

# ORIGENS

NEIL deGRASSE TYSON  
E DONALD GOLDSMITH

Tradução de Pedro Carvalho e Guerra

 **DESASSOSSEGO**  
LIVROS PARA PENSAR

Quem pode pedir melhores guias cósmicos para  
o universo do que os Drs. Tyson e Goldsmith?  
Michio Kaku, autor de *O Futuro da Mente*

## Elogios a Neil deGrasse Tyson

«[Tyson] aborda uma vasta grama de temas... com grande humor, humildade, e — o mais importante — humanidade.»

*Entertainment Weekly*

«[Uma] figura imponente... [Um] astrónomo até aos ossos.»

Carl Zimmer, *Playboy*

«Uma coisa é ser-se um astrofísico premiado. Outra é ter o dom do timing cómico. Normalmente, não encontramos os dois, mas Neil é assim.»

Jon Stewart, *The Daily Show*

«Tyson é uma estrela cuja paixão pelas leis da natureza é equiparável às suas envolventes explicações acerca de tópicos que se estendem da matéria escura ao absurdo dos zombies.»

*Parade*

«[Tyson] está repleto de ideias.»  
Lisa de Moraes, *Washington Post*

«Neil deGrasse Tyson pode muito bem ser o melhor  
porta-voz para a ciência vivo.»  
Matt Blum, *Wired*

«É mais importante do que nunca que consigamos encontrar  
escritores capazes de explicar não apenas o que estamos  
a descobrir, mas como o descobrimos. Neil deGrasse Tyson  
é um desses escritores.»  
Anthony Doerr, *Boston Sunday Globe*

«Tyson... é um confiantemente tranquilo  
popularizador da ciência.»  
*People*

«O sucessor da rara combinação de sabedoria  
e capacidade comunicativa de Carl Sagan.»  
Seth MacFarlane, criador de *Family Guy*

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS ♦ 13

PREFÁCIO

*Uma reflexão acerca das origens da ciência e da ciência das origens* ♦ 15

PRÓLOGO

*A maior história alguma vez contada* ♦ 21

**PARTE I**

**A origem do universo ♦ 25**

CAPÍTULO 1

*No início* ♦ 27

CAPÍTULO 2

*A importância da antimatéria* ♦ 37

CAPÍTULO 3

*Faça-se luz* ♦ 43

CAPÍTULO 4

*Apaguem as luzes* ♦ 51

CAPÍTULO 5

*Apague-se ainda mais luz* ♦ 63

CAPÍTULO 6

*Um universo ou muitos?* ♦ 79

**PARTE II**  
**A origem das galáxias e da estrutura cósmica ♦ 87**

CAPÍTULO 7  
*Descobrir as galáxias ♦ 89*

CAPÍTULO 8  
*A origem da estrutura ♦ 97*

**PARTE III**  
**A origem das estrelas ♦ 115**

CAPÍTULO 9  
*Do pó ao pó ♦ 117*

CAPÍTULO 10  
*O jardim zoológico elementar ♦ 133*

**PARTE IV**  
**A origem dos planetas ♦ 143**

CAPÍTULO 11  
*Quando os mundos eram jovens ♦ 145*

CAPÍTULO 12  
*Entre os planetas ♦ 155*

CAPÍTULO 13  
*Mundos incontáveis: planetas mais além do sistema solar ♦ 163*

**PARTE V**

**A origem da vida ♦ 179**

CAPÍTULO 14

*Vida no universo ♦ 181*

CAPÍTULO 15

*A origem da vida na Terra ♦ 187*

CAPÍTULO 16

*A procura de vida no sistema solar ♦ 201*

CAPÍTULO 17

*A procura de vida na galáxia da Via Láctea ♦ 221*

CODA, A BUSCA DE NÓS MESMOS NO COSMOS ♦ 235

**Glossário de termos escolhidos ♦ 239**

**Leituras complementares ♦ 259**

**Índice remissivo ♦ 261**

**Créditos das imagens ♦ 277**

Para todos os que olham para cima,  
E para todos os que ainda não sabem porque o deviam fazer.



## A G R A D E C I M E N T O S

**P**or ter lido e relido o manuscrito e garantido que queríamos dizer o que dizíamos e dizíamos o que queríamos dizer, estamos em dívida para com Robert Lupton, da Universidade de Princeton. Os seus conhecimentos, tanto de astrofísica como de língua inglesa, permitiram que o livro alcançasse um nível muito mais elevado do que o previsto. Também agradecemos a Sean Carroll, do Fermi Institute de Chicago; a Tobias Owen, da Universidade do Havai; a Steven Soter, do Museu Americano de História Natural; a Larry Squire, da UC San Diego; a Michael Strauss, da Universidade de Princeton; e ao produtor Tom Levenson, da PBS NOVA, por terem contribuído com importantes sugestões que melhoraram diversas partes do livro.

Por ter confiado no projeto desde o início, agradecemos a Betsy Lerner, da Agência Gernert, que viu o manuscrito não só como um livro, mas também como a expressão de um profundo interesse pelo cosmos, cujo amor merecia ser partilhado com a mais vasta audiência possível.

Algumas secções importantes da Parte II e fragmentos dispersos das Partes I e III já tinham surgido em artigos publicados por Neil deGrasse Tyson na revista *Natural History*. Por isso, Neil agradece a Peter Brown, chefe de redação da revista e, sobretudo, a Avis Lang, editora que continua a trabalhar heroicamente enquanto erudita guia literária dos esforços de NDT como escritor.

Os autores agradecem, ainda, o apoio da Sloan Foundation durante a preparação e a escrita do livro. Continuamos a admirar o seu legado de apoio a projetos como este.

NEIL DEGRASSE TYSON, NOVA IORQUE

DONALD GOLDSMITH, Berkeley, Califórnia

Junho de 2004

## P R E F Á C I O

# Uma reflexão acerca das origens da ciência e da ciência das origens

**S**urgiu e continua a florescer, uma nova síntese de conhecimento científico. Ao longo dos últimos anos, as respostas a perguntas acerca das nossas origens cósmicas não chegaram apenas do domínio da astrofísica. Trabalhando no âmbito de campos emergentes com nomes como astroquímica, astrobiologia ou física das astropartículas, os astrofísicos admitiram que podem retirar um grande proveito dos avanços de outras ciências. Recorrer a múltiplos ramos da ciência para dar resposta à pergunta «De onde viemos?» proporciona aos investigadores uma amplitude e uma profundidade de percepções até aqui nunca imaginadas acerca do funcionamento do universo.

