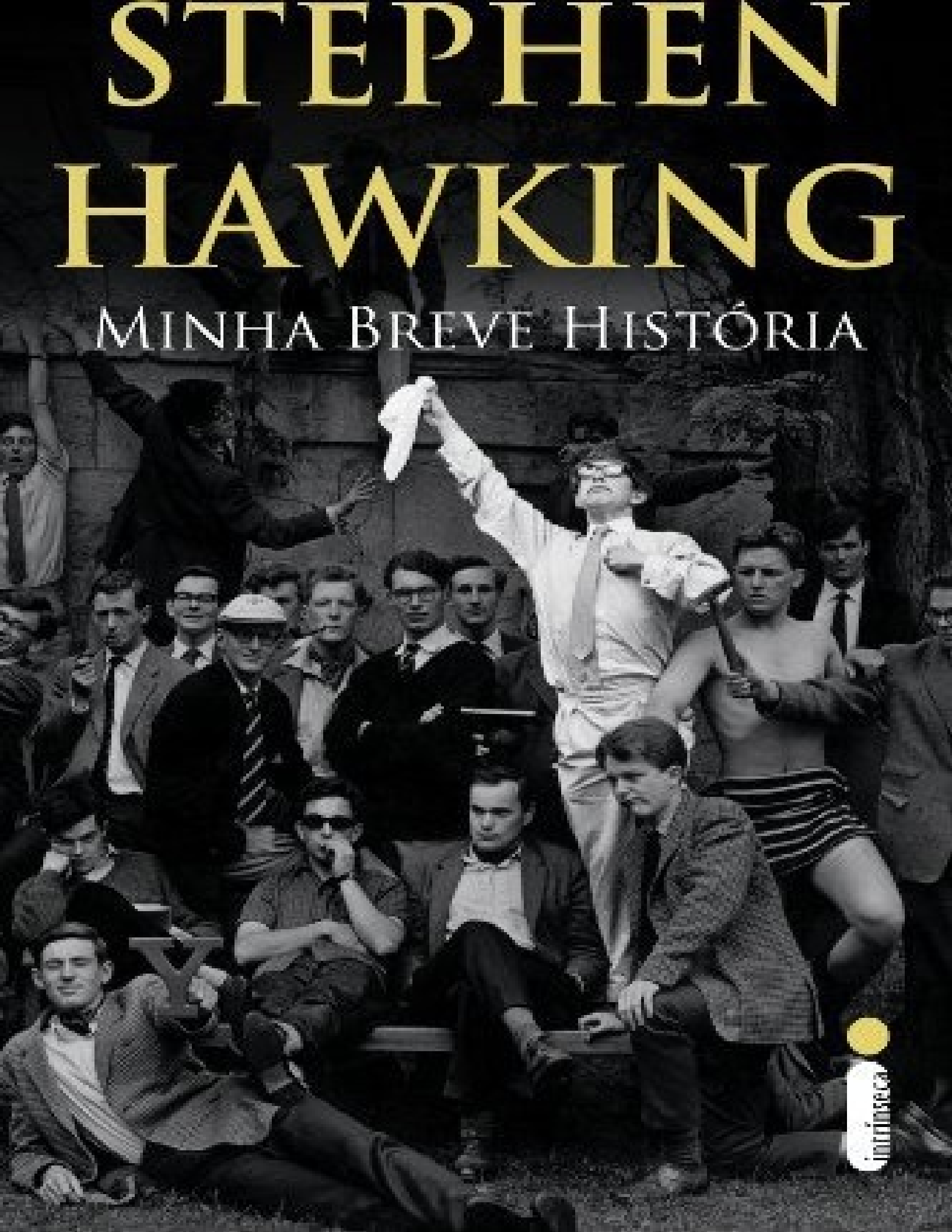
STEPHEN HAWKING

MINHA BREVE HISTÓRIA



DADOS DE COPYRIGHT

Sobre a obra:

A presente obra é disponibilizada pela equipe ***Le Livros*** e seus diversos parceiros, com o objetivo de oferecer conteúdo para uso parcial em pesquisas e estudos acadêmicos, bem como o simples teste da qualidade da obra, com o fim exclusivo de compra futura.

É expressamente proibida e totalmente repudíavel a venda, aluguel, ou quaisquer uso comercial do presente conteúdo

Sobre nós:

O ***Le Livros*** e seus parceiros, disponibilizam conteúdo de dominio publico e propriedade intelectual de forma totalmente gratuita, por acreditar que o conhecimento e a educação devem ser acessíveis e livres a toda e qualquer pessoa. Você pode encontrar mais obras em nosso site: ***LeLivros.Info*** ou em qualquer um dos sites parceiros apresentados neste link.

Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo nível.



STEPHEN HAWKING

Minha Breve História

Tradução de Alexandre Raposo,
Julia Sobral Campos e Maria Carmelita Dias

Revisão técnica de Amâncio Friaça
Astrofísico do Instituto de Astronomia,
Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP

intrínseca

Copyright © Stephen Hawking, 2013

Publicado originalmente por Bantam Books, um selo de Random House Publishing Group, uma divisão de Random House LLC, uma companhia de Penguin Random House, Nova York.

TÍTULO ORIGINAL

My Brief History

REVISÃO

Taís Monteiro

DIAGRAMAÇÃO E TRATAMENTO DE IMAGENS

Editoriarte

Trechos desta obra apareceram originalmente, em diferentes formatos, como parte de palestras proferidas pelo autor ao longo dos anos.

GERAÇÃO DE EPUB

Simplíssimo Livros

E-ISBN

978-85-8057-426-5

Edição digital: 2013

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA INTRÍNSECA LTDA.

Rua Marquês de São Vicente, 99, 3º andar
22451-041 – Gávea
Rio de Janeiro – RJ
Tel./Fax: (21) 3206-7400
www.intrinseca.com.br


You
Tube


intrínseca

Para William, George e Rose



SUMÁRIO

Capa
Folha de rosto
Créditos
Mídias sociais
Dedicatória
1 Infância
2 St. Albans
3 Oxford
4 Cambridge
5 Ondas gravitacionais
6 O Big Bang
7 Buracos negros
8 Caltech
9 Casamento
10 Uma breve história do tempo
11 Viagem no tempo
12 Tempo imaginário
13 Sem fronteiras
Créditos das imagens
Sobre o autor



1
INFÂNCIA

MEU PAI, FRANK, DESCENDIA DE UMA LINHAGEM DE FAZENDEIROS arrendatários de Yorkshire, na Inglaterra. Seu avô — meu bisavô John Hawking — fora um rico fazendeiro, mas comprara muitas fazendas e fora à falência na depressão agrícola, no início do século XIX. Seu filho, Robert — meu avô —, tentou ajudar o pai, mas também faliu. Felizmente, a esposa de Robert era dona de uma casa em Boroughbridge na qual administrava uma escola, o que lhes garantia uma pequena renda. Assim, conseguiram enviar o filho para Oxford, onde ele estudou medicina.

Meu pai ganhou uma série de bolsas de estudo e prêmios, o que lhe permitiu enviar dinheiro para os pais. Começou a pesquisar medicina tropical e, em 1937, viajou para a África Oriental, como parte da pesquisa. Quando a guerra começou, ele atravessou a África por terra até chegar ao Congo, pegou um navio de volta para a Inglaterra e se alistou no serviço militar. Contudo, foi informado de que era mais valioso na pesquisa médica.



Meu pai e eu



Com minha mãe

Minha mãe nasceu em Dunfermline, na Escócia, a terceira de oito filhos de um médico de família. A mais velha era uma menina com síndrome de Down, que viveu separadamente com uma cuidadora, até morrer aos treze anos. A família se mudou para Devon, ao sul, quando minha mãe tinha doze anos. Assim como a família de meu

pai, a dela não era abastada. No entanto, seus pais também conseguiram enviá-la para Oxford. Depois da faculdade, minha mãe teve diversos empregos, incluindo o de fiscal da receita, atividade da qual não gostava. Ela desistiu do emprego e se tornou secretária, que foi como conheceu meu pai, nos primeiros anos da guerra.

* * *

NASCI NO dia 8 de janeiro de 1942, exatos trezentos anos após a morte de Galileu. Calculo, porém, que cerca de duzentos mil outros bebês também nasceram naquele dia e não sei se algum deles posteriormente se interessou por astronomia.

Nasci em Oxford, embora meus pais morassem em Londres. Isso aconteceu porque, durante a Segunda Guerra Mundial, os alemães firmaram um acordo que estabelecia que não bombardeariam Oxford e Cambridge se os britânicos não bombardeassem Heidelberg e Göttingen. É uma pena que esse tipo de acordo civilizado não pudesse ter sido estendido a mais cidades.

Morávamos em Highgate, no norte de Londres. Minha irmã Mary nasceu dezoito meses depois de mim, e me disseram que eu não vi a chegada dela com bons olhos. Durante toda a infância houve certa tensão entre nós, alimentada pela estreita diferença de idade. Entretanto, a tensão desapareceu em nossa vida adulta, quando seguimos caminhos diferentes. Ela se tornou médica, o que agradou ao meu pai.



Eu, Phillipa e Mary

Minha irmã Philippa nasceu quando eu tinha quase cinco anos e era capaz de entender melhor o que estava acontecendo. Lembro-me de ter esperado sua chegada ansiosamente, pois assim haveria três de nós para brincar. Ela era uma criança muito intensa e perspicaz, e sempre respeitei seu julgamento e suas opiniões. Meu irmão Edward foi adotado muito mais tarde, quando eu tinha quatorze anos, de forma que mal participou de minha infância. Ele era muito diferente dos outros três irmãos, completamente não acadêmico e não intelectual, o que provavelmente foi bom para nós. Era uma criança muito difícil, mas da qual era impossível não gostar. Edward morreu em 2004, de uma causa que nunca foi adequadamente determinada: a explicação mais provável é a de envenenamento pelos vapores da cola que usava para reformar seu apartamento.



Eu e meus irmãos na praia

MINHA LEMBRANÇA mais remota é de estar no jardim de infância da Byron House School, em Highgate, chorando desesperadamente. Ao meu redor, as crianças se divertiam com o que me pareciam ser brinquedos maravilhosos, e eu queria participar daquilo. Mas tinha apenas dois anos e meio, era a primeira vez que ficava com pessoas que não conhecia e estava com medo. Acho que meus pais ficaram muito surpresos com a minha reação, porque eu era o primeiro filho e eles se orientavam por livros sobre desenvolvimento infantil, que diziam que as crianças deveriam estar prontas para começar a ter relações sociais aos dois anos. Mas eles me levaram embora após aquela terrível manhã e só voltei para a Byron House um ano e meio depois.

Naquela época, durante e logo após a guerra, Highgate era uma área onde viviam pessoas do meio científico e acadêmico. (Em outro país, seriam chamadas de intelectuais, mas os ingleses jamais admitiram ter intelectuais entre eles.) Todos os pais enviavam os

filhos para a Byron House School, que era uma escola muito moderna para a época.

Lembro-me de ter reclamado com os meus pais que a escola não estava me ensinando nada. Os educadores da Byron House não acreditavam no que era então a maneira de se incutir coisas na cabeça dos alunos. Em vez disso, as crianças tinham de aprender a ler sem perceber que estavam sendo ensinadas. Eu por fim aprendi a ler, mas não antes da extremamente tardia idade de oito anos. Minha irmã Philippa aprendeu a ler com quatro anos, através de métodos mais convencionais. Naquela época ela era definitivamente mais brilhante do que eu.



Nossa rua em Highgate, Londres

Morávamos em uma casa vitoriana alta e estreita, que meus pais compraram por uma ninharia durante a guerra, quando todos pensavam que Londres seria destruída por bombardeios. De fato, um foguete V-2 caiu a algumas casas da nossa. Eu tinha saído com minha mãe e minha irmã quando isso aconteceu, mas meu pai estava em casa. Felizmente, ele não se feriu e a casa não foi muito danificada.

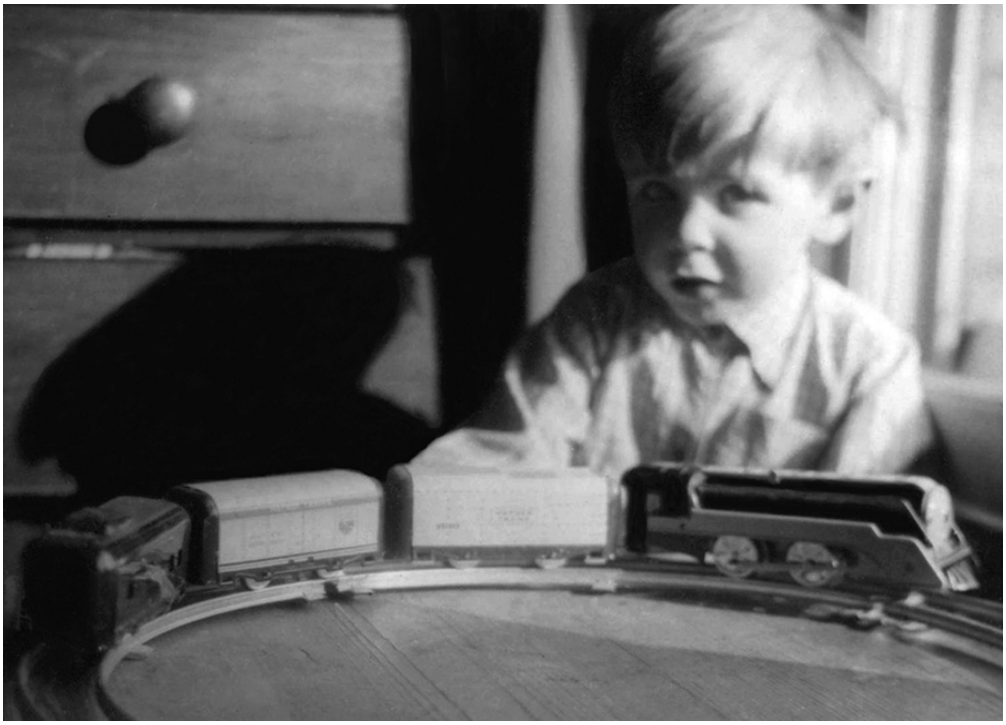
Durante anos, porém, houve uma grande cratera de bomba na rua, na qual eu costumava brincar com o meu amigo Howard, que morava a três casas de distância, do outro lado da rua. Howard foi uma revelação para mim, porque seus pais não eram intelectuais como os de todas as outras crianças que eu conhecia. Ele frequentava uma escola pública, não a Byron House, e gostava de futebol e boxe, esportes que os meus pais jamais sonhariam acompanhar.



Londres durante a Blitz

OUTRA LEMBRANÇA remota foi a de ganhar meu primeiro trenzinho. Não se fabricavam brinquedos durante a guerra, ao menos não para o mercado interno. Mas eu era apaixonado por ferromodelismo. Meu pai tentou fazer um trem de madeira para mim, mas não fiquei satisfeito, porque queria algo que se movesse sozinho. Então, ele conseguiu um trem de corda de segunda mão, consertou-o com um ferro de solda e me deu no Natal, quando eu tinha quase três anos. Esse trem não funcionou muito bem. Meu pai foi para os Estados Unidos logo após a guerra, e, quando voltou, no *Queen Mary*, trouxe algumas meias-calças para a minha mãe — que não eram vendidas na

Inglaterra naquela época —, uma boneca que fechava os olhos quando você a deitava para minha irmã Mary e um trem americano para mim, completo, com limpa-trilhos e pista em formato de oito. Ainda me lembro de minha emoção quando abri a caixa.



Eu com o meu trenzinho

Trens de brinquedo movidos a corda eram legais, mas o que eu realmente queria era um trem elétrico. Costumava passar horas observando um clube de ferromodelismo em Crouch End, perto de Highgate. Eu sonhava com trens elétricos. Certo dia, quando meus pais estavam fora, aproveitei a oportunidade para sacar do banco postal todas as minhas modestas economias, dinheiro que as pessoas me davam em ocasiões especiais, como em meu batismo. Usei a soma para comprar um trem elétrico, mas, para minha frustração, ele também não funcionava muito bem. Eu deveria ter devolvido o trem e exigido que a loja ou o fabricante o substituísse, mas, naquela época, comprar algo era considerado um privilégio, e, caso o que você tivesse adquirido não funcionasse direito, era apenas uma questão de má sorte. Então paguei o conserto do motor elétrico, mas, mesmo assim, o trem nunca funcionou bem.

