por absoluta falta de dados observacionais ou experimentais. A questão da causa deste “evento primordial” é perfeitamente legítima, mas não pode ser respondida pela ciência actual e provavelmente nunca será respondida pela ciência futura. Os astrofísicos não podem - nem aliás querem - provar a existência ou a inexistência de Deus.

O astrofísico inglês contemporâneo Stephen Hawking, o autor do livro *Uma Breve História do Tempo*²⁰, cientista mais conhecido do grande público pela sua deficiência física do que pela sua ciência física, e alguns dos seus colegas

²⁰ Stephen Hawking, *Uma Breve História do Tempo. Do Big Bang aos Buracos Negros* (Lisboa: Gradiva, 1988). A edição original da Bantam Bell é do mesmo ano: *A Brief History of Time – From the Big Bang to the Black Holes*. Este livro tornou-se um *best-seller* mundial, tendo vendido mais de dez milhões de exemplares em vinte anos (foi traduzido em pelo menos 35 línguas).

falam, de facto, de Deus nos seus escritos ou nas suas palestras, mas trata-se de uma metáfora, uma imagem que eles sabem ter muita força e que se destina a concitar as atenções gerais. No entanto, essa imagem pode revelar-se perigosa se der a entender que existe uma mistura íntima entre ciência e religião. A eficácia mediática conseguida com o uso da palavra “Deus” mostra não que quem a profere é crente, mas mais que alguns cientistas são bons comunicadores²¹.

Vejamus em *Uma Breve História do Tempo* algumas referências a Deus. Dá a ideia que Hawking está a discutir, numa base científica, a existência de Deus²²:

“Um universo em expansão não exclui um Criador, mas impõe limitações ao momento do desempenho da Criação! (...)”

A física parece ter descoberto um conjunto de leis que, dentro dos limites impostos pelo princípio da incerteza, nos dizem como o Universo vai evoluir, se soubermos em que estado está em determinado momento. Estas leis podem ter sido decretadas por Deus, mas parece que Ele deixou depois o Universo evoluir segundo elas, sem intervir mais. Mas como é que Ele escolheu o estado ou configuração inicial do Universo? Quais foram as “condições-fronteira” no começo do tempo?

Uma resposta possível é dizer que Deus escolheu a configuração inicial do Universo por razões que nunca compreenderemos. Isso estaria certamente dentro dos poderes de um ser onipotente, mas se Ele o criou de uma maneira tão incompreensível, por que é que o deixou depois evoluir segundo leis que conseguimos compreender?”

No final, Hawking fala de novo de Deus²³:

“Einstein perguntou uma vez: “Que capacidade de escolha tinha Deus ao construir o universo?” Se a hipótese de não haver fronteiras está correta, não teve realmente liberdade de escolha quanto às condições iniciais. Teria, é claro, tido liberdade para escolher as leis a que o Universo obedecia. Isto, no entanto, pode não ter sido uma escolha; pode ser que haja só uma ou um pequeno número de teorias unificadas completas, tal como a teoria heterótica das cordas, que sejam autoconsistentes e permitam a existência de estruturas tão complicadas como a dos seres humanos, que podem investigar as leis do Universo e inquirir sobre a natureza de Deus. (...)”

Todavia, se descobrirmos uma teoria completa, deve acabar por ser compreensível, na generalidade, para toda a gente e não apenas para alguns cientistas. Então poderemos todos, filósofos, cientistas e pessoas vulgares, tomar parte na discussão do porquê da nossa existência e da do Universo. Se descobrirmos a resposta, será o triunfo máximo da razão humana, porque nessa altura conheceremos o pensamento de Deus.”

²¹ Um caso paradigmático é o do Prémio Nobel da Física Leon Lederman que introduziu a expressão “partícula de Deus” para designar a “partícula de Higgs” ou “bosão de Higgs”, descoberta no CERN em 2012: Leon Lederman and Dick Teresi, *The Gods Particle* (New York: Dell Publishing, 1993).

²² Stephen Hawking, *Ibidem*, pp. 28, 168-169.

²³ Stephen Hawking, *Ibidem*, p. 228.

O leitor incauto poderá pensar que o objectivo da ciência física é “conhecer o pensamento de Deus”, supondo evidentemente a existência da Divindade. Mas no final de *O Grande Desígnio*²⁴, onde defende uma teoria unificada particular (a chamada teoria M), Hawking afirma que Deus é desnecessário para a criação física²⁵:

“Uma vez que existe uma lei como a gravidade, o universo pode e irá criar-se a si próprio a partir ...do nada. A criação espontânea é a razão pela qual algo existe algo em vez do nada, o universo existe e nós existimos.”

Numa entrevista ao jornal espanhol *El Mundo* de 2014²⁶, Hawking declarou-se sem margem para dúvidas ateu: “Antes que conhecêssemos a ciência era natural acreditar que Deus tinha criado o Universo. Mas agora a ciência oferece uma explicação mais convincente.” Confrontado com a sua frase final do seu livro mais famoso, a qual referia “o pensamento de Deus”, Hawking reagiu assim: “O que eu quis dizer com ‘conheceríamos a mente de Deus’ é que conheceríamos aquilo que Deus conheceria, se porventura Deus existe. Mas não existe. Sou ateu.”

Hawking tem todo o direito a ser ateu, tal como Galileu e Newton tinham todo o direito a ser cristãos, assim como Einstein a formular a sua “religião cósmica”. De facto, as provas lógico-científicas da existência ou da inexistência de Deus parecem condenadas ao fracasso. Acreditar ou não em Deus é uma posição pessoal, que está relacionada na maior parte dos casos com o ambiente social e cultural onde se cresceu, não derivando da posse de conhecimentos científicos. Ciência e religião são compatíveis, mas independentes. Longe vão os tempos de Louis Pasteur, um católico convicto, que disse: “Um pouco de ciência afasta-nos de Deus. Muito, nos aproxima.”

²⁴ Stephen Hawking e Leonard Mlodinow, *O Grande Desígnio* (Lisboa: Gradiva), p. 188.

²⁵ Esta é uma ideia também defendida pelo físico americano Lawrence Krauss no seu livro de divulgação *A Universe from Nothing: Why there is Something rather than Nothing* (New York: Free Press – Simon and Schuster, 2013). Sairá em 2017 uma edição portuguesa, na Gradiva.

²⁶ <http://www.cnet.com/news/stephen-hawking-makes-it-clear-there-is-no-god/>