Em *Origens: Catorze mil milhões de anos de evolução cósmica*, apresentamos ao leitor esta nova síntese de conhecimento, que nos permite abordar não só a origem do universo, mas também a origem das maiores estruturas a que a matéria deu forma, a origem das estrelas que iluminam o cosmos, a origem dos planetas que oferecem os lugares mais adequados para a vida e a origem da vida, propriamente dita, em um ou mais desses planetas.

Os seres humanos continuam fascinados com a temática das suas origens por muitas razões, tanto lógicas como emocionais. Dificilmente podemos compreender a essência de algo se não soubermos de onde vem esse algo. E todas as histórias que ouvimos acerca das origens, geram no nosso interior ressonâncias profundas.

O egocentrismo que a evolução e a experiência na Terra inculcaram em nós conduziu-nos, naturalmente, a contar a maioria das histórias acerca da origem concentrando-nos em episódios e fenómenos locais. Não obstante, cada avanço no conhecimento do cosmos revelou que vivemos numa partícula de poeira cósmica, que gira em torno de uma estrela medíocre nos subúrbios distantes de um tipo banal de galáxia, entre 100 milhões de galáxias que povoam o universo. O conhecimento da nossa irrelevância cósmica desencadeia na mente humana mecanismos de defesa impressionantes. Muitos de nós parecemo-nos, sem disso termos consciência, com o homem do *cartoon*

que contempla o céu estrelado e diz ao seu companheiro: «Quando olho para todas estas estrelas, espanta-me o insignificantes que são.»

Ao longo da história, as diferentes culturas elaboraram mitos relativos à criação segundo os quais as nossas origens são o resultado de forças cósmicas que moldam o nosso destino. Estas histórias ajudaram-nos a manter à distância a sensação de insignificância. Embora, normalmente, os relatos acerca das origens comecem com um quadro geral, chegam à Terra a uma velocidade espantosa, passando como uma flecha pela criação do universo, de tudo o que este contém e da vida no planeta Terra, para chegar a explicações longas acerca de inúmeros pormenores da história humana e dos seus conflitos sociais, como se fôssemos, de algum modo, o centro da criação.

Quase todas as respostas díspares para a pergunta relativa às origens aceitam como premissa subjacente que o cosmos se comporta em conformidade com normas gerais que se revelam a si mesmas, pelo menos em princípio, para que possamos analisar atentamente o mundo que nos rodeia. Os filósofos da Grécia antiga levaram esta premissa até níveis mais elevados ao insistir que os seres humanos são capazes de compreender o funcionamento da natureza para além da realidade subjacente ao observado, ou seja, as verdades fundamentais que regem tudo o resto. Compreensivelmente, afirmam que descobrir essas verdades seria difícil. Há 2300 anos, na sua reflexão mais famosa acerca da nossa ignorância, o filósofo grego Platão comparou aqueles que se esforçam por alcançar o conhecimento a prisioneiros encarcerados numa caverna, incapazes de ver os objetos localizados nas suas costas e que, portanto, partindo das sombras de tais objetos, devem tentar deduzir uma descrição precisa da realidade.

Com esta analogia, Platão não só resumiu os esforços da Humanidade por entender o cosmos, como também realçou o facto de termos uma tendência natural para acreditar que determinadas entidades misteriosas, vagamente sentidas, governam o universo e estão a par de conhecimentos que nós, na melhor das hipóteses, apenas podemos entrever. De Platão a Buda, de Moisés a Maomé, de um hipotético criador cósmico aos filmes modernos acerca da «matriz», os seres humanos de todas as culturas chegaram à conclusão de que o cosmos é regido por poderes superiores dotados de conhecimento acerca do fosso existente entre a realidade e a aparência superficial.

Há meio milénio, foi-se consolidando, pouco a pouco, uma nova abordagem à compreensão da natureza. Essa atitude, a que chamamos atualmente «ciência», surgiu da confluência das novas tecnologias e das descobertas propiciadas por esta. A proliferação de livros impressos em toda a Europa, juntamente com as melhorias nas viagens por terra e mar, permitiram aos

indivíduos comunicar entre si com maior rapidez e eficácia, de modo a poderem tomar conhecimento do que outros tinham a dizer e poderem responder-lhes muito mais rapidamente do que no passado. Ao longo dos séculos XVI e XVII, isto acelerou o debate contínuo e desembocou num novo modo de adquirir conhecimento, cimentado no princípio geral de que o meio mais eficaz para entender o cosmos se baseia em observações pormenorizadas do mesmo conjugadas com esforços para estabelecer princípios amplos e fundamentais que expliquem essas observações.

Um outro conceito esteve igualmente envolvido no nascimento da ciência. A ciência depende do ceticismo organizado, ou seja, das dúvidas contínuas e metódicas. Poucos de nós duvidamos das nossas conclusões, pelo que a ciência adota uma abordagem cética que recompensa quem duvidar das conclusões de outros. Poderíamos considerar acertadamente que esta abordagem é pouco natural; não tanto por exigir a desconfiança dos pensamentos de alguém, quanto por a ciência estimular e premiar todos os que conseguirem demonstrar que as conclusões de outro cientista estão erradas. Para os outros cientistas, aquele que corrige o erro de um colega, ou que contribui com boas razões para que duvidem seriamente das suas conclusões, realiza uma ação nobre, como um mestre zen ao dar uma pancada a um aprendiz que se afasta do caminho da meditação, embora os cientistas que se corrigem uns aos outros sejam mais iguais do que mestre e aluno. Ao recompensar um cientista que descobre os erros de outro — tarefa que, para a natureza humana, é muito mais fácil do que ver os próprios erros —, os cientistas, enquanto grupo, criaram um sistema inato de autocorreção. Os cientistas elaboraram, coletivamente, a ferramenta mais eficaz e eficiente para analisar a natureza, pois procuram refutar as teorias de outros cientistas, mesmo quando corroboram as suas tentativas esforçadas por fomentar o conhecimento humano. Deste modo, a ciência acaba por se transformar numa atividade coletiva; em todo o caso, não é uma sociedade de admiração mútua, nem o pretende ser.