Mais tarde, em minha adolescência, construí aeromodelos e modelos de barcos. Nunca fui muito bom em habilidades manuais, mas os construía com meu colega de escola John McClenahan, que era muito melhor do que eu e cujo pai tinha uma oficina em casa. Meu objetivo sempre foi construir modelos que funcionassem e que eu pudesse controlar. Não ligava para a aparência. Acho que essa foi a mesma motivação que me levou a inventar uma série de jogos muito complicados com outro amigo de escola, Roger Ferneyhough. Havia um jogo completo de produção industrial, com fábricas onde eram construídas unidades de cores diferentes, estradas e ferrovias nas quais eram transportadas, e um mercado de ações. Havia um jogo de guerra, em que usávamos um tabuleiro com quatro mil quadrados, e até mesmo um jogo feudal, em que cada participante representava toda uma dinastia e tinha uma árvore genealógica. Creio que tais jogos, assim como os trens, barcos e aviões, eram fruto de um desejo de saber como os sistemas funcionam e como controlá-los. Desde que comecei o meu ph.D., essa necessidade foi satisfeita com a minha pesquisa sobre cosmologia. Se você entende como o universo funciona, de certa forma pode controlá-lo.

2
ST. ALBANS

EM 1950, O LOCAL DE TRABALHO DE MEU PAI MUDOU de Hampstead, perto de Highgate, para o recém-construído Instituto Nacional de Pesquisa Médica em Mill Hill, no extremo norte de Londres. Em vez de viajar de Highgate até lá, pareceu-lhe mais inteligente mudar-se com a família para a periferia de Londres. Assim, compraram uma casa na cidade de St. Albans, uns dezesseis quilômetros ao norte de Mill Hill e cerca de trinta ao norte da parte central de Londres. Era uma grande casa vitoriana, com alguma elegância e personalidade. Meus pais não estavam muito bem de vida quando a compraram e tiveram de fazer muitas reformas antes que pudéssemos nos mudar. Como qualquer cidadão de Yorkshire que se preze, meu pai recusou-se a pagar quaisquer reparos posteriores. Em vez disso, dedicou-se a preservar o lugar e a mantê-lo pintado, mas era uma casa grande e ele não tinha muita habilidade para esse tipo de serviço. Contudo, o imóvel era solidamente construído e resistiu a tal negligência. Meus pais a venderam em 1985, quando meu pai estava muito doente, um ano antes de ele morrer. Eu a vi recentemente. Não me pareceu que tenham cuidado dela desde então.



Nossa casa em St. Albans

A casa foi projetada para uma família com empregados, e na despensa havia um painel que indicava em qual quarto tocara uma campainha. Obviamente não tínhamos empregados, mas meu primeiro quarto era um pequeno cômodo em forma de L que deve ter sido os aposentos de uma empregada. Eu o escolhi por sugestão de minha prima Sarah, que era um pouco mais velha do que eu e a quem eu muito admirava. Ela disse que poderíamos nos divertir muito ali. Um dos atrativos do quarto era que se podia descer pela janela para o telhado do galpão de bicicletas e, dali, até o chão.

Sarah era a filha da irmã mais velha de minha mãe, Janet, que estudara medicina e fora casada com um psicanalista. Moravam em uma casa muito semelhante à nossa em Harpenden, um povoado oito quilômetros ao norte. Eles foram uma das razões para termos nos mudado para St. Albans. Eu gostava muito de estar perto de Sarah, e muitas vezes peguei o ônibus até Harpenden para vê-la.

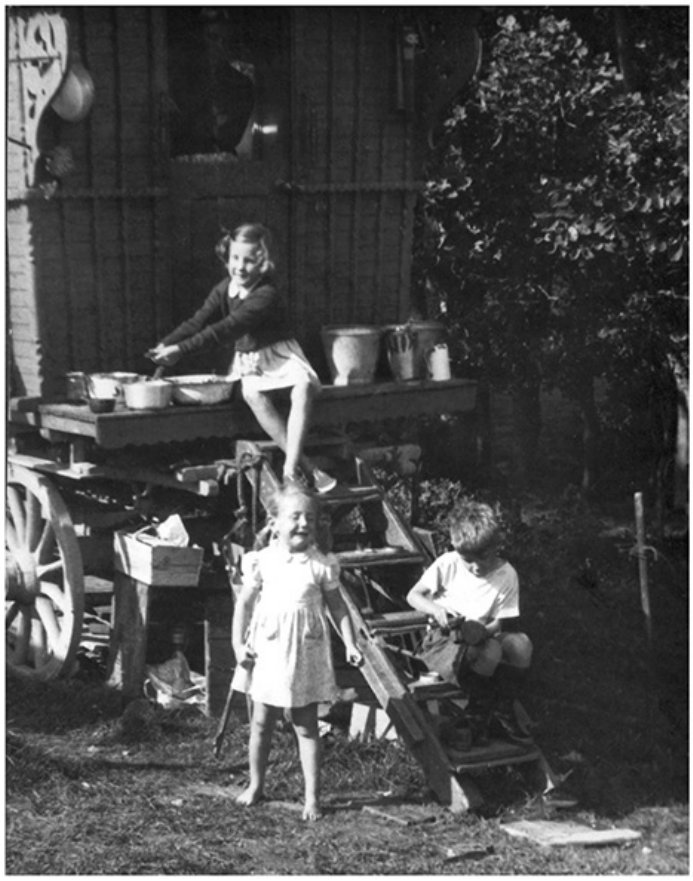
St. Albans ficava perto das ruínas da antiga cidade romana de Verulamium, o assentamento romano mais importante na Inglaterra

depois de Londres. Na Idade Média, tornou-se o mosteiro mais rico do país. O prédio fora construído em torno do santuário de Saint Alban, um centurião romano que dizem ter sido a primeira pessoa na Inglaterra a ser executada por sua fé no cristianismo. Tudo o que restava da abadia eram uma igreja muito grande e muito feia e o antigo portal, que fazia parte da St. Albans School, para onde fui posteriormente. St. Albans era um lugar um tanto antiquado e conservador se comparado a Highgate ou Harpenden. Meus pais quase não tinham amigos ali. Em parte por culpa deles, já que eram, por natureza, muito solitários, sobretudo meu pai. Mas o lugar também tinha um tipo diferente de gente. Com certeza, nenhum dos pais de meus colegas de escola de St. Albans poderia ser descrito como um intelectual.

Em Highgate nossa família parecia bastante normal, mas em St. Albans definitivamente éramos considerados excêntricos. Tal percepção foi exacerbada pelo comportamento de meu pai, que não se importava com aparências se isso lhe permitisse economizar dinheiro. A família dele fora muito pobre quando ele era jovem, e isso o influenciou muito. Ele não suportava gastar dinheiro com o próprio conforto, mesmo quando, anos mais tarde, pôde. Recusou-se a instalar um aquecimento central, mesmo sentindo muito frio. Vestia diversos suéteres e um roupão por cima de suas roupas normais. Com outras pessoas, no entanto, costumava ser muito generoso.

Na década de 1950, não podíamos comprar um carro novo, então ele adquiriu um táxi londrino de antes da guerra e nós dois construímos um barracão Nissen para servir de garagem. Os vizinhos ficaram indignados, mas não puderam nos impedir. Como a maioria das crianças, eu tinha vergonha de meus pais. Mas isso nunca os preocupou.





Nossa carroça cigana

Para nos divertirmos nos feriados, meus pais compraram uma carroça cigana, que estacionaram em um campo em Osmington Mills, na costa sul da Inglaterra, perto de Weymouth. A carroça fora elaboradamente decorada pelos proprietários ciganos originais, mas meu pai pintou-a de verde para torná-la menos óbvia. A carroça tinha uma cama de casal para os pais e uma pequena cabine embaixo para

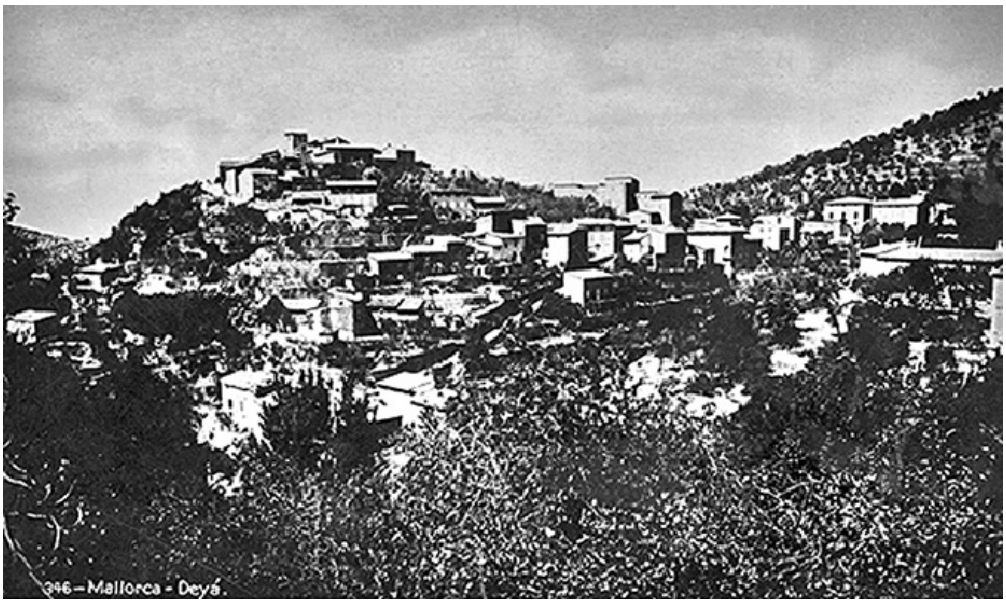
as crianças. Meu pai transformou-a em beliches, utilizando macas excedentes do exército, enquanto ele e minha mãe dormiam em uma barraca do exército ao lado da carroça. Passamos todas as nossas férias de verão ali até 1958, quando o conselho do condado finalmente conseguiu removê-la.

* * *

QUANDO CHEGAMOS a St. Albans, fui enviado para uma escola de ensino médio para meninas, que aceitava meninos com até dez anos. Após eu ter estudado ali durante um período letivo, meu pai embarcou em uma de suas viagens eventuais à África, desta vez por um período mais longo, cerca de quatro meses. Minha mãe não queria ficar sozinha todo esse tempo, então levou a mim e minhas duas irmãs para visitar sua amiga de escola, Beryl, que era casada com o poeta Robert Graves. O casal morava em um povoado chamado Deià, na ilha espanhola de Maiorca. Isso foi apenas cinco anos depois da guerra, e o ditador da Espanha, Francisco Franco, que fora aliado de Hitler e Mussolini, ainda estava no poder. (Na verdade, permaneceu no poder por mais duas décadas.) Apesar disso, minha mãe, que fora membro da Liga da Juventude Comunista antes da guerra, viajou de barco e de trem com seus três filhos pequenos até Maiorca. Alugamos uma casa em Deià e nos divertimos muito. Compartilhei um tutor com o filho de Robert, William.



Eu navegando em Oulton Broad, Suffolk



Nosso lar temporário: Deià, Maiorca


Eu (à esquerda) com o filho de Robert Graves, William

Esse tutor era um protegido de Robert e estava mais interessado em escrever uma peça para o festival de Edimburgo do que em nos ensinar. Assim, para nos manter ocupados, fazia com que lêssemos um capítulo da Bíblia todos os dias e escrevêssemos uma redação a respeito. A ideia era nos ensinar a beleza do idioma inglês. Lemos todo o Gênesis e parte do Êxodo antes de eu ir embora. Uma das

principais lições que aprendi com esse exercício foi nunca começar uma frase com “e”. Quando comentei que a maioria das frases da Bíblia começava com “e”, ele disse que o inglês havia mudado desde o tempo do rei James. Nesse caso, argumentei, por que nos fazer ler a Bíblia?

Mas foi em vão. Robert Graves naquela época estava muito interessado no simbolismo e no misticismo da Bíblia. Portanto, não havia a quem apelar.

Voltamos quando o Festival da Inglaterra estava começando. O evento foi ideia do governo trabalhista para tentar repetir o sucesso da Grande Exposição de 1851, feira organizada pelo príncipe Albert e a primeira das Feiras Mundiais modernas. O festival forneceu um alívio bem-vindo à austeridade da guerra e do pós-guerra na Inglaterra. A exposição, realizada na margem sul do Tâmisa, abriu os meus olhos para novas formas de arquitetura e as novas ciência e tecnologia. No entanto, teve curta duração: os conservadores ganharam as eleições naquele outono e a encerraram.

Aos dez anos, prestei o chamado exame eleven-plus: um teste de inteligência para selecionar quais crianças tinham mais aptidão para uma formação acadêmica entre a maioria que era enviada para as escolas de ensino médio não acadêmicas. O sistema eleven-plus levou diversas crianças da classe trabalhadora e da classe média baixa à universidade e a posições de destaque, mas havia críticas ao princípio de se fazer uma seleção definitiva aos onze anos, principalmente vindas de pais de classe média que viram os filhos serem enviados para escolas com crianças da classe trabalhadora. O sistema foi abandonado na década de 1970 em benefício da educação abrangente.

A educação inglesa na década de 1950 era muito hierarquizada. Não apenas as escolas eram divididas em acadêmicas e não acadêmicas, como as primeiras eram divididas nas categorias A, B e C. Isso funcionava bem para os que eram selecionados para a categoria

A, mas não tão bem para aqueles na categoria B e muito mal para os da categoria C, que se sentiam desencorajados. Fui selecionado para a categoria A da St. Albans School, com base nos resultados de meu eleven-plus. Contudo, após o primeiro ano, todos aqueles que se classificavam abaixo do vigésimo lugar eram rebaixados para a categoria B. Isso era um tremendo golpe na autoconfiança do aluno, do qual alguns jamais se recuperavam. Em meus dois primeiros períodos em St. Albans, terminei em vigésimo quarto e vigésimo terceiro lugares, respectivamente, mas no terceiro período consegui o décimo oitavo lugar. Assim, escapei por pouco de ser rebaixado no fim do ano.

* * *

QUANDO EU tinha treze anos, meu pai queria que eu tentasse ingressar na Westminster School, uma das principais escolas da Inglaterra. Naquela época, como já mencionei, havia uma nítida divisão por classes sociais na educação, e meu pai achava que essa escola me ensinaria boas maneiras e que isso seria uma vantagem na vida. Ele acreditava que a sua falta de traquejo social e contatos o levaram a ser preterido em sua carreira em favor de pessoas menos capazes. Ressentia-se por achar que outras pessoas que não eram tão boas, mas que tinham a bagagem e os conhecimentos certos, passaram na sua frente. Ele costumava me alertar a respeito de tais pessoas.

Como meus pais não eram abastados, eu precisaria ganhar uma bolsa de estudos para ingressar na Westminster. Mas eu estava doente à época das provas para as bolsas e não pude fazê-las. Assim, permaneci na St. Albans School, onde tive uma educação que foi tão boa, senão melhor, do que a que eu teria na Westminster. Nunca achei que a minha falta de traquejo social tenha sido um obstáculo. Mas acredito que a física é um pouco diferente da medicina. Na física, não importa qual escola você cursou ou com quem você se relaciona. O que importa é o que você faz.



Eu (à direita) no fim da adolescência

Sempre fui um aluno mediano. (Era uma turma muito brilhante.) Meus trabalhos escolares não tinham capricho e minha caligrafia era o desespero dos professores. Mas meus colegas me apelidaram de Einstein, de modo que é de se presumir que viram sinais de algo melhor em mim. Quando eu tinha doze anos, um de meus amigos apostou um saco de doces com outro que eu nunca seria ninguém. Não sei se tal aposta foi paga algum dia, e se foi, quem a ganhou.