Como acontece com todas as tentativas de progresso humano, a abordagem científica funciona melhor na teoria do que na prática. Nem todos os cientistas duvidam uns dos outros como realmente deveriam duvidar. A necessidade de impressionar colegas que ocupam posições de poder e o facto de, por vezes, serem influenciados por fatores que escapam ao seu conhecimento consciente, pode prejudicar a capacidade autocorretora da ciência. Não obstante, a longo prazo, os erros científicos não podem perdurar, pois outros cientistas descobri-los-ão e promoverão as suas próprias carreiras apregoando a novidade aos quatro ventos. Em última análise, as conclusões que sobrevivam aos ataques de outros investigadores alcançarão o estatuto de «leis», aceites

como descrições válidas da realidade, embora os cientistas saibam muito bem que, um dia, cada uma dessas leis se poderá ver integrada numa verdade mais ampla e profunda.

Contudo, os cientistas dificilmente dedicam todo o seu tempo a tentar revelar os erros dos outros. Quase todos os seus esforços consistem em analisar hipóteses imperfeitamente estabelecidas face a resultados com base na observação ligeiramente melhorados. No entanto, de vez em quando, surge uma abordagem significativamente nova acerca de uma teoria importante ou (mais frequentemente numa época de avanços tecnológicos) um leque de observações totalmente novo que abre a porta a um novo conjunto de hipóteses que expliquem esses resultados. Os grandes momentos da história científica ocorreram, e ocorrerão sempre, quando uma explicação nova, talvez conjugada com resultados com base em uma nova observação, produz uma mudança sísmica nas nossas conclusões acerca do funcionamento da natureza. O progresso científico depende de indivíduos em ambos os lados: os que recolhem melhores dados e extrapolam cuidadosamente a partir desses mesmos dados; e os que arriscam muito — e têm muito a ganhar se lhes correr bem — desafiando conclusões geralmente aceites.

O núcleo cético da ciência constitui um fraco adversário à mente e ao coração humanos, que se afastam das controvérsias em curso e preferem a segurança de verdades aparentemente eternas. Se a abordagem científica fosse apenas mais uma interpretação do cosmos, nunca teria acabado por significar tanto; o grande sucesso da ciência baseia-se no facto de que funciona. Se entrarmos a bordo de um avião construído conforme os princípios da ciência — princípios que sobreviveram às diversas tentativas de demonstrar a sua falsidade —, teremos maiores probabilidades de chegar ao nosso destino do que se embarcarmos num avião construído segundo a astrologia védica.

Ao longo da história relativamente recente, confrontadas com o sucesso da ciência na hora de explicar os fenómenos naturais, as pessoas reagiram de quatro modos diferentes. Primeiro, uma pequena minoria adota o método científico como esperança máxima para entender a natureza sem procurar outros meios de interpretação do universo. Segundo, um número muito maior ignora a ciência, que considera pouco interessante, opaca ou contrária ao espírito humano. (Os que veem televisão avidamente, sem pararem para pensar de onde vêm as imagens e o som, relembram-nos que as palavras *magia* e *máquina* partilham raízes etimológicas profundas.) Terceiro, outra minoria, consciente do aparente ataque da ciência sobre as suas preciosas crenças, procura ativamente refutar resultados científicos que a irritam ou enfurecem. De qualquer modo, fazem-no fora do enquadramento cético da ciência, como

podemos confirmar facilmente se lhes fizermos a seguinte pergunta: «Que prova vos convenceria de que estão enganados?» Estes anticientistas sentem ainda o choque descrito por John Donne no seu poema «The Anatomy of the World: The First Anniversary», escrito em 1611, quando surgiram os primeiros frutos da ciência moderna:

A nova filosofia põe tudo em dúvida,  
O elemento fogo está completamente extinto,  
O Sol está perdido, e a Terra, e não há mente humana  
Que possa indicar onde o procurar.  
E livremente os homens confessam que este mundo se esgotou,  
Quando nos Planetas e no Firmamento  
procuram a novidade; veem que  
este [mundo] se fragmentou novamente em átomos.  
Está feito em pedaços, toda a coerência perdida...

Quarto, outro grande setor do público aceita a abordagem científica da natureza, ao mesmo tempo que continua a acreditar que o cosmos é regido por entidades sobrenaturais localizadas para além do nosso alcance intelectual. Baruch Espinosa, o filósofo que criou a ponte mais sólida entre o natural e o sobrenatural, rejeitava qualquer distinção entre a natureza e Deus e insistia no facto de que o cosmos é, simultaneamente, Deus e natureza. Os seguidores das religiões mais convencionais que, geralmente, se empenham em salientar esta diferença, costumam reconciliar as duas óticas separando mentalmente as esferas em que agem o natural e o sobrenatural.

Independentemente do campo em que se encontre, não restam dúvidas de que vivemos tempos auspiciosos para aprender o que há de novo no cosmos. Começamos, portanto, a nossa aventura em busca das origens cósmicas; nela, agiremos enquanto detetives que deduzem os factos do crime partindo das provas e indícios deixados para trás. Convidamos o leitor a juntar-se a nós nesta demanda pelas pistas cósmicas — e pelos meios para as interpretar — para que juntos possamos descobrir a história de como uma parte do universo se transformou em nós.

## PRÓLOGO

# A maior história alguma vez contada

Este mundo persistiu durante muitos anos depois de ter sido posto em  
marcha com os movimentos adequados.

A partir deles, seguiu-se tudo o resto.

— LUCRÉCIO

**H**á uns 14 mil milhões de anos, na origem dos tempos, todo o espaço e toda a matéria e toda a energia do universo conhecido cabiam numa cabeça de alfinete. O universo estava, então, tão quente que as forças básicas da natureza, que, no seu conjunto, descrevem o universo, se encontravam fundidas numa única força uniforme. Quando o universo apresentava extremos  $0^{30}$  graus e tinha apenas  $10^{-43}$  segundos de vida — tempo antes do qual todas as teorias da matéria e do espaço perdem sentido —, os buracos negros formavam-se, desapareciam e voltavam a formar-se espontaneamente a partir da energia contida no campo de forças unificado. Sob estas condições extremas — no que se tem de admitir ser física especulativa —, a estrutura do espaço e do tempo tornou-se consideravelmente curva enquanto borbulhava, dando origem a uma estrutura esponjosa, semelhante a espuma. Durante essa era, os fenómenos descritos pela teoria geral da relatividade de Einstein (a teoria moderna da gravidade) e a mecânica quântica (a descrição da matéria nas suas escalas mais pequenas) eram indistinguíveis.

À medida que o universo se expandia e arrefecia, a gravidade separou-se das outras forças. Pouco depois, a força nuclear forte e a força eletrofraca separaram-se, num episódio que foi acompanhado por uma enorme libertação de energia acumulada, o que provocou o aumento da dimensão do universo em  $10^{50}$ . A rápida expansão, conhecida como a «era da inflação», estendeu e alisou a matéria e a energia de modo que qualquer variação de densidade de uma parte do universo para a seguinte chegou a ser inferior a um centésimo de milésimo.

De acordo com o que é atualmente física confirmada em laboratório, o universo estava suficientemente quente para que os fótons transformassem espontaneamente a sua energia em pares de partículas de matéria-antimatéria, as quais se aniquilavam de imediato umas às outras, devolvendo a sua energia aos fótons. Devido a causas desconhecidas, esta simetria entre matéria e antimatéria tinha-se «quebrado» na divisão de forças prévia, o que se traduziu num ligeiro excesso da matéria relativamente à antimatéria. A assimetria era pequena, mas verificou-se essencial para a futura evolução do universo: por cada mil milhões de partículas de antimatéria, nasceram mil milhões + 1 partículas de matéria.

Enquanto o universo continuava a arrefecer, a força eletrofraca dividiu-se em força eletromagnética e força nuclear fraca, completando as quatro forças conhecidas e distintas da natureza. Enquanto a energia do banho de fótons continuava a diminuir, os pares de partículas de matéria-antimatéria já não podiam ser criados espontaneamente a partir dos fótons disponíveis. Os restantes pares de partículas de matéria-antimatéria foram rapidamente aniquilados, deixando atrás de si um universo com uma partícula de matéria comum por cada mil milhões de fótons — e nada de antimatéria. Se não tivesse surgido esta assimetria entre matéria e antimatéria, o universo em expansão teria sido eternamente composto por luz e nada mais, nem mesmo astrofísicos. Durante um período de aproximadamente 3 minutos, a matéria transformou-se em prótons e neutrões, muitos dos quais se combinaram para construir os núcleos atômicos mais simples. Entretanto, elétrons errantes disseminaram fótons por todo o lado, criando uma sopa opaca de matéria e energia.

Quando o universo arrefeceu uns quantos milhares de graus Kelvin — um pouco mais quente do que um forno de altas temperaturas —, os elétrons libertos deslocavam-se suficientemente devagar para serem arrancados da sopa pelos núcleos errantes e constituírem átomos completos de hidrogénio, hélio e lítio, os 3 elementos mais leves. O universo tinha-se tornado (pela primeira vez) transparente à luz visível; e estes fótons de movimento livre são, hoje, observáveis enquanto radiação cósmica de micro-ondas. Durante os seus primeiros mil milhões de anos, o universo continuou a expandir-se e a arrefecer enquanto a matéria gravitava em direção às concentrações gigantesca a que chamamos de «galáxias». Só no volume do cosmos que podemos ver, formaram-se cem mil milhões destas galáxias, cada uma delas com centenas de milhares de milhões de estrelas que sofrem fusões termonucleares no seu núcleo. Estas estrelas, com uma massa mais de 10 vezes superior à do Sol, atingiram no seu núcleo uma pressão e uma temperatura suficientes para



produzirem uma enorme quantidade de elementos mais pesados do que o hidrogénio, entre eles os que compõem os planetas e a vida nesses mesmos planetas. Tais elementos seriam lamentavelmente inúteis se tivessem permanecido fechados no interior da estrela. No entanto, diversas estrelas de massa elevada estalaram e disseminaram por toda a galáxia a riqueza química das suas entranhas.

Ao fim de 7 ou 8 mil milhões de anos de enriquecimento químico, nasceu uma estrela normal e comum (o Sol) numa região normal e comum (braço de Oríon) de uma galáxia normal e comum (a Via Láctea) localizada numa parte normal e comum do universo (nos arredores do supergrupo de Virgem). A nuvem de gás a partir da qual se formou o Sol continha um fornecimento suficiente de elementos pesados para gerar uns quantos planetas, milhares de asteroides e milhares de milhões de cometas. Durante a formação deste sistema estelar, a matéria condensou-se e foi-se acumulando a partir da nuvem progenitora de gás enquanto dava voltas em torno do Sol. Ao longo de várias centenas de milhões de anos, os impactos persistentes de cometas e outros escombros a grande velocidade fundiram a superfície dos planetas rochosos, o que impediu a formação de moléculas complexas. À medida que, no sistema solar, restava cada vez menos matéria acumulada, a superfície dos planetas começou a arrefecer. O planeta a que chamamos Terra formou-se numa órbita tal que a sua atmosfera permite a existência de oceanos, sobretudo na forma líquida. Se a Terra se tivesse formado muito mais perto do Sol, os oceanos ter-se-iam evaporado. Se se tivesse formado muito mais longe, os oceanos teriam gelado. Em qualquer dos casos, a vida não teria evoluído tal como a conhecemos.

Através de um mecanismo desconhecido, nos mares líquidos quimicamente férteis surgiram bactérias anaeróbias que, inadvertidamente, transformaram a atmosfera do planeta rica em dióxido de carbono, concedendo-lhe oxigénio suficiente para permitir que os organismos aeróbicos se formassem, evoluíssem e dominassem os oceanos e a terra. Estes mesmos átomos de oxigénio, normalmente encontrados em pares ( $O_2$ ), também se combinaram em trios para formarem ozono ( $O_3$ ) na atmosfera superior, protegendo a superfície da Terra da maioria dos fotões ultravioleta do Sol, hostis às moléculas.

A diversidade extraordinária da vida na Terra, e (podemos presumir) em todo o resto do universo, surge da abundância cósmica de carbono e do número infinito de moléculas (simples e complexas) formadas a partir dele; existem mais variedades de moléculas à base de carbono do que todas as restantes moléculas juntas. Mas a vida é frágil. Os encontros da Terra com objetos de grandes dimensões, resquícios da formação do sistema solar, que noutra era

foram episódios habituais, provocam ainda assim estragos intermitentes no ecossistema. Há apenas 65 milhões de anos (menos de 2 por cento do passado da Terra), um asteroide de 10 mil milhões de toneladas caiu sobre o que é agora a península do Iucatão e destruiu mais de 70 por cento da flora e da fauna do planeta — incluindo todos os dinossauros, os animais terrestres então dominantes. Esta tragédia ecológica ofereceu aos pequenos mamíferos sobreviventes a oportunidade de ocupar nichos recém-criados. Um ramo de grandes cérebros destes mamíferos, o dos chamados «primatas», fez evoluir um género e uma espécie — o *Homo sapiens* — para um nível de inteligência que permitiu aos seus membros criarem ferramentas e métodos científicos; inventar a astrofísica; e deduzir a origem e a evolução do universo.