Eu tinha seis ou sete amigos próximos, e ainda mantenho contato com a maioria deles. Costumávamos ter longas conversas e discussões a respeito de tudo, desde modelos controlados por rádio até religião, parapsicologia e física. Uma das coisas sobre as quais falávamos era a origem do universo e se foi necessário um Deus para criá-lo e levá-lo

adiante. Eu ouvira falar que a luz das galáxias distantes tendia para a extremidade vermelha do espectro e que isso devia indicar que o universo estava se expandindo. (A tendência para o azul teria significado que estava se contraindo.) Mas eu tinha certeza de que deveria haver alguma outra razão para o desvio para o vermelho. Um universo essencialmente imutável e eterno parecia muito mais natural. Talvez a luz ficasse apenas cansada, e mais vermelha, em seu caminho até nós, especulei. Depois de dois anos de pesquisa de ph.D., percebi que eu estava errado.

* * *

MEU PAI estava envolvido com pesquisas sobre doenças tropicais, e sempre me levava para passear por seu laboratório em Mill Hill. Eu gostava daquilo, principalmente de olhar pelos microscópios. Ele também costumava me levar à área dos insetos, onde guardava os mosquitos infectados com doenças tropicais. Eu ficava preocupado, porque sempre parecia haver alguns mosquitos voando à solta por lá. Ele trabalhava muito, e era muito dedicado à sua pesquisa.

Sempre tive interesse em saber como as coisas funcionavam, e costumava desmontar objetos para investigar, mas não era tão bom em montá-los novamente. Minhas habilidades práticas nunca corresponderam às minhas curiosidades teóricas. Meu pai incentivou meu interesse pela ciência e chegou a me ensinar matemática até eu alcançar um nível além de seu conhecimento. Com tais antecedentes, e com o trabalho de meu pai, achei natural decidir abraçar a pesquisa científica.

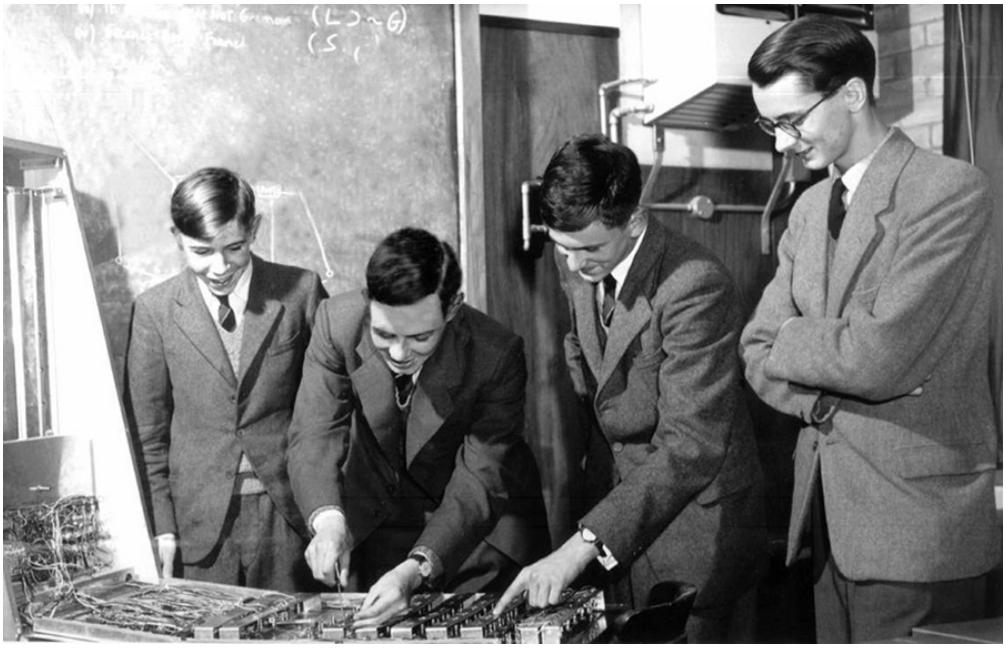


Meu pai em uma de suas pesquisas de campo para estudar medicina tropical

Nos dois últimos anos de escola, desejei me especializar em matemática e física. Eu tinha um professor de matemática inspirador, o Sr. Tahta, e a escola tinha acabado de construir um novo espaço que os professores de matemática usavam como sala de aula. Meu pai foi radicalmente contra isso, porque achava que não havia trabalho para matemáticos, a não ser como professores. Ele teria gostado que eu fizesse medicina, mas eu não demonstrei interesse pela biologia, que me parecia demasiado descritiva e não fundamental o bastante. A matéria também tinha menor prestígio na escola. Os meninos mais brilhantes cursavam matemática e física, e os menos, biologia.

Meu pai sabia que eu não faria biologia, mas me obrigou a estudar química e apenas um pouco de matemática. Ele achava que isso manteria em aberto as minhas opções científicas. Sou professor de matemática, mas não tive nenhuma instrução formal nessa matéria desde que saí da escola St. Albans, aos dezessete anos. Tive de recapitular o que eu sabia à medida que avançava. Eu costumava

orientar formandos na Universidade de Cambridge e tinha de me manter uma semana à frente deles nos estudos.



Eu (à esquerda), na St. Albans School

Física sempre foi a matéria mais chata da escola, porque era muito fácil e óbvia. Química era muito mais divertida, porque aconteciam coisas inesperadas — como explosões. Mas a física e a astronomia ofereciam a esperança de compreendermos de onde viemos e por que estamos aqui. Eu queria sondar as profundezas do universo. Talvez tenha tido algum sucesso, mas ainda há muito o que quero saber.

3
OXFORD

MEU PAI INSISTIA MUITO PARA QUE EU FOSSE para Oxford ou Cambridge. Ele mesmo cursara a University College, em Oxford, e achava que eu deveria me candidatar a ela porque era onde eu teria mais chances de ingressar. Naquela época, a University College não oferecia bolsas para matemática, o que foi outro motivo para ele querer que eu fizesse química: poderia tentar uma bolsa para estudar ciências naturais em vez de matemática.

O restante da família foi para a Índia por um ano, mas eu tive de ficar para fazer as provas de nível avançado e as de admissão à universidade. Fiquei em Mill Hill, na casa da família do Dr. John Humphrey, um colega de meu pai no Instituto Nacional de Pesquisa Médica. A casa tinha um porão com motores a vapor e outros modelos feitos pelo pai de John Humphrey, e passei muito de meu tempo ali. Nas férias de verão, fui à Índia para me juntar ao restante da família, que estava morando em uma casa em Lucknow, alugada de um ex-ministro chefe do estado indiano de Uttar Pradesh que caíra em desgraça por corrupção. Meu pai se recusou a comer comida indiana durante o tempo que passou no país, então contratou um ex-cozinheiro do exército britânico indiano para preparar e servir comida inglesa. Eu teria preferido algo mais emocionante.

Fomos para Caxemira e alugamos uma casa-barco no lago de Srinagar. Chegamos durante as monções, e a estrada que o exército indiano construíra nas montanhas estava destruída em alguns trechos (a rota normal acompanhava a linha de cessar-fogo com o Paquistão). Nosso carro, que trouxéramos da Inglaterra, não era capaz

de enfrentar mais de dez centímetros de água, por isso teve de ser rebocado por um motorista de caminhão sique.

* * *

O DIRETOR de minha escola achava que eu era jovem demais para tentar Oxford, mas, em março de 1959, fiz a prova para a bolsa de estudos com outros dois meninos que cursavam um ano acima do meu na escola. Eu estava convencido de que tinha ido mal e fiquei muito deprimido quando, durante as provas práticas, os professores universitários foram conversar com outros alunos, mas não comigo. Então, alguns dias depois de eu voltar de Oxford, recebi um telegrama dizendo que eu ganhara uma bolsa de estudos.



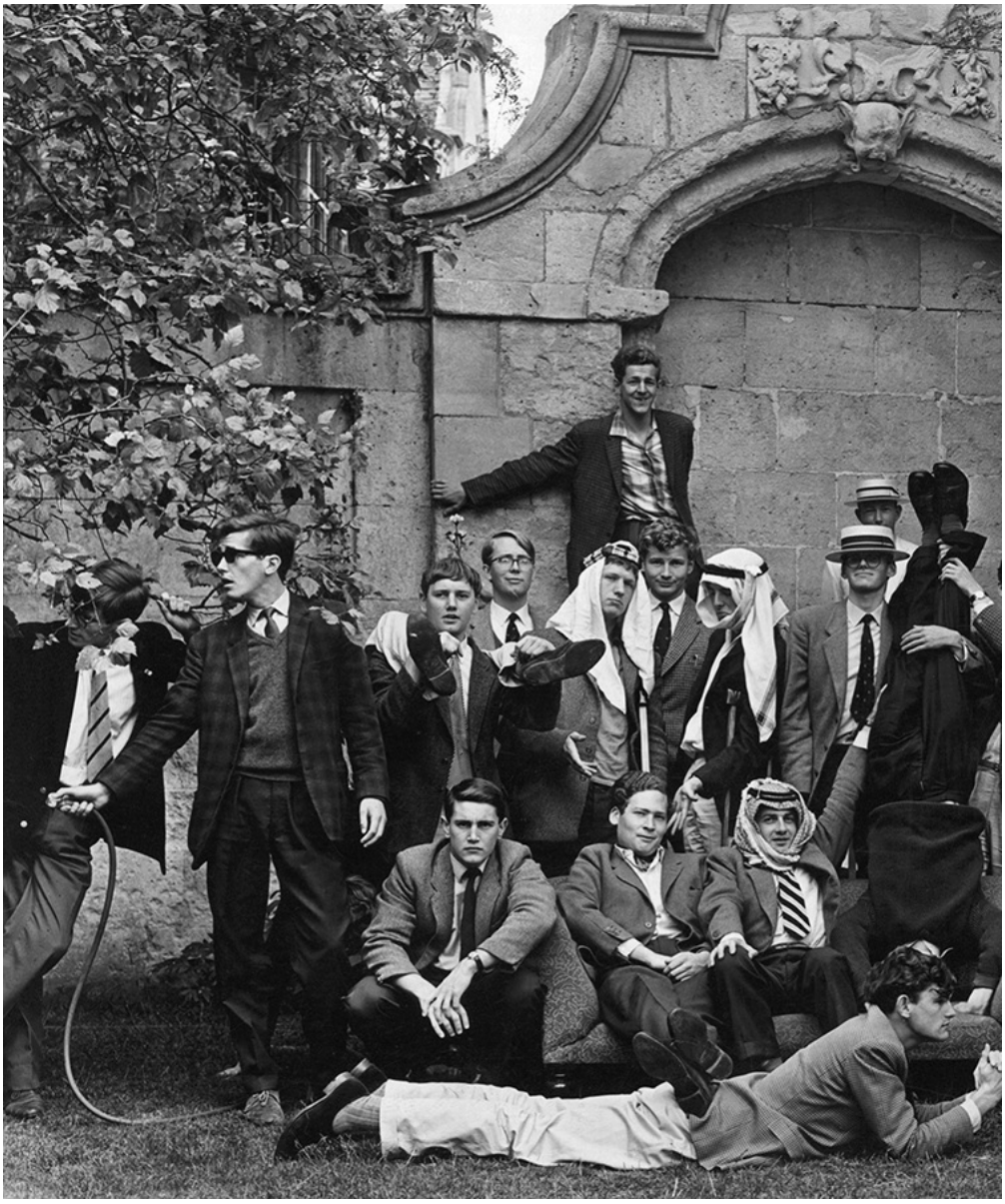
Eu timoneando para o Boat Club

Eu tinha dezessete anos, e muitos dos outros alunos de minha turma já haviam prestado o serviço militar e eram bem mais velhos. Eu me senti um tanto solitário durante meu primeiro ano e em parte do segundo. No terceiro, a fim de fazer mais amigos, entrei para o Boat Club como timoneiro. No entanto, minha carreira nessa posição foi desastrosa. Uma vez que o rio em Oxford é muito estreito para se competir lado a lado, eles fazem competições do tipo bate-bate em

que os barcos se alinham um atrás do outro, cada timoneiro segurando uma linha de partida para manter o barco à distância correta do barco da frente.



O grupo do Boat Club descansando



O grupo do Boat Club se divertindo



Em minha primeira corrida, soltei a linha ao ouvir o tiro de partida, mas ela emaranhou nos fios do leme, nosso barco saiu de curso e fomos desclassificados. Mais tarde, tive uma colisão frontal com outro barco, mas, pelo menos nesse caso, posso afirmar que a culpa não foi minha, já que eu tinha direito de ultrapassagem. Apesar de meu insucesso como timoneiro, fiz amigos naquele ano e fiquei muito mais feliz.

O comportamento que prevalecia em Oxford naquela época era extremamente antitrabalho. Você deveria ser brilhante sem esforço ou aceitar suas limitações e obter um diploma de quarta classe.

Estudar muito para conseguir uma nota mais alta era considerado a marca de um "homem cinza", o pior epíteto no vocabulário de Oxford.

As faculdades naquela época se consideravam *in loco parentis* (no lugar dos pais), o que significava que eram responsáveis pela moral dos alunos. Portanto, eram divididas por gênero e as portas eram trancadas à meia-noite, hora em que todos os visitantes — especialmente os do sexo oposto — deveriam estar do lado de fora. Depois disso, se você quisesse sair, teria de escalar um muro alto, com espetos no topo. Minha faculdade não queria que seus alunos se machucassem, então deixavam um espaço entre os espetos, de modo que era muito fácil sair. A coisa mudava de figura se você fosse encontrado na cama com uma pessoa do sexo oposto, situação que determinava expulsão imediata.

A redução da maioridade para dezoito anos e a revolução sexual da década de 1960 mudaram tudo, mas isso só aconteceu depois que eu já tinha saído de Oxford.

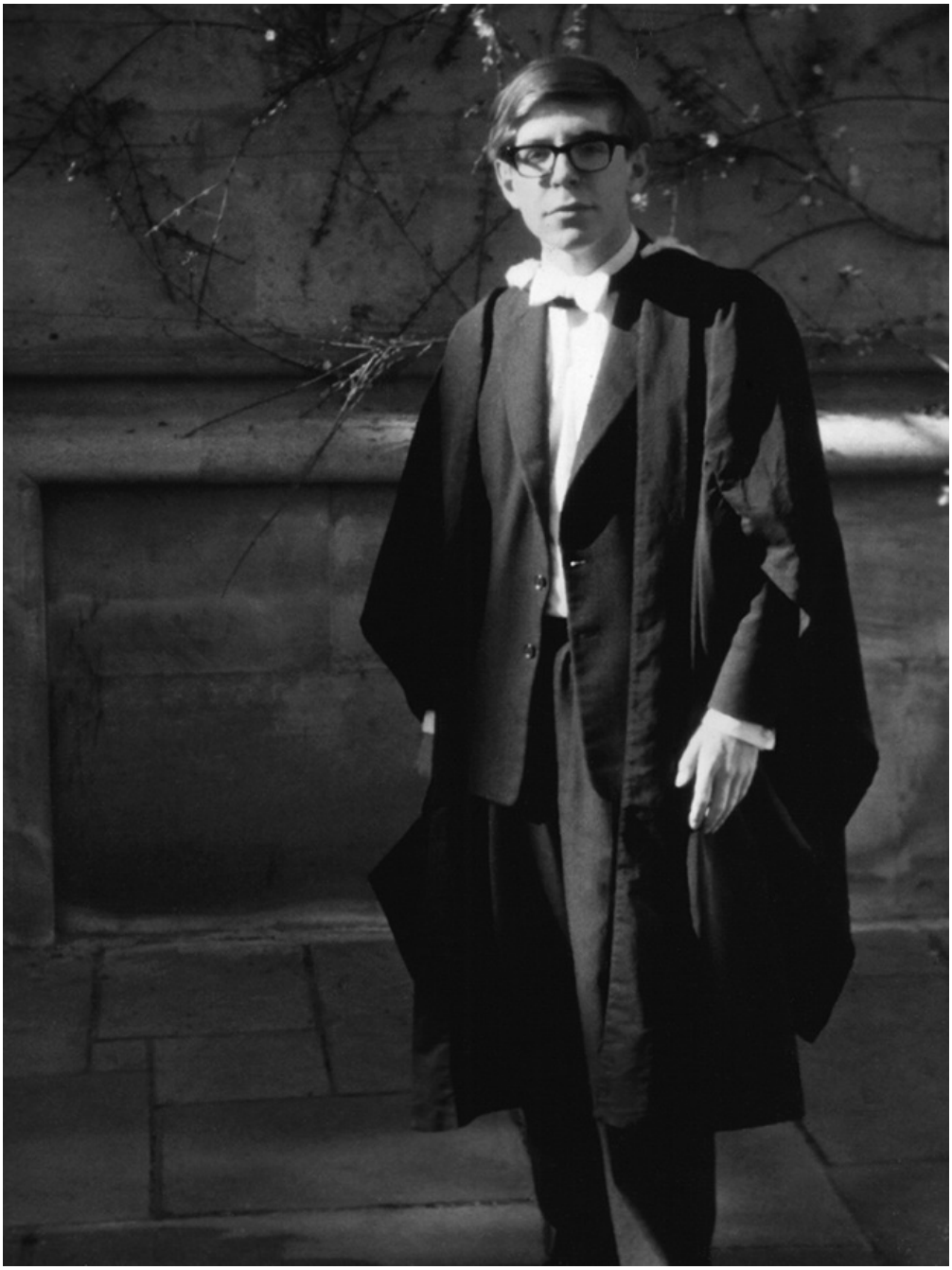
* * *

NAQUELA ÉPOCA, o curso de física era organizado de forma que tornava particularmente fácil evitar estudar. Fiz uma prova antes de entrar, então passei três anos em Oxford tendo de fazer apenas as provas finais no fim do curso. Certa vez calculei que estudara cerca de mil horas nos três anos em que estive lá, uma média de uma hora por dia. Não sinto orgulho dessa falta de estudo, mas, na época, tinha a mesma atitude da maioria de meus colegas. Exibíamos um ar de tédio completo e a ideia de que não valia a pena fazer esforço para nada. Uma das consequências de minha doença foi mudar toda essa visão. Quando você se depara com a possibilidade de uma morte precoce, percebe que a vida vale a pena e que há muitas coisas que você deseja fazer.