Sim, o universo teve um início. Sim, o universo continua a evoluir. E sim, poderia seguir-se o rasto de cada um dos átomos do nosso corpo até ao Big Bang e às fornalhas termonucleares no interior das estrelas de massa elevada. Não estamos tão-só no universo, pertencemos ao universo. Nascemos do universo. Poderia, inclusivamente, dizer-se que o universo nos deu o poder, aqui no nosso recanto do cosmos, para o chegarmos a compreender. E isto ainda agora começou.

**P A R T E I**  
**A ORIGEM DO UNIVERSO**

## CAPÍTULO 1

### No início

**N**o início, era a física. A «física» descreve o modo como se comportam e se relacionam entre si a matéria, a energia, o espaço e o tempo. A interação destas personagens no nosso drama cósmico subjaz a todos os fenómenos biológicos e químicos. Daí que tudo o que é fundamental e familiar, a nós terráqueos, comece com as leis da física e se baseie nelas. Se aplicarmos estas leis a cenários astronómicos, estaremos perante uma física de grande escala à qual chamamos astrofísica.

Em quase todas as áreas da investigação científica, mas, sobretudo, na física, a fronteira da descoberta situa-se nos extremos da nossa capacidade para medir sucessos e situações. Num extremo da matéria, como na vizinhança de um buraco negro, a gravidade deforma-se com uma enorme força no espaço-tempo contínuo circundante. Num extremo da energia, a fusão termonuclear mantém-se nos núcleos das estrelas a 15 milhões de graus. E em qualquer extremo imaginável encontramos as condições exageradamente quentes e densas que predominaram nos primeiros momentos de vida do universo. Entender o que se passa em cada um destes cenários requer leis físicas descobertas após 1900, durante aquela a que os físicos chamam atualmente era moderna, para a diferenciar da era clássica que inclui toda a física anterior.

Uma característica significativa da física clássica é que os acontecimentos, as leis e as previsões fazem, de facto, sentido quando uma pessoa para para pensar nelas. Foram todas descobertas e testadas em laboratórios normais, em edifícios normais. As leis da gravidade e do movimento, da eletricidade e do magnetismo, da natureza e da condução da energia térmica, continuam a ser ensinadas nas aulas de física das universidades. Estas revelações acerca do mundo natural alimentaram a revolução industrial, que transformou a cultura e a sociedade de modos inimagináveis para as gerações anteriores e continuam a ser essenciais para entender o que se passa — e por que razão — no mundo da experiência quotidiana.

Por outro lado, na física moderna, nada faz sentido porque tudo acontece em sistemas localizados muito longe daqueles a que os sentidos humanos

respondem. Isso é bom. Podemos afirmar, alegremente, que a nossa vida quotidiana permanece totalmente isenta de física extrema. Numa manhã vulgar, levantamo-nos da cama, deambulamos pela casa, comemos alguma coisa e saímos disparados pela porta. No final do dia, os nossos entes queridos esperam que tenhamos o mesmo aspeto que tínhamos ao sair e que regressemos a casa inteiros. Mas suponhamos que chegamos ao escritório, entramos numa sala sobreaquecida para assistir a uma reunião importante às 10 horas da manhã e, de repente, perdemos todos os eletrões — ou ainda pior, cada átomo do corpo vai para o seu lado. Muito mau. Imaginemos agora que estamos sentados no gabinete tentando trabalhar um pouco sob um candeeiro de mesa de 75w e que alguém acende as luzes do teto de 500w e que o nosso corpo começa a saltar ao acaso de uma parede para outra até ficar agarrado à janela. Ou depois do trabalho, assistimos a um combate de sumo e vemos dois cavaleiros quase esféricos que chocam, desaparecem e depois, espontaneamente, se transformam em raios de luz que abandonam a arena em direções opostas. Ou imaginemos que, a caminho de casa, tomamos um caminho menos transitado e que um edifício escuro nos aspira pelos pés e nos estica o corpo de cima a baixo esmagando-nos os ombros, fazendo-nos desaparecer por um buraco e nunca mais se sabe nada de nós.

Se estes cenários se desenrolassem na vida quotidiana, a física moderna parecer-nos-ia muito menos estranha; o nosso conhecimento das bases da relatividade e da mecânica quântica fluiria com naturalidade a partir da experiência diária; e os nossos entes queridos, seguramente, não nos deixariam ir trabalhar. Contudo, nos primeiros minutos do universo, este tipo de coisas acontecia a toda a hora. Para o imaginar e compreender, não temos outro remédio senão estabelecer uma nova forma de senso comum, uma intuição alterada acerca de como a matéria se comporta e acerca de como as leis físicas descrevem tal comportamento nos valores extremos de temperatura, densidade e pressão.

Temos de entrar no mundo de  $E = mc^2$ .

Albert Einstein publicou pela primeira vez uma versão dessa famosa equação em 1905, ano em que o seu influente trabalho de investigação intitulado «Zur Elektrodynamik bewegter Körper» surgiu em *Annalen der Physik*, a ilustre revista alemã de física. Em português, o título do artigo é «Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento», mas o trabalho é muito mais conhecido como «teoria especial da relatividade» de Einstein, a qual introduziu conceitos que mudariam para sempre as nossas noções do espaço e do tempo. Em 1905, com apenas 26 anos, enquanto trabalhava como examinador de patentes em Berna, na Suíça, Einstein ofereceu mais detalhes, incluindo a sua equação mais

conhecida, noutro trabalho, muito breve (2 páginas e meia), publicado meses depois nesse mesmo ano e na mesma revista: «Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?», ou «Depende a inércia de um corpo do seu conteúdo em energia?». Para poupar ao leitor o esforço de procurar o artigo original, conceber uma experiência e confirmar, deste modo, a teoria de Einstein, a resposta à pergunta é «sim». Tal como Einstein escreveu,

Se um corpo emite a energia  $E$  sob a forma de radiação, a sua massa diminui em  $E/c^2$  [...]. A massa de um corpo é uma medida do seu conteúdo em energia; se a energia se altera numa quantidade  $E$ , a massa altera-se na mesma quantidade.

Inseguro quanto à validade da sua afirmação, sugeri, depois, o seguinte:

Não é impossível que no caso de corpos cujo conteúdo energético seja variável em elevado grau (por exemplo, os sais de rádio) a teoria possa ser posta à prova com sucesso.<sup>1</sup>

Pois aqui está: Esta é a receita algébrica para todas as ocasiões em que queiramos transformar a matéria em energia ou a energia em matéria.  $E = mc^2$  — energia igual a massa vezes o quadrado da velocidade da luz — oferece-nos uma ferramenta computacional poderosa que amplia a nossa capacidade para conhecer e compreender o universo no seu estado atual e recuarmos a frações infinitesimais de segundo após o nascimento do cosmos. Com esta equação, podemos saber quanta energia radiante uma estrela pode produzir ou quanto poderíamos ganhar transformando as moedas que trazemos no bolso em formas úteis de energia.

A forma mais conhecida de energia — que brilha à nossa volta, embora a nossa mente não a costume reconhecer nem identificar — é o fóton, uma partícula sem massa e indivisível da luz visível, ou de qualquer outra forma de radiação eletromagnética. Vivemos todos num ininterrupto banho de fótons: do Sol, da Lua ou das estrelas; do aquecedor, do candeeiro ou da luz de presença; de centenas de emisoras de rádio e de televisão; e de inúmeras transmissões por telemóvel e radar. Porque não vemos, então, a transformação diária de energia em matéria ou de matéria em energia? Quando se transforma em energia através de  $E = mc^2$ , a energia dos fótons comuns encontra-se muito abaixo da massa das partículas subatómicas de menor massa. Como estes

---

<sup>1</sup> Albert Einstein, *The Principle of Relativity*, traduzido por W. Perrett e G. B. Jeffery (Londres: Methuen and Company, 1923), pp. 69-71.

fotões dominam muito pouca energia para se transformarem em qualquer outra coisa, têm uma vida simples, praticamente sem incidentes.

Sente falta de um pouco de ação com  $E = mc^2$ ? Comece a passar algum tempo com os fotões de raios gama que têm alguma energia real — pelo menos 200 mil vezes mais do que os fotões visíveis. Ficarà rapidamente doente e morrerà de cancro; mas antes de isso acontecer, verá pares de eletrões, um de matéria e outro de antimatéria (apenas um dos muitos dinâmicos duos de partícula-antipartícula do universo), onde outrora deambulavam os fotões. Enquanto observa, também assistirá à colisão de pares de matéria-antimatéria de eletrões, que se aniquilarão mutuamente e criarão novamente fotões de raios gama. Se aumentar a energia dos fotões para outro fator de 2000, obterà raios gama com energia suficiente para transformar pessoas suscetíveis no Hulk. Alguns pares destes fotões dominam energia suficiente, perfeitamente descrita pela potência de  $E = mc^2$ , para criar partículas como neutrões, prótons e seus pares de antimatéria, cada uma com uma massa quase 2000 vezes maior do que a do eletrão. Os fotões de elevada energia não andam por todo o lado, mas existem em muitos cadinhos cósmicos. Para os raios gama, será suficiente um qualquer ambiente com uma temperatura superior a uns quantos milhares de milhões de graus.

A importância cosmológica das partículas e dos conjuntos de energia que se transformam uns nos outros é espantosa. Na atualidade, a temperatura do universo em expansão, calculada através da medição do banho de fotões de micro-ondas que domina todo o espaço, é de apenas 2,73 graus Kelvin. (Na escala Kelvin, todas as temperaturas são positivas: as partículas têm a menor energia possível a 0 graus; a temperatura ambiente é de 295 graus; e a água ferve a 373 graus.) Como acontece com os fotões de luz visível, os fotões de micro-ondas são demasiado frios para terem alguma esperança realista de se transformarem em partículas através de  $E = mc^2$ . Por outras palavras, nenhuma partícula conhecida tem uma massa tão pequena que se possa obter partindo da exígua energia de um fotão de micro-ondas. O mesmo acontece com os fotões que formam ondas de rádio, infravermelhos e luz visível, assim como raios X e ultravioleta. Dito de modo mais simples: todas as transmutações de partículas requerem raios gama. Contudo, ontem, o universo era mais pequeno e um pouco mais quente do que hoje. Anteontem era ainda mais quente e pequeno. Se retrocedermos um pouco mais — digamos, 13 700 milhões de anos —, chegaremos à sopa primordial posterior ao Big Bang, momento em que a temperatura do cosmos era suficientemente elevada para ser interessante do ponto de vista astrofísico, enquanto os raios gama enchiam o universo.

Entender o comportamento do espaço, do tempo, da matéria e da energia

desde o Big Bang até hoje é um dos grandes triunfos do pensamento humano. Se procurarmos uma explicação completa para os sucessos dos primeiros momentos, quando o universo era mais pequeno e quente do que seria depois, temos de encontrar o modo como as 4 forças conhecidas da natureza — gravidade, eletromagnetismo, forças nucleares fraca e forte — falam entre si, se unem e se transformam numa única metaforça. Também é necessário encontrar o modo de reconciliar dois ramos da física atualmente incompatíveis: a mecânica quântica (a ciência do pequeno) e a relatividade geral (a ciência do grande).

INCITADOS PELO FELIZ CASAMENTO DA MECÂNICA QUÂNTICA E O ELETTROMAGNETISMO em meados do século xx, os físicos puseram-se em marcha, em seguida, para combinar a mecânica quântica e a relatividade geral numa teoria única e coerente da gravidade quântica. Embora até agora tenham todos fracassado, já sabemos onde se encontram os principais obstáculos: na «era Planck». Esta corresponde à fase cósmica até  $10^{-43}$  segundos (um décimo de milionésimo de bilionésimo de bilionésimo de bilionésimo de segundo) depois do início. Dado que a informação não pode viajar a uma velocidade superior à da luz,  $3 \times 10^8$  metros por segundo, um observador hipotético localizado em qualquer lugar do universo durante a era Planck não poderia ver para além de  $3 \times 10^{-35}$  metros (tricentésima mil milionésima bilionésima bilionésima parte de um metro). O físico alemão Max Planck, que dá o seu nome a estes tempos e distâncias inconcebivelmente pequenos, propôs em 1900 a ideia de «quantização da energia»; e é, em geral, considerado o pai da mecânica quântica.

De qualquer dos modos, que ninguém se preocupe por ora com a vida quotidiana. O choque entre a mecânica quântica e a gravidade não impõe problemas práticos no universo contemporâneo. Os astrofísicos aplicam os princípios e as ferramentas da relatividade geral e a mecânica quântica a problemas completamente distintos. Mas a princípio, durante a era Planck, o grande era pequeno, pelo que teve de haver algum tipo de casamento apressado entre os dois. Mas, infelizmente, como as promessas trocadas durante a cerimónia continuam a escapar-nos, nenhuma lei (conhecida) da física, descreve com solidez suficiente como o universo se comportou durante a breve lua de mel, antes que a sua expansão obrigasse o muito grande e o muito pequeno a separarem-se.