Devido à minha falta de preparo, planejara fazer a prova final resolvendo os problemas de física teórica e evitando as questões que

exigissem conhecimento factual. Contudo, na noite anterior à prova, não dormi de tanto nervosismo e acabei não me saindo muito bem. Fiquei no limiar entre a primeira e a segunda classe, e teria de ser entrevistado pelos examinadores para que pudessem determinar em qual classe eu deveria me enquadrar. Na entrevista, me perguntaram sobre meus planos para o futuro. Respondi que pretendia fazer pesquisa. Se me dessem uma primeira classe, falei para eles, eu ingressaria em Cambridge. Se ficasse apenas com uma segunda classe, permaneceria em Oxford. Eles me deram uma primeira classe.

Como plano alternativo, caso não pudesse fazer pesquisa, candidatei-me ao serviço público. Por causa de meus sentimentos em relação às armas nucleares, eu não queria ter nada a ver com a defesa. Por isso, listei minha preferência por um trabalho no Ministério de Obras (que na época cuidava de prédios públicos) ou como funcionário da Câmara dos Comuns. Nas entrevistas, ficou evidente que eu não sabia de fato quais eram as atividades de um funcionário da Câmara dos Comuns, mas, apesar disso, passei nas entrevistas e tudo o que me restava fazer era uma prova escrita. Infelizmente, esqueci esse assunto por completo e perdi o dia da prova. Os responsáveis pela seleção me escreveram uma simpática carta dizendo que eu poderia tentar de novo no ano seguinte e que não usariam aquilo contra mim. Foi sorte eu não ter me tornado um funcionário público. Não teria conseguido administrar a minha inabilidade.



Formatura em Oxford [acima e na imagem seguinte]



NAS LONGAS férias após a prova final, a universidade ofereceu uma série de pequenas bolsas de viagem. Pensei que minhas chances de conseguir uma seriam maiores se eu me propusesse a ir a um lugar bem distante. Então disse que queria ir ao Irã. Fui com um colega, John Elder, que já tinha estado antes no país e que conhecia o idioma farsi. Viajamos de trem para Istambul e depois para Erzurum, no leste da Turquia, perto do monte Ararat. Passando desse ponto, a ferrovia entrava em território soviético, e tivemos de pegar um típico ônibus árabe, com galinhas e ovelhas, para ir até Tabriz e, então, Teerã.

Em Teerã, eu e John nos separamos e viajei com outro aluno para o sul, para Ispahan, Xiraz e Persépolis, que era a capital dos antigos reis persas e que fora saqueada por Alexandre, o Grande. Então, atravessei o deserto central até Meshed.

A caminho de casa, eu e meu companheiro de viagem, Richard Chiin, fomos pegos pelo terremoto de Bou'in-Zahra, de magnitude 7,1, que matou mais de doze mil pessoas. Devo ter estado perto do epicentro, mas não percebi porque estava doente em um ônibus que sacolejava pelas estradas iranianas. Por não conhecer o idioma, não soubemos do desastre durante os vários dias que passamos em Tabriz,

enquanto eu me recuperava de uma grave disenteria e de uma costela quebrada por ter sido arremessado contra o banco da frente do ônibus. Apenas ao chegarmos a Istambul soubemos o que tinha ocorrido.

Enviei um cartão-postal para meus pais, que esperaram ansiosamente por novidade durante dez dias. A última notícia que tinham de mim era que eu estava saindo de Teerã para a região do desastre no dia do terremoto.

4
CAMBRIDGE

CHEGUEI A CAMBRIDGE COMO ESTUDANTE DE PÓS-GRADUAÇÃO em outubro de 1962. Eu me candidatara para trabalhar com Fred Hoyle, o mais famoso astrônomo inglês da época e o principal defensor da teoria do estado estacionário. Digo astrônomo porque, naquele tempo, a cosmologia dificilmente era reconhecida como um campo legítimo. E era nesse campo que eu pretendia fazer a minha pesquisa, inspirado por um curso de verão que havia feito com um aluno de Hoyle, Jayant Narlikar. No entanto, Hoyle já tinha alunos demais e, para minha grande decepção, fui designado para trabalhar com Dennis Sciama, de quem eu nunca ouvira falar.

Provavelmente foi melhor assim. Hoyle estava sempre ausente, e eu não teria recebido grande atenção de sua parte. Sciama, por outro lado, em geral estava por perto e disponível para conversar. Eu não concordava com muitas de suas ideias, sobretudo a respeito do Princípio de Mach, a ideia de que os objetos devem a sua inércia à influência de toda a matéria no universo, mas isso me estimulou a desenvolver minha própria ideia.

Quando comecei a pesquisa, as duas áreas que pareciam mais empolgantes eram a cosmologia e a física das partículas elementares. O último era um campo ativo, que estava mudando rapidamente e atraía a maioria das cabeças mais brilhantes, enquanto a cosmologia e a relatividade geral estavam paradas desde a década de 1930. Richard Feynman, ganhador do Prêmio Nobel e um dos maiores físicos do século XX, fez um divertido relato a respeito de uma conferência sobre relatividade geral e gravitação da qual participou em Varsóvia, em 1962. Em uma carta à sua esposa, ele afirmou: “Não estou tirando

nada desse encontro. Não estou aprendendo nada. Como não existem experiências, este campo não é ativo, então poucos dos melhores cientistas estão trabalhando nisso. O resultado é que há exércitos de palermas por aqui (126), e isso não é bom para a minha pressão arterial… Lembre-me de nunca mais comparecer a outra conferência sobre gravidade!"

* * *

É CLARO que eu não estava ciente de tudo isso quando comecei a minha pesquisa. Mas senti que o estudo das partículas elementares na época era muito parecido com a botânica. A eletrodinâmica quântica — a teoria da luz e dos elétrons que governa a química e a estrutura dos átomos — fora desenvolvida de modo completo nas décadas de 1940 e 1950. A atenção já se deslocara para as forças nucleares fraca e forte entre as partículas do núcleo do átomo, mas teorias de campo semelhantes não pareciam funcionar para explicá-las. Na verdade, a faculdade de Cambridge, em particular, sustentava que não havia nenhuma teoria de campo implícita. Em vez disso, tudo seria determinado pelo unitarismo — ou seja, pela conservação de probabilidade — e por certos padrões característicos no espalhamento das partículas. Ao lembrar-me disso agora, parece incrível que alguém achasse que tal abordagem daria certo, mas recordo o desprezo dedicado às primeiras tentativas de teorias do campo unificado das forças nucleares fracas que posteriormente ocuparam o seu lugar. O trabalho sobre a matriz S analítica agora está esquecido, e eu me sinto muito feliz por não ter começado a minha pesquisa com partículas elementares. Nenhum de meus trabalhos daquele período teria sobrevivido.

Cosmologia e gravitação, por outro lado, eram campos negligenciados que estavam prontos para serem desenvolvidos naquele momento. Diferentemente do que acontecia com as partículas elementares, havia uma teoria bem definida — a teoria da relatividade geral —, mas achava-se que ela era incrivelmente difícil.

As pessoas ficavam tão satisfeitas ao encontrarem alguma solução para as equações de campo de Einstein que descrevem a teoria que não se perguntavam qual o significado físico de tal solução, se é que havia algum. Essa foi a antiga escola da relatividade geral que Feynman encontrou em Varsóvia. Ironicamente, a conferência de Varsóvia também marcou o início do renascimento da relatividade geral, embora Feynman possa ser perdoado por não tê-lo reconhecido naquele momento.

Uma nova geração entrou nesse campo, e novos centros de estudo da relatividade geral surgiram. Dois deles foram de particular importância para mim. Um era localizado em Hamburgo, Alemanha, sob coordenação de Pascual Jordan. Nunca visitei o lugar, embora admirasse os elegantes trabalhos ali produzidos, que contrastavam com o desleixado trabalho anterior sobre a relatividade geral. O outro centro era a King's College, em Londres, sob coordenação de Hermann Bondi.

Por eu não ter estudado muita matemática em St. Albans ou no extremamente fácil curso de física de Oxford, Sciama sugeriu que eu trabalhasse em astrofísica. Contudo, não tendo podido trabalhar com Hoyle, eu não pretendia estudar algo chato e sem imaginação como a rotação de Faraday. Eu tinha ido a Cambridge para fazer cosmologia, e cosmologia era o que eu ia fazer. Então, lia antigos trabalhos sobre a relatividade geral e viajava todas as semanas para assistir a palestras na King's College, em Londres, com outros três alunos de Sciama. Eu entendia as palavras e as equações, mas realmente não sentia atração pelo assunto.

* * *

SCIAMA APRESENTOU-ME à chamada eletrodinâmica de Wheeler-Feynman. Essa teoria pregava que a eletricidade e o magnetismo eram simétricos no tempo. No entanto, quando alguém acende uma lâmpada, é a influência de toda a matéria no universo que faz as ondas de luz saírem da lâmpada em vez de virem do infinito e

terminarem na lâmpada. Para que a eletrodinâmica de Wheeler-Feynman funcionasse, era necessário que toda a luz que saísse da lâmpada fosse absorvida por outra matéria no universo. Isso aconteceria em um universo do estado estacionário, no qual a densidade da matéria permaneceria constante, mas não no universo do Big Bang, onde a densidade diminuía à medida que o universo se expandia. Alegou-se que isso era mais uma prova, se é que ainda precisavam de prova, de que vivemos em um universo do estado estacionário.

Isso supostamente explicaria a flecha do tempo, a razão do aumento da desordem e por que nos lembramos do passado e não do futuro. Houve uma conferência sobre a eletrodinâmica de Wheeler-Feynman e a flecha do tempo na Universidade de Cornell, em 1963. Feynman ficou tão desagradado com os absurdos externados sobre o assunto que se recusou a colocar seu nome nos anais. Foi mencionado apenas como Sr. X, embora todos soubessem que era ele.

Descobri que Hoyle e Narlikar já haviam trabalhado com a eletrodinâmica de Wheeler-Feynman em universos em expansão e, em seguida, passaram a formular uma nova teoria da gravidade simétrica no tempo. Hoyle revelou a teoria em uma reunião da Royal Society, em 1964. Eu estava na palestra e, no intervalo para as perguntas, disse que a influência de toda a matéria em um universo em estado estacionário tornaria as suas massas infinitas. Hoyle perguntou por que eu dissera aquilo e respondi que eu havia calculado. Todos acharam que havia feito as contas de cabeça durante a palestra, mas na verdade, na época, eu compartilhava um escritório com Narlikar e vira um rascunho do trabalho antecipadamente, o que permitiu que eu fizesse os cálculos antes da reunião.

Hoyle ficou furioso. Ele estava tentando abrir o próprio instituto e ameaçou juntar-se à evasão de cérebros para os Estados Unidos caso não conseguisse o dinheiro. Pensou que tinham me colocado ali para sabotar os seus planos. Entretanto, conseguiu o seu instituto e,

posteriormente, me ofereceu um emprego. Então, pelo jeito, não guardou rancor de mim.

* * *

EM MEU último ano em Oxford, notei que estava ficando cada vez mais desajeitado. Fui a um médico depois de cair de uma escada, mas tudo o que ele disse foi: "Pare de beber cerveja."

Fiquei ainda mais desajeitado depois que me mudei para Cambridge. No Natal, quando fui patinar no lago em St. Albans, caí e não consegui me levantar. Minha mãe percebeu esses problemas e me levou ao médico da família. Ele me encaminhou a um especialista e, pouco depois de completar vinte e um anos, fui para o hospital fazer exames. Fiquei lá durante duas semanas, fazendo uma grande variedade de testes. Pegaram uma amostra do músculo do meu braço, prenderam eletrodos em mim, injetaram um fluido rádio-opaco em minha coluna e, por meio de radiografia, acompanharam o subir e o descer do fluido enquanto inclinavam a cama. Depois de tudo isso, não disseram o que eu tinha, apenas informaram que não era esclerose múltipla e que eu era um caso atípico. Compreendi, entretanto, que achavam que o problema continuaria a piorar e que não havia nada que pudessem fazer a não ser me receitar vitaminas, embora fosse evidente que não esperavam que elas tivesse algum efeito. Não pedi mais detalhes, porque, obviamente, eles nada tinham a me dizer.

A percepção de que eu tinha uma doença incurável que provavelmente me mataria em poucos anos foi um tanto chocante. Como algo assim poderia acontecer comigo? No entanto, enquanto estive no hospital, um menino que eu conhecia vagamente morreu de leucemia na cama à minha frente, o que não foi algo bom de se ver. Era óbvio que havia pessoas em situação pior do que a minha — ao menos a minha condição não me fazia sentir tão mal. Sempre que me vejo inclinado a ter pena de mim, eu me lembro daquele menino.

* * *

SEM SABER o que aconteceria comigo ou a rapidez com que a doença avançaria, eu estava em um limbo. Os médicos me disseram para voltar a Cambridge e continuar a pesquisa que eu acabara de começar sobre relatividade geral e cosmologia. Mas eu não estava fazendo progressos, porque não tinha muita formação matemática — e, mesmo assim, era difícil me concentrar sabendo que eu poderia não viver tempo o bastante para terminar meu ph.D. Senti-me um pouco como um personagem trágico.

Comecei a ouvir Wagner. As notícias publicadas em revistas dizendo que nessa época eu bebia muito são exageradas. Certa vez, uma matéria afirmou isso e outras a copiaram, porque era uma boa notícia, e, por fim, todos acabaram tomando por verdade algo que aparecera tantas vezes na imprensa.

Meus sonhos na época eram bastante conturbados. Antes de minha condição ser diagnosticada, eu estava muito entediado. Nada parecia valer a pena. Mas, pouco depois de sair do hospital, sonhei que seria executado. Subitamente, percebi que havia um monte de coisas boas que eu poderia fazer se tivesse mais tempo. Outro sonho que tive diversas vezes foi o de que eu sacrificava a minha vida para salvar outras pessoas. Afinal, já que eu ia morrer mesmo, poderia muito bem fazer algo de bom.

* * *

MAS EU não queria morrer. Na verdade, embora não houvesse uma nuvem pairando sobre o meu futuro, descobri, para minha surpresa, que eu estava gostando de viver. O que realmente fez a diferença foi que fiquei noivo de uma garota chamada Jane Wilde, que conheci na época em que fui diagnosticado como portador de ELA (esclerose lateral amiotrófica). Isso me deu um motivo para viver.