No final da era Planck, a gravidade libertou-se de todas as outras forças da natureza, ainda muito unidas, e atingiu uma identidade independente muito bem descrita pelas teorias atuais. Quando o universo envelheceu e



ultrapassou os  $10^{-35}$  segundos, continuou a expandir-se e a arrefecer e o que restava das outrora unificadas forças dividiu-se entre a força eletrofraca e a força nuclear forte. Mais à frente, a força eletrofraca dividiu-se entre as forças eletromagnética e nuclear fraca, o que deixou a descoberto quatro forças familiares e diferenciadas: a força fraca que controla a desintegração radioativa, a força forte que une as partículas de cada núcleo atómico, a força eletromagnética que mantém juntos os átomos nas moléculas, e a gravidade que sujeita a matéria em grandes quantidades. Quando o universo envelheceu o suficiente para ultrapassar o bilionésimo de segundo de vida, as suas forças transformadas, juntamente com outros episódios essenciais, já tinha conferido ao cosmos as suas propriedades fundamentais, cada uma delas digna do seu próprio livro.

Enquanto o tempo passava durante o primeiro bilionésimo de segundo, a interação da matéria e da energia continuou sem parar. Pouco antes, durante e depois de as forças eletrofraca e forte se terem dividido, o universo continha um viveiro de quarks, leptões e dos seus irmãos de antimatéria, além de bosões, as partículas que permitem às outras relacionar-se entre si. Pelo que sabemos hoje, nenhuma destas famílias de partículas se pode dividir em nada mais pequeno ou básico. Por mais que sejam fundamentais, cada família de partículas conta com várias espécies. Os fotões, incluindo os que constituem a luz visível, pertencem à família dos bosões. Os leptões mais conhecidos para os não físicos são os eletrões e (talvez) os neutrinos; e os quarks mais conhecidos são... bem, não há quarks conhecidos, pois no nosso dia a dia encontramos sempre os quarks unidos em partículas como os protões e os neutrões. A cada espécie de quark foi atribuído um nome abstrato que não tem uma verdadeira finalidade filológica para além da de o distinguir dos restantes: «cima» e «baixo», «bizarro» e «radiante», «superior» e «inferior».

A propósito, os bosões derivam o seu nome do físico indiano Satyendranath Bose. A palavra *leptão* vem do grego *leptos*, que significa «ligeiro» ou «pequeno». *Quark*, por seu lado, tem uma origem literária e muito mais imaginativa. O físico norte-americano Murray Gell-Mann, que, em 1964, propôs a existência dos quarks e que depois pensou que a família dos quarks só contava com três membros, retirou o nome de uma frase artilosa do *Finnegans Wake* de James Joyce: «Três quarks para Muster Mark!» Os quarks podem reivindicar uma vantagem: todos os seus nomes são simples; algo que os químicos, os biólogos e os geólogos parecem ser incapazes de conseguir ao batizarem as suas coisas.

Os quarks são extravagantes. Ao contrário dos protões, que têm cada um uma carga elétrica de +1, e dos eletrões, cada um com uma carga de -1,

os quarks têm cargas fracionárias que se expressam em unidades de  $\frac{1}{3}$ . E, à exceção das condições mais extremas, nunca apanharemos um quark sozinho: estará sempre, firmemente, agarrado a mais 1 ou 2 quarks. De facto, a força que mantém 2 (ou mais) juntos *umenta* quando tentamos separá-los, como se estivessem ligados por uma espécie de borracha elástica subnuclear. Afastemo-los o suficiente e partir-se-á. A energia armazenada na borracha esticada põe, agora, o  $E = mc^2$  a criar um novo quark em cada extremo e deixá-nos novamente onde começámos.

Durante a era quark-leptão no primeiro bilionésimo de segundo do cosmos, o universo tinha densidade suficiente para que a separação média entre quarks livres concorresse com a separação entre quarks agregados. Nestas condições, como as lealdades entre quarks adjacentes não se podiam estabelecer de modo claro, movimentavam-se com liberdade entre si. A deteção experimental deste estado da matéria, chamado, como é lógico, «sopa de quarks», foi dada a conhecer em 2002 por uma equipa de físicos dos Brookhaven National Laboratories, em Long Island.

A conjugação da observação e da teoria sugere que um episódio no início do universo, talvez durante uma das divisões entre os diferentes tipos de força, atribuiu ao cosmos uma extraordinária assimetria, na qual as partículas de matéria ultrapassavam em número as partículas da antimatéria só numa mil milionésima parte aproximadamente, uma diferença que nos permite existir atualmente. Esta discrepância minúscula em termos de população dificilmente teria sido prevista por entre a contínua criação, destruição e nova criação de quarks e antiquarks, elétrons e antielectrões (mais conhecidos como positrões) ou neutrinos e antineutrinos. Nessa era, o extravagante — o ligeiro predomínio da matéria sobre a antimatéria — teve muitas oportunidades para encontrar outras partículas com as quais se aniquilasse, e o mesmo aconteceu a todas as outras.

Mas não por muito mais tempo. Enquanto o universo continuava a expandir-se e a arrefecer, a sua temperatura desceu rapidamente abaixo de mil milhões de graus Kelvin. Tinha passado um milionésimo de segundo desde o início, mas este universo quente já não tinha uma temperatura nem uma densidade suficientes para fabricar quarks. Todos os quarks procuraram, em seguida, pares de dança, o que criou uma família nova e permanente de partículas pesadas chamadas «hadrões» (do grego *hadros*, que significa «denso»). Esta transição de quark para hádrão criou rapidamente protões e neutrões assim como outros tipos de partículas pesadas, menos conhecidas, todas elas compostas por diversas combinações de quarks. A ligeira assimetria matéria-antimatéria da sopa de quark-leptão passava agora para os hadrões, com consequências insólitas.

Enquanto o universo arrefecia, foi diminuindo continuamente a quantidade de energia disponível para a criação espontânea de partículas. Durante a era dos hádrons, os fótons já não podiam recorrer a  $E = mc^2$  para produzir pares de quark-antiquark: a sua  $E$  não podia abranger a  $mc^2$  dos pares. Além disso, os fótons resultantes de todas as destruições restantes continuavam a perder energia num universo em expansão contínua, pelo que, com o tempo, a sua energia desceu abaixo do limite exigido para criar pares hádrão-anti-hádrão. Cada mil milhões de aniquilações deixava mil milhões de fótons — e só sobrevivia um hádrão, testemunho mudo do diminuto excesso da matéria relativamente à antimatéria no jovem universo. No final, estes hádrons solitários viriam a divertir-se tanto quanto a matéria se pode divertir: transformar-se-iam na fonte das galáxias, das estrelas, dos planetas e das pessoas.

Sem o desequilíbrio de mil milhões +1 relativamente a uns simples mil milhões entre partículas de matéria e antimatéria, toda a massa do universo (exceto a matéria escura, cuja forma continua a ser desconhecida) teria sido destruída antes de ter passado o primeiro segundo do universo, com o que teríamos tido um cosmos no qual teríamos visto (se tivéssemos existido) fótons e *mais nada*; o cenário primordial do «faça-se luz».

Por esta altura, já passou um segundo de tempo.

A mil milhões de graus, o universo continua a estar muito quente e ainda consegue produzir eletrões, os quais, juntamente com os seus homólogos positrões (antimatéria), continuam a aparecer e a desaparecer. No entanto, o universo — que se expande e arrefece continuamente — tem os dias (na realidade, segundos) contados. O que antes era certo para os hádrons, é certo agora para os eletrões e para os positrões: destroem-se uns aos outros e só surge um eletrão entre mil milhões, único sobrevivente do pacto suicida entre matéria e antimatéria. Os outros eletrões e positrões morreram para inundar o universo com um mar maior de fótons.

Concluída a era da aniquilação de eletrões-positrões, o cosmos «congelou» na existência de um eletrão por cada protão. Enquanto o cosmos continua a arrefecer — a temperatura já desceu dos 100 milhões de graus —, os seus prótons unem-se com outros prótons e com neutrões, formando núcleos atómicos e incubando um universo em que 90 por cento destes núcleos são de hidrogénio e 10 por cento de hélio, juntamente com valores relativamente minúsculos de núcleos de deutério, trítio e lítio.

Já passaram 2 minutos desde o início.

Durante mais 380 mil anos, não aconteceu grande coisa na nossa sopa de núcleos de hidrogénio e de hélio, eletrões e fótons. Ao longo destas centenas

de milênios, a temperatura cósmica permanece suficientemente quente para que os elétrons vagueiem livres entre os fótons, chocando com eles de um e do outro lado.

Como explicaremos, em breve, no capítulo 3, esta liberdade acaba brusca-mente quando a temperatura do universo desce abaixo dos 3000 graus Kelvin (aproximadamente metade da temperatura da superfície do Sol). Nesse mo-mento, todos os elétrons adquirem órbitas em torno dos núcleos, formando-se, deste modo, átomos. O casamento dos elétrons com os núcleos deixa os átomos recém-constituídos no interior de um banho de fótons de luz visível omnipresente, o qual completa a história de como surgiram as partículas e os átomos no universo primitivo.

Enquanto o universo continua a expandir-se, os seus fótons continuam a perder energia. Hoje, para onde quer que os astrofísicos olhem, veem um rasto digital cósmico de fótons de micro-ondas a uma temperatura de 2,72 graus, o que representa uma diminuição de mil vezes na energia dos fótons desde que os átomos se começaram a formar. Os padrões dos fótons no céu — a quantidade exata de energia que chega oriunda de diferentes direções — mantêm uma recordação da distribuição cósmica da matéria mesmo antes da formação dos átomos. Partindo destes padrões, os astrofísicos podem obter dados significativos, incluindo a idade e a forma do universo. Embora os átomos façam agora parte da vida quotidiana no universo, a equação de Einstein ainda tem muito trabalho a fazer — nos aceleradores de partículas, onde se criam rotineiramente pares de partículas matéria-antimatéria a partir de campos de energia; no núcleo do Sol, onde se transformam, por segundo, 4,4 milhões de toneladas de matéria em energia; e nos núcleos de todas as restantes estrelas.

$E = mc^2$  também pode ser aplicada perto dos buracos negros, pouco mais além dos seus horizontes de eventos, onde os pares de partícula-antipartícula podem surgir subitamente à custa da formidável energia gravitacional do buraco negro. Em 1975, ao descrever os *high jinks*, o cosmólogo britânico Stephen Hawking demonstrou que toda a massa de um buraco negro se podia evaporar lentamente através desse mecanismo. Por outras palavras, os buracos negros não são negros de todo. O fenómeno é conhecido como «radiação de Hawking» e serve como lembrete da ininterrupta fecundidade da equação mais famosa de Einstein.

Mas o que aconteceu *antes* de toda essa fúria cósmica? O que aconteceu antes do início?

Os astrofísicos não fazem a mínima ideia. Ou melhor, as nossas ideias mais criativas têm pouca ou nenhuma fundamentação na ciência experimental.

Contudo, uma pessoa com fé religiosa tende a afirmar, frequentemente com um rasgo de presunção, que alguma coisa deve ter dado início a tudo: uma força superior às restantes, uma fonte de onde surgiu o resto das coisas. Um ativador fundamental. Na mente de uma pessoa assim, essa alguma coisa é, logicamente, Deus, cuja natureza varia de um crente para outro, mas que suporta sempre a responsabilidade de ter posto as engrenagens a rodar.

Mas e se o universo esteve sempre assim, num estado ou condição ainda por identificar, um multiverso, por exemplo, no qual tudo o que chamamos de universo equivale apenas a uma diminuta bolha num mar de espuma? E se o universo, como as suas partículas, tiver começado a existir do nada, a partir de nada que possamos ver?

No geral, estas réplicas não satisfazem ninguém. Em qualquer caso, relembram-nos que a ignorância bem informada propicia o estado natural da mente para os investigadores das fronteiras sempre mutáveis do conhecimento. As pessoas que acreditam que sabem tudo, nunca procuraram nem encontraram as fronteiras entre o conhecido e o desconhecido no cosmos. E é aí que reside uma dicotomia fascinante. «O universo sempre existiu» não merece nenhum respeito enquanto resposta legítima à pergunta «O que existia antes do início?». No entanto, para muitas pessoas religiosas, «Deus sempre existiu» é a resposta óbvia e satisfatória para «O que existia antes de Deus?».

Independentemente da posição de cada um, participar na procura para descobrir onde e como começou tudo, pode provocar um certo fervor emocional; como se o facto de conhecer o nosso começo nos atribuísse algum sentido de fraternidade, ou talvez domínio sobre o que veio depois. Deste modo, o que é válido para a própria vida é válido para o universo: saber de onde viemos não é menos importante do que saber para onde vamos.