Descendo o rio Cam com Jane

Se fôssemos nos casar, eu precisava de um emprego, e, para conseguir um emprego, tinha que terminar meu ph.D. Por isso, comecei a trabalhar pela primeira vez na vida. Para minha surpresa, descobri que gostava. No entanto, talvez não fosse justo chamar aquilo de trabalho. Alguém disse certa vez que cientistas são pagos para fazerem aquilo de que gostam.

Para me sustentar durante os estudos, me candidatei a uma bolsa de pesquisa em Gonville e na Caius College, uma faculdade dentro da Universidade de Cambridge. Uma vez que minha crescente falta de jeito tornou difícil escrever ou digitar, eu esperava que Jane digitasse a minha solicitação. Porém, quando ela veio me visitar em Cambridge, estava com o braço quebrado e engessado. Devo admitir que fui menos solidário do que devia. Entretanto, o braço quebrado era o esquerdo, de modo que ela foi capaz de escrever a solicitação enquanto eu a ditava, e consegui outra pessoa para datilografá-la.

Em meu pedido, tive de citar duas pessoas que pudessem fornecer referências sobre o meu trabalho. Meu orientador sugeriu que eu pedisse a Hermann Bondi que fosse uma dessas pessoas. Bondi era então professor de matemática na King's College, em Londres, e especialista em relatividade geral. Eu o havia encontrado algumas vezes, e ele apresentara um de meus artigos para publicação na revista *Proceedings of the Royal Society*. Depois de uma palestra que ele proferiu em Cambridge, perguntei-lhe se poderia me dar uma referência. Ele olhou para mim de uma forma vaga e disse que sim, que podia. Obviamente, não se lembrava de mim, pois, quando a faculdade lhe escreveu pedindo a referência, ele respondeu que nunca ouvira falar a meu respeito. Hoje em dia existem tantas pessoas que solicitam bolsas de pesquisa universitária que, se uma das referências do candidato diz que não o conhece, suas chances acabam ali. Mas aqueles eram tempos mais tranquilos. A faculdade escreveu me notificando sobre a embaraçosa resposta de minha referência e meu orientador procurou Bondi para refrescar a memória dele. Em seguida, Bondi escreveu uma referência que foi, provavelmente, muito melhor do que a que eu merecia. Consegui a bolsa de pesquisa e sou membro da Caius College desde então.

A bolsa significava que eu e Jane poderíamos nos casar, o que fizemos em julho de 1965. Passamos uma semana de lua de mel em Suffolk, que era tudo o que eu podia pagar. Fomos então para um curso de verão sobre relatividade geral na Universidade de Cornell.

Isso foi um erro. Ficamos em um dormitório repleto de casais com filhos pequenos e barulhentos, o que estressou muito o nosso casamento. Em outros aspectos, no entanto, o curso foi bastante útil para mim, porque conheci muitas das principais pessoas envolvidas nessa área.



Meu casamento com Jane

Quando nos casamos, Jane ainda estudava na Westfield College, em Londres, e precisava ir até lá durante a semana para concluir o curso. A doença estava aumentando minha fraqueza muscular, o que significava que ficava mais difícil andar, e tivemos de encontrar um lugar central onde eu pudesse me virar sozinho. Pedi auxílio na faculdade, mas o tesoureiro me informou que não era política da faculdade ajudar os seus bolsistas com habitação. Assim, nos candidatamos para alugar um apartamento em um conjunto residencial que estava sendo construído no mercado, uma localização conveniente. (Anos mais tarde, descobri que, na verdade, aqueles apartamentos eram de propriedade da faculdade, mas eles não me disseram isso.) Contudo, quando voltamos para Cambridge depois de um verão nos Estados Unidos, descobrimos que os apartamentos ainda não estavam prontos.

Como uma grande concessão, o tesoureiro nos ofereceu um quarto em uma pensão para formandos. Ele disse: “Normalmente

cobramos doze xelins e seis pence por noite por este quarto. No entanto, uma vez que haverá dois de vocês no lugar, cobraremos vinte e cinco xelins." Ficamos lá apenas três noites antes de encontrarmos uma pequena casa a cerca de cem metros do meu departamento universitário. Pertencia a outra faculdade, que a deixara para um de seus bolsistas. Esse bolsista havia se mudado para o subúrbio e sublocou a casa para nós nos três meses restantes de seu contrato.

Durante esses três meses, encontramos outra casa na mesma rua. Um vizinho ligou para a proprietária em Dorset e disse que era um escândalo que a casa ficasse desocupada com tantos jovens à procura de alojamento. Assim, ela alugou a casa para nós. Depois de termos vivido ali por alguns anos, quis comprá-la e reformá-la, então pedimos uma hipoteca para a minha faculdade. A faculdade fez uma pesquisa e decidiu que não era um bom negócio, mas acabamos arranjando uma hipoteca em outro lugar e meus pais nos deram o dinheiro para a reforma.

* * *

NAQUELE TEMPO, a situação na Caius College era uma reminiscência de algo tirado dos romances de C. P. Snow. Houve uma amarga divisão na fraternidade desde a chamada Revolta Camponesa, em que certo número de bolsistas juniores se uniram para tirar bolsistas seniores de seus cargos. Havia dois lados: o partido do mestre e do tesoureiro, e um partido mais progressista, que pretendia gastar mais da considerável riqueza da faculdade em fins acadêmicos. O partido progressista aproveitou uma reunião do conselho da faculdade em que o mestre e o tesoureiro estavam ausentes para eleger seis bolsistas de pesquisa, incluindo a mim.

Em minha primeira reunião na faculdade, houve eleições para o conselho. Os outros novos bolsistas de pesquisa haviam sido informados em quem votar, mas eu era um completo inocente e votei em candidatos de ambos os partidos. O partido progressista

conquistou a maioria no conselho da faculdade, e o mestre Sir Neville Mott (que mais tarde ganhou o Prêmio Nobel por um trabalho em física da matéria condensada) renunciou, enfurecido. No entanto, o mestre seguinte, Joseph Needham (autor de uma história de vários volumes da ciência na China), curou as feridas e a faculdade tem estado relativamente em paz desde então.



Com meu primeiro filho, Robert

NOSSO PRIMEIRO filho, Robert, nasceu após estarmos casados havia uns dois anos. Logo após seu nascimento, nós o levamos para um encontro científico em Seattle. O que mais uma vez foi um erro. Eu não conseguia ajudar muito com o bebê devido à minha crescente incapacidade, e, como Jane teve que lidar com ele sozinha na maior parte do tempo, ficou muito cansada. Seu cansaço foi agravado por outras viagens que fizemos pelos Estados Unidos depois de Seattle. Robert agora vive em Seattle com a esposa, Katrina, e os filhos, George e Rose, de modo que, obviamente, a experiência não o assustou.



Jane e Robert

Nossa segunda filha, Lucy, nasceu cerca de três anos depois, em uma antiga instalação de trabalhos forçados que então era usada como maternidade. Durante a gravidez, enquanto nossa casa estava sendo ampliada, tivemos de nos mudar para um chalé de amigos. Voltamos apenas alguns dias antes do nascimento.

5
ONDAS GRAVITACIONAIS

EM 1969, JOSEPH WEBER RELATOU TER OBSERVADO manifestações de ondas gravitacionais ao usar detectores que consistiam de duas barras de alumínio suspensas no vácuo. Quando uma onda gravitacional surgia, ela alongava coisas em uma direção (perpendicular àquela na qual a onda se desloca) e as comprimia na outra (perpendicular à onda). Isso fazia com que a barra oscilasse na sua frequência ressonante — 1.660 ciclos por segundo —, e tais oscilações eram detectadas por cristais presos à barra. Fiz uma visita a Weber, nos arredores de Princeton, no início de 1970, e examinei o equipamento. Com meu olhar não treinado, não consegui perceber nada de errado, mas os resultados que Weber alegava eram realmente notáveis. As únicas fontes possíveis de surtos de ondas gravitacionais potentes o suficiente para excitar as barras de Weber seriam o colapso de uma estrela maciça para formar um buraco negro, ou a colisão e junção de dois buracos negros. Essas fontes teriam que estar próximas — no interior de nossa galáxia. Estimativas anteriores de eventos desse tipo tinham ficado na casa de um por século; Weber, porém, alegava ver uma ou duas manifestações por dia. Isso significaria que a galáxia estaria perdendo massa a uma taxa cuja constância não poderia ser mantida ao longo da vida de uma galáxia — ou não restaria mais nenhuma delas.

Quando retornei à Inglaterra, decidi que as impressionantes alegações de Weber necessitavam de uma verificação independente. Escrevi um artigo com um aluno meu, Gary Gibbons, sobre a teoria da detecção de manifestações de ondas gravitacionais, em que

sugeríamos o projeto de um detector mais sensível. Aparentemente, ninguém estava prestes a construir tal instrumento, então eu e Gary demos um audacioso passo, considerando que éramos cientistas teóricos: solicitamos ao Conselho de Pesquisas Científicas uma doação para construir dois detectores. (É preciso que se observem coincidências entre pelo menos um par deles, por causa de sinais espúrios a partir de vibrações da terra e ruídos.) Gary percorreu depósitos com sobras de guerra em busca de câmaras de descompressão para serem usadas como câmaras de vácuo, e eu passei a procurar localizações adequadas.

No final, tivemos um encontro com outros grupos interessados em verificar as alegações de Weber no Conselho de Pesquisas Científicas, no décimo terceiro andar de um arranha-céu em Londres. (O Conselho de Pesquisas Científicas não podia admitir superstições. Eles pagaram barato.) Já que havia outros grupos acompanhando o projeto, eu e Gary retiramos nosso pedido de verbas. Saímos em boa hora! Minha deficiência, cada vez mais grave, me tornaria um cientista experimental incompetente. E é muito difícil alguém se destacar individualmente em uma atividade experimental. Com frequência, um pesquisador é apenas parte de uma equipe maior, toda ela dedicada a um experimento que dura anos. Por outro lado, um cientista teórico pode ter uma ideia em uma única tarde, ou, como no meu caso, no momento de ir para a cama, escrever um artigo, sozinho ou com um ou dois colegas, e ganhar fama e distinção.

Os detectores de ondas gravitacionais se tornaram mais sensíveis a partir da década de 1970. Atualmente, os detectores utilizam a medição de distâncias com laser, para comparar as extensões de dois braços dispostos em ângulo reto. Os Estados Unidos têm dois desses equipamentos, chamados Ligo. Embora sejam dez milhões de vezes mais sensíveis do que o de Weber, até agora não produziram nenhum

dado confiável em termos de detecção de ondas gravitacionais. Estou feliz de ter permanecido um cientista teórico.

6
O BIG BANG

A GRANDE QUESTÃO EM COSMOLOGIA NO INÍCIO da década de 1960 era se o universo tinha um princípio. Muitos cientistas instintivamente se opunham a essa ideia e, como consequência, à teoria do Big Bang, porque sentiam que estabelecer um ponto inicial da criação levaria a ciência a um impasse. Seria necessário apelar para a religião e a mão de Deus para determinar como o universo tinha começado.

Portanto, foram propostos dois cenários alternativos. O primeiro se centrava na teoria do estado estacionário, segundo a qual, à medida que o universo se expandia, matéria nova se criava continuamente para manter a densidade constante em média. A teoria do estado estacionário nunca teve uma base teórica muito forte, porque exigia um campo de energia negativa para criar a matéria. Isso a tornaria instável e propensa à produção descontrolada de matéria e energia negativa. Porém, tinha o grande mérito de propor previsões definitivas que poderiam ser testadas por meio de observações.

Por volta de 1963, a teoria do estado estacionário já apresentava problemas. O grupo de radioastronomia de Martin Ryle, no Laboratório de Cavendish, realizou uma pesquisa de fontes de rádio fracas e descobriu que as fontes eram distribuídas de maneira bastante uniforme por todo o céu. Isso indicava que elas estavam provavelmente fora de nossa galáxia, porque, de outro modo, estariam concentradas ao longo da Via Láctea. Porém, o gráfico do número de fontes em relação à intensidade das fontes não concordava com a previsão da teoria do estado estacionário. Havia

um número excessivo de fontes fracas, indicando que a densidade de fontes tinha sido maior no passado distante.

Hoyle e aqueles que o apoiavam apresentaram explicações cada vez mais forçadas sobre as observações, mas o que acabaria por enterrar de vez a teoria do estado estacionário seria a descoberta, em 1965, de uma fraca radiação de fundo em micro-ondas. (As micro-ondas nesse caso são parecidas com as de um forno de micro-ondas convencional, mas a uma temperatura bem mais baixa, apenas 2,7 Kelvin, só um pouco acima do zero absoluto.) A teoria do estado estacionário não tinha como explicar a radiação, ainda que Hoyle e Narlikar tivessem tentado desesperadamente. Foi bom eu não ter sido aluno de Hoyle, porque teria que defender a teoria do estado estacionário.

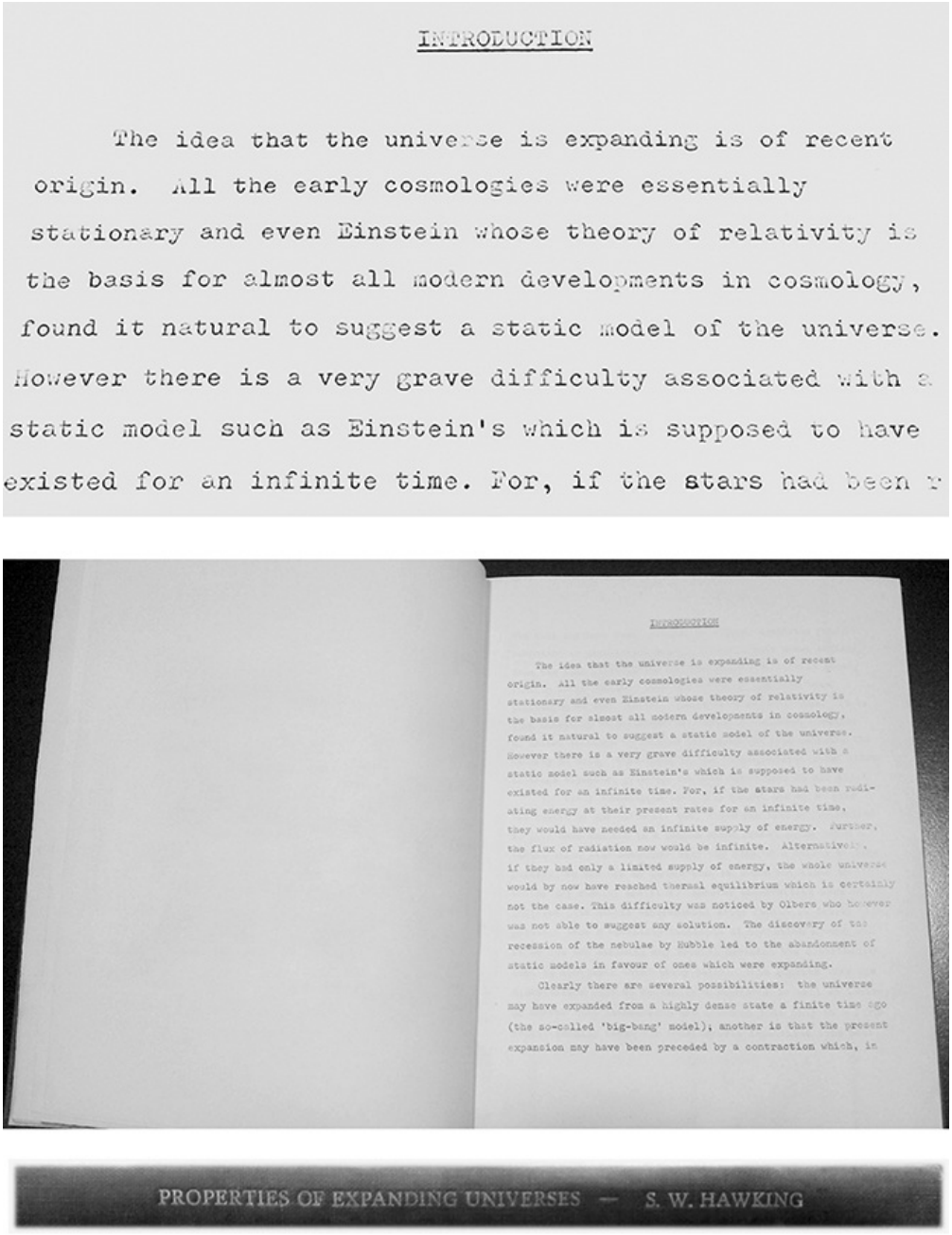
A radiação de fundo em micro-ondas indicava que o universo tivera um estágio denso e quente no passado, porém, não provava que esse estágio fosse o início do universo. Pode-se imaginar que o universo tivesse passado por uma fase anterior, e que tivesse sofrido um repique da contração para a expansão, em uma densidade alta, mas finita. Se isso de fato era verdade, constituía claramente uma questão fundamental, e era justo o que eu precisava para concluir minha tese de ph.D.

A gravidade atrai e une a matéria, mas a rotação a separa e joga longe. Então, minha primeira indagação era se a rotação poderia provocar um repique no universo. Junto com George Ellis, fui capaz de demonstrar que a resposta era negativa, se o universo fosse homogêneo em termos espaciais, isto é, se ele fosse o mesmo em cada ponto do espaço. Entretanto, dois russos, Evgeny Lifshitz e Isaak Khalatnikov, alegaram ter provado que uma contração geral sem uma simetria exata sempre provocaria um repique, com a densidade se mantendo finita. O resultado foi muito conveniente para o materialismo dialético marxista-leninista, uma vez que evitava

indagações inconvenientes sobre a criação do universo. Portanto, tornou-se um artigo de fé para os cientistas soviéticos.

Lifshitz e Khalatnikov eram membros da velha escola da relatividade geral — isto é, descreveram um robusto sistema de equações e tentaram adivinhar uma solução. Mas não ficou claro que a solução encontrada por eles fosse a mais geral de todas. Roger Penrose introduziu uma abordagem nova, que não exigia resolver as equações de campo de Einstein explicitamente, apenas certas propriedades gerais, tais como o fato de a energia ser positiva e a gravidade, atrativa. Penrose deu um seminário sobre o assunto na King's College, em Londres, em janeiro de 1965. Não estive presente no evento, mas ouvi relatos por parte de Brandon Carter, com quem eu dividia um escritório em Cambridge, na sede do novo Departamento de Matemática Aplicada e Física Teórica (DAMTP, na sigla em inglês), em Silver Street.

No início, não consegui compreender qual era a questão importante. Penrose havia mostrado que, uma vez que uma estrela moribunda se contraísse até um determinado raio, inevitavelmente haveria uma singularidade, um ponto onde o espaço e o tempo chegariam ao fim. É evidente, pensei; nós já sabíamos que nada poderia evitar que uma gigantesca estrela fria entrasse em colapso, por causa da própria gravidade, até atingir uma singularidade de densidade infinita. No entanto, de fato só haviam sido solucionadas as equações relativas ao colapso de uma estrela *perfeitamente esférica*, e é óbvio que uma estrela real não vai ser totalmente esférica. Se Lifshitz e Khalatnikov estivessem corretos, os afastamentos da simetria esférica iriam se ampliar à medida que a estrela entrasse em colapso e fariam com que as diferentes partes da estrela se desconectassem umas das outras, evitando assim uma singularidade de densidade infinita. Mas Penrose provou que eles estavam errados: pequenos afastamentos da simetria esférica não evitam uma singularidade.



INTRODUCTION

The idea that the universe is expanding is of recent origin. All the early cosmologies were essentially stationary and even Einstein whose theory of relativity is the basis for almost all modern developments in cosmology, found it natural to suggest a static model of the universe. However there is a very grave difficulty associated with a static model such as Einstein's which is supposed to have existed for an infinite time. For, if the stars had been r

INTRODUCTION

The idea that the universe is expanding is of recent origin. All the early cosmologies were essentially stationary and even Einstein whose theory of relativity is the basis for almost all modern developments in cosmology, found it natural to suggest a static model of the universe. However there is a very grave difficulty associated with a static model such as Einstein's which is supposed to have existed for an infinite time. For, if the stars had been radiating energy at their present rates for an infinite time, they would have needed an infinite supply of energy. Further, the flux of radiation now would be infinite. Alternatively, if they had only a limited supply of energy, the whole universe would by now have reached thermal equilibrium which is certainly not the case. This difficulty was noticed by Olbers who however was not able to suggest any solution. The discovery of the recession of the nebulae by Hubble led to the abandonment of static models in favour of ones which were expanding.

Clearly there are several possibilities: the universe may have expanded from a highly dense state a finite time ago (the so-called 'big-bang' model), another is that the present expansion may have been preceded by a contraction which, in

PROPERTIES OF EXPANDING UNIVERSES — S. W. HAWKING

Minha tese, afinal concluída

[Texto do detalhe: Introdução. A ideia de que o universo está se expandindo tem origem recente. Todas as cosmologias anteriores eram essencialmente estacionárias, e mesmo Einstein, cuja teoria da relatividade é a base para quase todos os desenvolvimentos modernos em cosmologia, achou natural sugerir um modelo estático do universo. No entanto, existe uma dificuldade muito séria associada a um modelo estático tal como o de Einstein, que supostamente existe por um tempo infinito. Pois, se as estrelas tivessem sido...]

Percebi que argumentos semelhantes poderiam ser aplicados à expansão do universo. Nesse caso, eu poderia provar que havia singularidades onde o espaço-tempo tinha um princípio. Então, de novo, Lifshitz e Khalatnikov estavam errados. A relatividade geral predizia que o universo deveria ter um princípio, um resultado que não passou despercebido pela Igreja.

Os teoremas da singularidade originais, tanto os de Penrose quanto os meus, requeriam a suposição de que o universo tinha uma superfície de Cauchy, ou seja, uma superfície que faz a interseção da trajetória de cada partícula uma vez e apenas uma vez. Por conseguinte, era possível que nossos primeiros teoremas da singularidade meramente provassem que o universo não tinha uma superfície de Cauchy. Embora interessante, essa afirmativa não tinha comparação, em termos de importância, com o fato de o tempo ter um início ou um fim. Sendo assim, eu me incumbi de provar os teoremas da singularidade que não requeriam a suposição de uma superfície de Cauchy.

Nos cinco anos seguintes, eu, Roger Penrose e Bob Geroch desenvolvemos a teoria da estrutura causal em relatividade geral. Era uma sensação maravilhosa ter um campo inteiro de estudos praticamente para nós três. Tão diferente da física de partículas, em que as pessoas caíam umas sobre as outras para se agarrarem à ideia mais recente. Isso ainda acontece.

Escrevi algo sobre isso em um ensaio que ganhou um Prêmio Adams em Cambridge, em 1966. Foi a base para o livro *The Large Scale Structure of Space-Time*, que redigi com George Ellis e foi publicado pela Cambridge University Press em 1973. A obra ainda é editada, porque se trata praticamente da última palavra em estrutura causal de espaço-tempo: isto é, qual polo de espaço-tempo pode afetar eventos em outros pontos. Faço um alerta para o leitor leigo quanto à tentativa de consultá-lo. Trata-se de uma obra extremamente técnica, escrita em uma época em que eu tentava ser

tão rigoroso quanto um matemático puro. Hoje, estou mais preocupado em ser correto do que reto. De qualquer forma, é quase impossível ser rigoroso em física quântica, porque o campo todo se apoia em bases matemáticas muito precárias.

7
BURACOS NEGROS

A IDEIA POR TRÁS DOS BURACOS NEGROS REMONTA a mais de duzentos anos. Em 1783, um professor de Cambridge, John Michell, publicou um artigo na *Philosophical Transactions of the Royal Society* de Londres sobre o que chamou de "estrelas escuras". Ele assinalou que uma estrela suficientemente maciça e compacta teria um campo gravitacional tão forte que a luz não poderia escapar. Qualquer luz emitida da superfície da estrela seria arrastada de volta pela atração gravitacional da estrela antes de conseguir se afastar muito.

Michell sugeriu que deve haver um grande número de estrelas desse tipo. Embora não nos seja possível vê-las, porque a luz que delas advém não nos atingiria, ainda assim sentiríamos a sua força gravitacional. Tais objetos são o que agora chamamos de buracos negros, pois é isso que eles são: vazios negros no espaço. Uma sugestão semelhante foi feita alguns anos depois por um cientista francês, Marquês de Laplace, aparentemente em uma pesquisa independente da de Michell. É interessante citar que Laplace só a incluiu na primeira e na segunda edições de seu livro *The System of the World* e a deixou de fora em edições subsequentes. Talvez tenha concluído que se tratava de uma ideia maluca.

Tanto Michell quanto Laplace achavam que a luz consistia de partículas, quase como balas de canhão, que poderiam se tornar mais lentas pela gravidade e serem impelidas a cair novamente na estrela. Esse raciocínio não era coerente com o experimento de Michelson-Morley, conduzido em 1887, que mostrou que a luz sempre viaja na mesma velocidade. Uma teoria coerente sobre como a gravidade afeta

a luz só surgiu em 1915, quando Einstein formulou a relatividade geral. Usando a relatividade geral, Robert Oppenheimer e seus alunos George Volkoff e Hartland Snyder demonstraram, em 1939, que uma estrela que tivesse exaurido seu combustível nuclear não poderia se sustentar contra a gravidade se sua massa fosse maior do que determinado limite, da ordem da massa do Sol. As estrelas extintas com massa superior a essa entrariam em colapso para dentro de si mesmas e formariam buracos negros contendo singularidades de densidade infinita. Apesar de serem previstos por essa teoria, Einstein jamais aceitou que os buracos negros ou que a matéria pudesse ser comprimida até a densidade infinita.

Então, a guerra interferiu e desviou o trabalho de Oppenheimer para a bomba atômica. Após a guerra, as pessoas estavam mais interessadas em física nuclear e atômica e negligenciaram o colapso gravitacional e os buracos negros por mais de vinte anos.

* * *

O INTERESSE no colapso gravitacional renasceu no início da década de 1960, com a descoberta dos quasares, objetos muito distantes que são fontes óticas e de rádio poderosas e extremamente compactas. A matéria que cai dentro de um buraco negro era o único mecanismo plausível que poderia explicar a produção de tamanha energia em uma região do espaço tão pequena. A obra de Oppenheimer foi redescoberta e as pessoas começaram a trabalhar sobre a teoria dos buracos negros.

Em 1967, Werner Israel chegou a um resultado importante. Ele demonstrou que, a não ser que os restos de uma estrela sem rotação em colapso fossem exatamente esféricos, a singularidade que ela conteria seria nua, isto é, seria visível a observadores externos. Isso teria significado a ruptura da relatividade geral na singularidade de uma estrela em colapso, destruindo nossa capacidade de predizer o futuro do resto do universo.

No início, a maioria das pessoas, inclusive o próprio Israel, pensaram que isso implicava que, como as verdadeiras estrelas não são exatamente esféricas, seu colapso teria provocado as singularidades nuas e uma falha na capacidade de previsão. Entretanto, uma interpretação diferente foi proposta por Roger Penrose e John Wheeler: que os restos do colapso gravitacional de uma estrela sem rotação se encaminhariam com rapidez para um estado esférico. Eles sugeriram a existência de uma censura cósmica: a natureza é puritana e esconde as singularidades nos buracos negros, de onde não podem ser vistas.

Eu tinha um adesivo de para-choque com os dizeres OS BURACOS NEGROS ESTÃO LONGE DOS OLHOS na porta do meu escritório no DAMTP.

Isso irritava tanto o chefe do departamento que ele arquitetou minha eleição como professor lucasiano, me encaminhou para um escritório melhor por causa disso e rasgou pessoalmente o adesivo ofensivo, tirando-o da porta do antigo escritório.

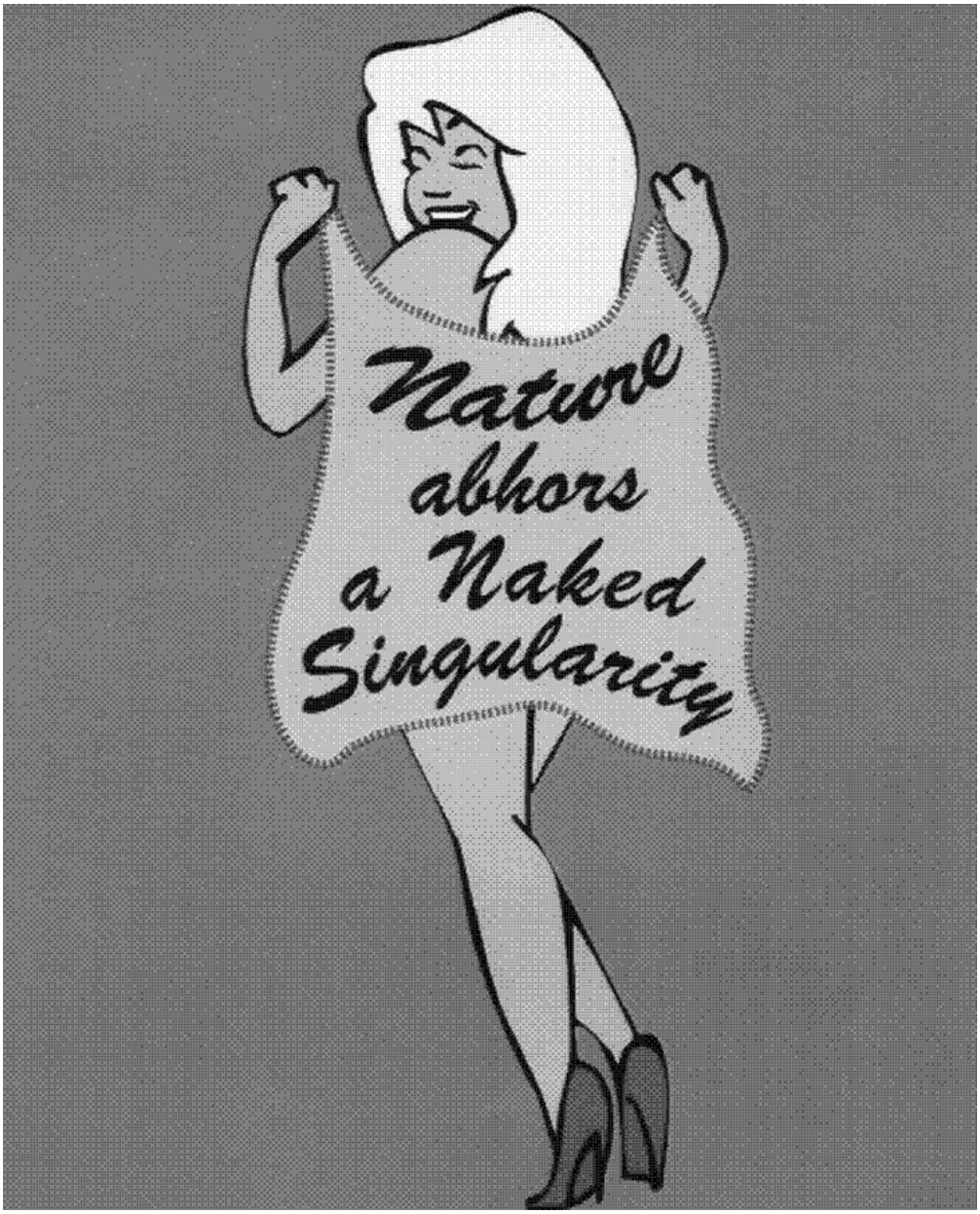
* * *

MEU TRABALHO com os buracos negros começou com um momento "eureca" em 1970, alguns dias depois do nascimento da minha filha, Lucy. Ao me deitar, me dei conta de que poderia aplicar aos buracos negros a teoria de estrutura causal que eu havia desenvolvido para os teoremas da singularidade. Em especial, o fato de que a área do horizonte, a fronteira do buraco negro, sempre aumentaria. Quando dois buracos negros colidem e se fundem, a área do buraco negro resultante é maior do que a soma das áreas dos buracos originais. Essa e outras propriedades que eu, Jim Bardeen e Brandon Carter descobrimos sugerem que a área era como a entropia do buraco negro. Seria uma medida de quantos estados um buraco negro poderia ter no interior com a mesma aparência do exterior. Mas a área não poderia efetivamente ser a entropia, porque, se os buracos negros tivessem entropia, eles também teriam uma temperatura e

iriam brilhar como um corpo quente. Como todo mundo achava, os buracos negros eram completamente negros e não emitiam luz ou qualquer outra coisa.

Passou-se um período estimulante que culminou com o curso de verão em Les Houches, em 1972, no qual resolvemos a maior parte dos principais problemas relativos à teoria dos buracos negros. Mais precisamente, eu e David Robinson provamos o teorema "sem cabelo", que postulava que um buraco negro se assentaria em um estado caracterizado por dois números apenas, a massa e a rotação. Isso sugeria, de novo, que os buracos negros tinham entropia, porque muitas estrelas diferentes poderiam entrar em colapso para produzir um buraco negro de mesma massa e rotação.

Toda essa teoria foi desenvolvida antes que houvesse qualquer prova observacional dos buracos negros, o que revela que Feynman estava errado ao dizer que um campo de pesquisa ativo teria que ser voltado para os experimentos. O único problema que nunca ficou resolvido foi provar a hipótese da censura cósmica, embora várias tentativas de demonstrar que não funcionava tivessem falhado. Isso é fundamental para todo o trabalho sobre os buracos negros; assim, tenho um forte e fixo interesse em que seja verdade. Portanto, fiz uma aposta com Kip Thorne e John Preskill sobre o resultado desse problema. É difícil que eu ganhe a aposta, mas é bem possível que eu perca se alguém encontrar um contraexemplo com uma singularidade nua. Na realidade, cheguei a perder uma versão anterior dela, por não ter tido o cuidado necessário em relação ao modo de me expressar. Thorne e Preskill não acharam graça na camiseta que ofereci como pagamento.



Humor cosmológico, parte 1:
Mandei imprimir essa camiseta para pagar uma aposta
[Texto da ilustração: A natureza abomina uma singularidade nua]

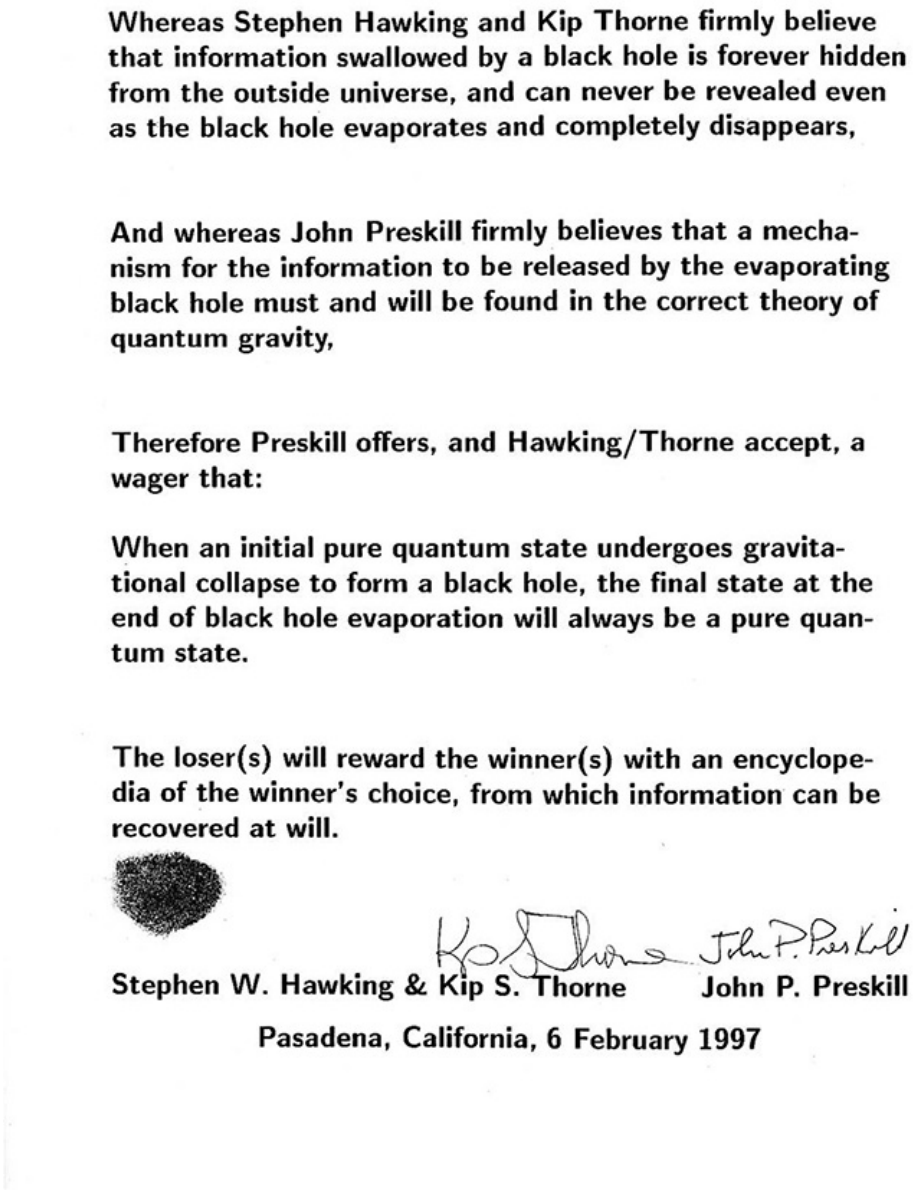
FOMOS TÃO bem-sucedidos com a teoria da relatividade geral clássica que fiquei um pouco sem ter o que fazer em 1973, depois da publicação de *The Large Scale Structure of Space-Time*. Meu trabalho com Penrose havia mostrado que a relatividade geral se desmembraria em singularidades. Assim, o passo mais óbvio a seguir seria combinar a relatividade geral, a teoria do muito grande, com a

teoria quântica, a teoria do muito pequeno. Eu não tinha nenhuma base em teoria quântica, e o problema da singularidade parecia difícil demais para ser atacado de frente na época. Por isso, como exercício de aquecimento, considerei como as partículas e os campos governados pela teoria quântica se comportariam perto de um buraco negro. Fiquei imaginando, em especial, se é possível haver átomos cujo núcleo seja um diminuto buraco negro primordial, formado no princípio do universo.

Para responder a essa pergunta, estudei como campos quânticos seriam espalhados por um buraco negro. Eu esperava que parte de uma onda incidental fosse absorvida e o restante se espalhasse. Porém, para minha grande surpresa, descobri que parecia haver emissão pelo buraco negro. No início, pensei que devia existir um engano nos meus cálculos. O que enfim me convenceu de que era real foi o fato de que a emissão era exatamente o que faltava para identificar a área do horizonte com a entropia de um buraco negro. Pode ser resumido nessa fórmula simples:

$$S = \frac{Ac^3}{4\hbar G}$$

onde S é a entropia e A é a área do horizonte. Essa expressão contém as três constantes fundamentais da natureza: c, a velocidade da luz; G, a constante gravitacional de Newton; e $\hbar$, a constante de Planck. Ela revela que existe uma relação profunda e previamente insuspeita entre a gravidade e a termodinâmica, a ciência do calor.



Whereas Stephen Hawking and Kip Thorne firmly believe that information swallowed by a black hole is forever hidden from the outside universe, and can never be revealed even as the black hole evaporates and completely disappears,

And whereas John Preskill firmly believes that a mechanism for the information to be released by the evaporating black hole must and will be found in the correct theory of quantum gravity,

Therefore Preskill offers, and Hawking/Thorne accept, a wager that:

When an initial pure quantum state undergoes gravitational collapse to form a black hole, the final state at the end of black hole evaporation will always be a pure quantum state.

The loser(s) will reward the winner(s) with an encyclopedia of the winner's choice, from which information can be recovered at will.

Stephen W. Hawking & Kip S. Thorne **John P. Preskill**

Pasadena, California, 6 February 1997

Humor cosmológico, parte 2: uma aposta com John Preskill

[Texto do documento: Considerando que Stephen Hawking e Kip Thorne acreditam firmemente que a informação engolida por um buraco negro esteja para sempre oculta do universo exterior e nunca possa ser revelada mesmo quando o buraco negro se evapore e desapareça por completo,

E considerando que John Preskill acredita firmemente que um mecanismo para liberar a informação pela evaporação do buraco negro deve e será encontrado na teoria correta da gravidade quântica,

Preskill oferece, e Hawking/Thorne aceitam, portanto, uma aposta em que:

Quando um estado quântico puro inicial se submete a um colapso gravitacional para formar um buraco negro, o estado final no término da evaporação do buraco negro sempre será um estado quântico puro.

O(s) perdedor(es) premiam o(s) vencedor(es) com uma enciclopédia à escolha do(s) vencedor(es), a partir da qual a informação será recuperada à vontade.

Stephen W. Hawking & Kip S. Thorne John P. Preskill
Pasadena, Califórnia, 6 de fevereiro de 1997]

A radiação de um buraco negro transporta energia para fora; dessa forma, o buraco negro perde massa e encolhe. No final das contas, parece que o buraco negro vai evaporar por completo e desaparecer. Isso levantou um problema que abalou o coração da física. Meus cálculos sugeriam que a radiação era estritamente térmica e aleatória, como tem que ser se a área do horizonte deve ser a entropia do buraco negro. Sendo assim, como poderia a radiação remanescente transportar toda a informação sobre o que formava o buraco negro? No entanto, se há perda de informação, isso não é compatível com a mecânica quântica.

Esse paradoxo tinha sido debatido por trinta anos, sem muito progresso, até que eu descobri o que acho ser a solução. A informação não se perde, mas não retorna de maneira útil. É como queimar uma enciclopédia: a informação contida na enciclopédia tecnicamente não se perde caso a fumaça e as cinzas sejam guardadas, mas é muito difícil de ser lida. Na realidade, eu e Kip Thorne fizemos uma aposta com John Preskill sobre o paradoxo da informação. Quando John ganhou a aposta, dei para ele uma enciclopédia de beisebol, mas talvez devesse ter dado apenas as cinzas.

8
CALTECH

EM 1974, FUI ESCOLHIDO COMO MEMBRO DA ROYAL SOCIETY. A eleição pegou de surpresa meus colegas do departamento, porque eu era jovem e apenas um modesto pesquisador assistente. Porém, em três anos fui promovido a professor.

Jane entrou em depressão após a minha posse, sentindo que eu havia atingido meus objetivos e que, a partir dali, seria ladeira abaixo. A depressão dela melhorou um pouco quando meu amigo Kip Thorne nos convidou, além de alguns outros que se dedicavam à relatividade geral, a irmos para o Instituto de Tecnologia da Califórnia, o Caltech.



Nossa casa em Pasadena

Nos quatro anos anteriores, eu vinha usando uma cadeira de rodas manual, assim como um carro elétrico de três rodas azul, que se movia a uma velocidade baixa, e no qual eu às vezes transportava passageiros ilegalmente. Quando fomos para a Califórnia, ocupamos uma casa de propriedade do Caltech, de estilo colonial, que ficava

perto do campus. Foi lá que usei uma cadeira de rodas elétrica pela primeira vez, o que me deu um grau considerável de independência, principalmente porque, nos Estados Unidos, os prédios e as calçadas são muito mais acessíveis para os cadeirantes do que na Inglaterra. Um dos meus alunos de pesquisa também veio morar conosco. Ele me ajudava a me levantar e a me deitar, e também me auxiliava com algumas refeições; em troca, tinha acomodação e um bocado da minha atenção acadêmica.



Jane, Lucy, Robert e eu na nossa casa em Pasadena [acima e na próxima imagem]

Nossos dois filhos na época, Robert e Lucy, adoraram a Califórnia. A escola que eles frequentavam temia que os alunos pudessem ser sequestrados, por isso, não se podia apanhar uma criança no portão da escola da maneira usual. Em vez disso, era necessário dirigir em torno do quarteirão e se aproximar do portão um de cada vez. A criança em questão então seria chamada por um megafone. Eu nunca tinha visto nada parecido antes.



A casa estava equipada com um aparelho de televisão em cores. Na Inglaterra, tínhamos apenas um aparelho em preto e branco que mal funcionava. Então, assistimos a muitos programas, em especial séries inglesas, como *Upstairs*, *Downstairs* e *The Ascent of Man*. Tínhamos acabado de assistir ao episódio de *The Ascent of Man* em que Galileu é julgado pelo Vaticano e condenado à prisão domiciliar pelo resto da vida quando eu soube que tinha recebido a Medalha Pio XI pela Academia Pontifícia das Ciências. A princípio minha indignação foi tanta que quase me levou a recusar a medalha, mas depois precisei admitir que o Vaticano, fazia pouco tempo, tinha mudado de ideia em relação a Galileu. Assim, voei para a Inglaterra para me encontrar com meus pais, que me acompanharam até Roma. Enquanto eu visitava o Vaticano, fiz questão de pedir que me mostrassem o relato do julgamento de Galileu na Biblioteca do Vaticano.

Na cerimônia de entrega de prêmios, o papa Paulo VI desceu do trono e se ajoelhou ao meu lado. Após a cerimônia, conheci Paul Dirac, um dos fundadores da teoria quântica, com quem nunca havia conversado enquanto ele era professor em Cambridge, porque na época eu não estava interessado em teoria quântica. Ele me contou

que tinha originalmente proposto outro candidato para a medalha, mas no final decidira que eu era melhor e disse para a academia me entregar o prêmio.

* * *

AS DUAS principais estrelas do departamento de física do Caltech na época eram Richard Feynman e Murray Gell-Mann, ambos ganhadores do Prêmio Nobel; havia uma grande rivalidade entre os dois. No primeiro dos seminários semanais de Gell-Mann, ele disse: "Vou apenas repetir algumas palestras que dei no ano passado." Ao ouvir isso, Feynman se levantou e saiu. Gell-Mann então acrescentou: "Agora que ele se foi, posso lhes dizer o que realmente gostaria de falar."

Tratava-se de uma época estimulante para a física de partículas. Novas partículas com "charme" tinham acabado de ser descobertas em Stanford, e a descoberta ajudou a confirmar a teoria de Gell-Mann de que prótons e nêutrons eram constituídos de três partículas mais fundamentais chamadas quarks.

Enquanto eu estava no Caltech, apostei com Kip Thorne que o sistema binário da estrela Cygnus X-1 não continha um buraco negro. Cygnus X-1 é uma fonte de raios X na qual uma estrela normal está perdendo seu envelope externo para uma companheira compacta invisível. À medida que a matéria cai sobre a companheira, ela desenvolve um movimento em espiral e fica muito quente, emitindo raios X. Eu estava esperando perder essa aposta, já que eu obviamente fizera um grande investimento intelectual nos buracos negros. Mas, se eles não existissem, pelo menos eu teria o consolo de ganhar uma assinatura de quatro anos da revista *Private Eye*. Por outro lado, se Kip ganhasse, ele receberia um ano da revista *Penthouse*. Nos anos que se seguiram à aposta, a evidência em favor dos buracos negros ficou tão forte que capitulei e dei a Kip a assinatura da *Private Eye*, para grande desgosto da esposa dele.

* * *

ENQUANTO ESTIVE na Califórnia, trabalhei com um aluno de pesquisa no Caltech chamado Don Page. Don tinha nascido e fora criado em uma aldeia do Alasca, onde seus pais eram professores da escola e, junto com ele, eram os únicos não esquimós da região. Ele era cristão evangélico e fez o possível para me converter quando, mais tarde, veio morar conosco em Cambridge. Don costumava ler histórias da Bíblia para mim durante o café da manhã, mas eu lhe disse que conhecia bem a Bíblia do tempo em que morara em Maiorca e porque meu pai costumava lê-la para mim. (Meu pai não era crente, mas achava que a Bíblia do rei James era culturalmente importante.)

Eu e Don trabalhávamos na possibilidade de se observar a emissão dos buracos negros que eu havia predito. A temperatura da radiação de um buraco negro da massa do Sol seria apenas um milionésimo de um Kelvin, pouco acima do zero absoluto; assim, seria totalmente encoberto pelo fundo de micro-ondas cósmico, que tem uma temperatura de 2,7 Kelvin. No entanto, pode haver buracos negros muito menores em decorrência do Big Bang. Um buraco negro primordial com a massa de uma montanha estaria emitindo raios gama e agora estaria terminando seu período de vida, tendo irradiado para fora de si a maior parte de sua massa original. Procuramos provas de tais emissões no fundo de raios gama, mas não encontramos. Fomos capazes de colocar um limite superior para a densidade numérica de buracos negros dessa massa, o que indica que provavelmente não estamos próximos o suficiente de um para detectá-lo.

9
CASAMENTO

QUANDO VOLTAMOS DO CALTECH, EM 1975, sabíamos que as escadas em nossa casa agora seriam difíceis demais para mim.

A universidade na época me valorizava bem mais e, por isso, permitiu que morássemos em um apartamento térreo em um grande prédio vitoriano de sua propriedade. (A casa foi demolida e substituída por um prédio de acomodações para estudantes que leva meu nome agora.) O apartamento ficava em jardins mantidos pelos funcionários da universidade, o que era agradável para as crianças.

No início, senti-me bastante abatido por ter retornado à Inglaterra. Tudo parecia muito paroquiano e limitado em comparação com a atitude confiante e ativa encontrada nos Estados Unidos. Na época, a paisagem estava feia por causa das árvores mortas pela doença holandesa do olmo, e o país estava assolado por greves. Entretanto, meu humor melhorou quando vi o sucesso de meu trabalho e fui eleito, em 1979, como professor lucasiano em matemática, um posto que já fora ocupado por Sir Isaac Newton e por Paul Dirac.



Com minha família após o batizado de nosso terceiro filho, Tim

Nosso terceiro filho, Tim, também nasceu em 1979, após uma viagem à Córsega, onde dei aulas em um curso de verão. Desde então, a depressão de Jane piorou. Ela estava preocupada que eu fosse morrer em pouco tempo e queria encontrar alguém que daria apoio a ela e às crianças e que se casaria com ela quando eu partisse. Ela encontrou Jonathan Jones, músico e organista da igreja local, e cedeu a ele um quarto em nosso apartamento. Eu teria me oposto, mas também achava que iria morrer cedo e sentia que era necessário encontrar alguém que apoiasse as crianças depois disso.

Minha saúde piorou, e um dos sintomas de minha doença progressiva eram episódios prolongados de falta de ar. Em 1985, em uma viagem para a CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear), na Suíça, peguei uma pneumonia. Fui levado às pressas para o hospital da região e me colocaram em um respirador artificial. Os

médicos do hospital acharam que eu estava tão mal que sugeriram desligar o respirador e dar fim à minha vida, mas Jane se recusou e me levou, em uma ambulância aérea, de volta para Cambridge, para o Hospital Addenbrooke. Os médicos de lá se empenharam ao máximo para reverter meu quadro e me deixar na situação em que eu estava anteriormente, mas no final foram obrigados a realizar uma traqueostomia.

Antes do procedimento, minha fala estava cada vez mais inarticulada e, por isso, apenas as pessoas que me conheciam bem conseguiam me compreender. Mas pelo menos eu era capaz de me comunicar. Escrevi artigos científicos ditando-os para uma secretária e ministrei seminários com o auxílio de um intérprete que repetia minhas palavras com maior clareza. Contudo, a traqueostomia acabou completamente com minha capacidade de falar. Por certo tempo, a única maneira que eu tinha para me comunicar era soletrar as palavras, levantando as sobrancelhas quando alguém apontava para a letra certa em um cartão com o alfabeto. É demasiado difícil levar adiante uma conversa assim, ainda mais escrever um artigo científico. Entretanto, um especialista em computação da Califórnia chamado Walt Woltosz ouviu falar do meu problema e me enviou um programa de computador que ele desenvolvera, o Equalizer. O programa permitia que eu selecionasse as palavras, a partir de uma série de menus na tela, ao pressionar um botão em minha mão. Atualmente uso outro de seus programas, o Word Plus, que controlo por meio de um sensor acoplado em meus óculos que reage ao movimento de minha face. Quando formulo o que quero dizer, envio as palavras para o sintetizador de fala.

No início eu rodava o programa Equalizer em um computador de mesa. Então, David Mason, que trabalhava na Cambridge Adaptive Communications, acoplou um pequeno computador pessoal e um sintetizador de fala à minha cadeira de rodas. Meus computadores agora são fornecidos pela Intel. Esse sistema permite que eu me

comunique muito melhor, e consigo formular até três palavras por minuto. Posso falar o que escrevi ou então salvar em disco. Depois posso imprimir ou recuperar o arquivo e repetir frase por frase. Com a ajuda desse sistema, escrevi então sete livros e diversos artigos científicos. Ministrei também uma série de palestras científicas ou populares. Todas foram bem recebidas, o que acredito que se deva, em grande parte, à qualidade do sintetizador de fala, fabricado pela empresa Speech Plus.

A voz é algo muito importante. Se você tem uma fala inarticulada, é provável que as pessoas o tratem como mentalmente deficiente. Esse sintetizador é de longe o melhor que já ouvi, porque tem variação de entoação e não fala como um dos Daleks do *Doctor Who*. A Speech Plus há muito já fechou e seu programa de sintetizador de fala se perdeu. Agora possuo os três últimos sintetizadores remanescentes. São volumosos, gastam muita energia e contêm chips obsoletos, que não podem ser substituídos. No entanto, me identifico com a voz obtida e ela se tornou minha marca registrada; logo, não vou trocá-lo por uma voz que soe mais natural a não ser que todos os três sintetizadores quebrem.

Quando saí do hospital, precisava de cuidados de enfermagem em tempo integral. No início, achei que minha carreira científica estivesse terminada e tudo o que me restaria seria ficar em casa e ver televisão. Mas logo descobri que poderia prosseguir com meu trabalho científico e escrever equações matemáticas usando um programa denominado Latex, que permite que símbolos matemáticos sejam escritos com caracteres comuns, como *$/pi$* para π.

* * *

ENTRETANTO, FIQUEI cada vez mais infeliz com a proximidade entre Jane e Jonathan. No final, não consegui mais suportar a situação e, em 1990, fui morar em outro apartamento com uma de minhas enfermeiras, Elaine Mason.

Achamos o apartamento pequeno demais para nós e os dois filhos de Elaine, que ficavam conosco parte da semana, então decidimos nos mudar. Uma tempestade forte, em 1987, havia arrancado o telhado da Newnham College, a única faculdade de graduação somente para mulheres. (Todas as faculdades exclusivas para homens a essa altura já admitiam mulheres. A minha faculdade, a Caius, que continha certo número de membros conservadores, foi uma das últimas; foi finalmente convencida, pelos resultados dos exames dos alunos, que não conseguiria angariar bons estudantes masculinos a não ser que admitisse mulheres também.) Como a Newnham era uma faculdade pobre, foi obrigada a vender quatro terrenos para financiar o conserto do telhado após a tempestade. Compramos um dos terrenos e construímos uma casa adaptada para cadeira de rodas.

Eu e Elaine nos casamos em 1995. Nove meses mais tarde, Jane se casou com Jonathan Jones.



Meu casamento com Elaine

Meu casamento com Elaine foi apaixonado e tempestuoso. Tivemos nossos altos e baixos, mas o fato de Elaine ser enfermeira

salvou minha vida em diversas ocasiões. Após a traqueostomia, enfiaram um tubo plástico na minha traqueia para evitar que o alimento e a saliva penetrassem nos meus pulmões, que se mantinha no lugar por meio de um *cuff* insuflado. Com o passar dos anos, a pressão no interior do *cuff* danificou minha traqueia, provocando tosse e engasgos. Certa vez, voltando de Creta, onde havia participado de um congresso, eu estava tossindo, quando David Howard, um cirurgião que por acaso estava no mesmo voo, se aproximou de Elaine e disse que poderia me ajudar. Ele sugeriu uma laringectomia, que separaria minha traqueia inteiramente da garganta e anularia a necessidade de um tubo com um *cuff*. Os médicos no Hospital Addenbroke em Cambridge disseram que era arriscado demais, mas Elaine insistiu, e David Howard realizou a cirurgia em um hospital de Londres. A operação salvou a minha vida: mais duas semanas e o *cuff* teria feito um orifício entre a traqueia e a garganta, enchendo meus pulmões de sangue.



Com Elaine em Aspen, Colorado [acima e na próxima imagem]

Alguns anos mais tarde, tive outra crise, porque meus níveis de oxigênio estavam caindo perigosamente durante o sono profundo. Levaram-me às pressas para o hospital, onde permaneci por quatro meses. No final, tive alta, mas continuei com um respirador artificial, que eu usava à noite. Meu médico disse a Elaine que eu voltaria para

casa para morrer. (Desde então já troquei de médico.) Em 2011, comecei a usar o respirador vinte e quatro horas por dia.



Um ano depois disso, fui recrutado para ajudar a universidade em sua campanha de levantamento de fundos para o seu octingentésimo aniversário. Enviaram-me a São Francisco, onde ministrei cinco palestras em seis dias e fiquei muito cansado. Certa manhã, desmaiei ao ser retirado do respirador artificial. A enfermeira do turno pensou que eu estivesse bem, mas eu teria morrido se outra pessoa da equipe de enfermagem não tivesse chamado Elaine, que me ressuscitou. Todas essas crises a afetaram emocionalmente. Nós nos divorciamos em 2007, e desde então eu moro sozinho com uma governanta.

10
UMA BREVE HISTÓRIA DO TEMPO

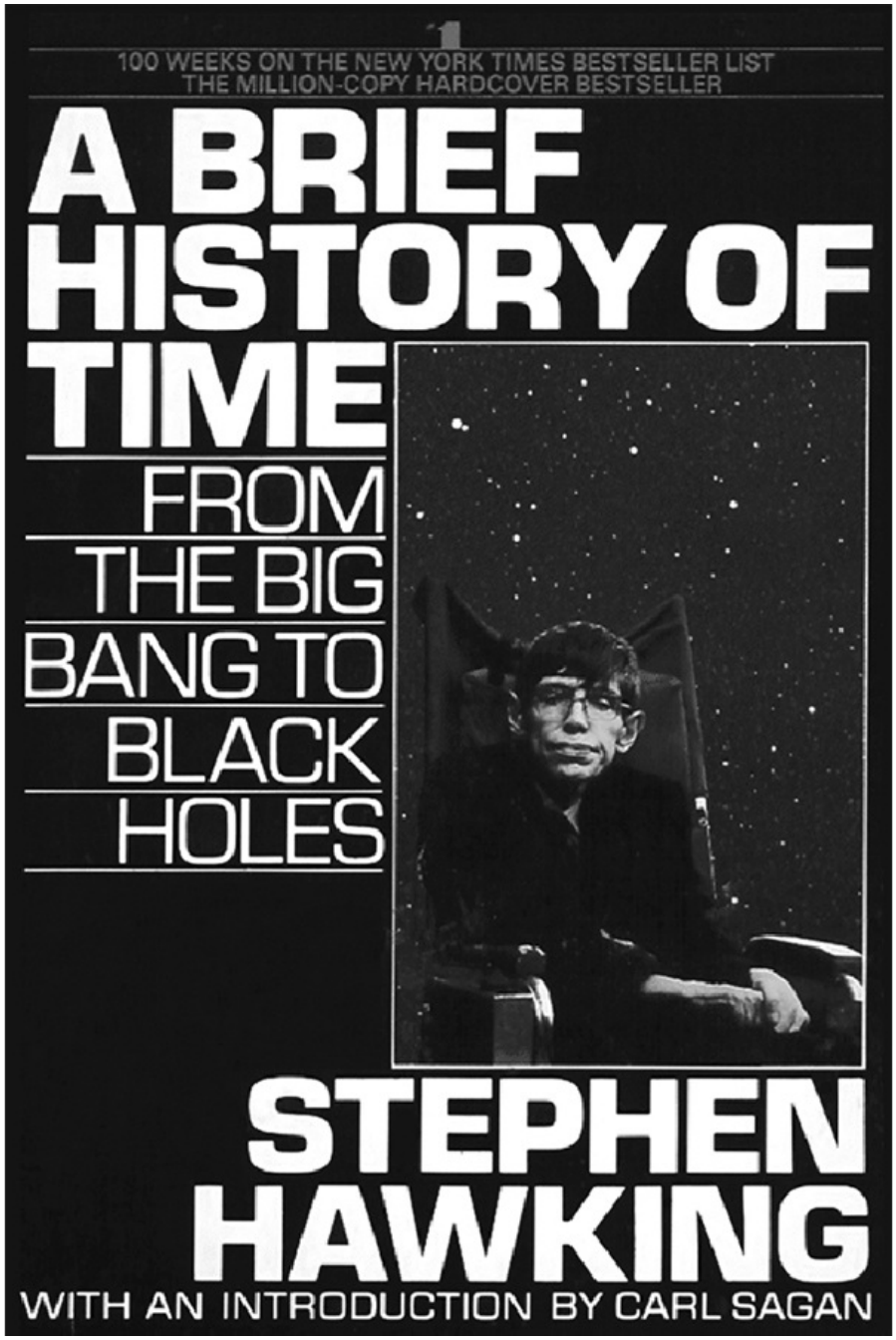
A PRIMEIRA VEZ QUE TIVE A IDEIA DE ESCREVER UM LIVRO POPULAR sobre o universo foi em 1982. Minha intenção era, em parte, ganhar dinheiro para pagar as mensalidades escolares de minha filha. (Na verdade, na época em que o livro efetivamente apareceu, ela estava no seu último ano da escola.) Porém, a principal razão para escrevê-lo foi que eu queria explicar até que ponto já tínhamos avançado em nossa compreensão sobre o universo: como poderíamos estar próximos de descobrir uma teoria completa que descrevesse o universo e tudo o que ele inclui.

Se eu ia despender tempo e esforço para escrever um livro, queria que atingisse o máximo de pessoas possível. Meus livros técnicos anteriores haviam sido publicados pela Cambridge University Press. A editora havia feito um bom trabalho, mas eu não sentia que ela encaminhasse o livro para o tipo de mercado de massa que eu queria atingir. Portanto, entrei em contato com um agente literário, Al Zuckerman, que me tinha sido apresentado como o cunhado de um colega. Entreguei a ele um rascunho do primeiro capítulo e expliquei que eu queria que fosse o tipo de livro que vendesse em livrarias de aeroportos. Ele me disse que não existia nenhuma chance de isso acontecer. Venderia bem para acadêmicos e estudantes, mas não tanto quanto os de Jeffrey Archer.

Dei a Zuckerman um primeiro rascunho do livro em 1984. Ele o enviou a diversas editoras e recomendou que eu aceitasse uma oferta da Norton, uma editora americana bastante voltada para consumidores de alto poder aquisitivo. Em vez disso, decidi aceitar uma oferta da Bantam Books, uma editora mais orientada para o

mercado popular. Embora a Bantam não fosse especializada em livros científicos, as obras que editava estavam disponíveis em larga escala em livrarias de aeroportos.

O interesse da Bantam pelo livro provavelmente se deveu a um de seus editores, Peter Guzzardi. Ele levou o trabalho muito a sério e me fez reescrever o original de forma que fosse compreensível para não cientistas, como ele mesmo. Toda vez que eu lhe enviava um capítulo reescrito, ele me devolvia uma longa lista de objeções e indagações que queria que eu esclarecesse. Às vezes, eu achava que o processo nunca terminaria. Mas ele estava certo: o resultado foi um livro muito melhor.



Uma das primeiras capas de Uma breve história do tempo

Minha atividade de escrever foi interrompida pela pneumonia que peguei no CERN. Teria sido quase impossível concluir o livro se não fosse o programa de computador que me deram. Era um pouco lento, mas na verdade eu penso devagar, então, ele me servia bem. Com esse programa, eu praticamente reescrevi o primeiro rascunho em

resposta às demandas de Guzzardi. Um de meus alunos, Brian Whitt, me ajudou na revisão.

Eu tinha ficado muito impressionado com *The Ascent of Man*, uma série de televisão escrita por Jacob Bronowski. (Hoje o título sexista não teria sido aceito.) A série dava uma ideia das realizações da raça humana, ao evoluir de selvagens primitivos há apenas quinze mil anos até nosso estado atual. Eu gostaria de transmitir uma percepção semelhante em relação ao nosso progresso no que tange à compreensão integral das leis que governam o universo. Estava certo de que quase todo mundo está interessado no modo como o universo opera, mas que a maior parte das pessoas não consegue acompanhar equações matemáticas. Também não ligo muito para as equações, o que se deve, em parte, à minha dificuldade em anotá-las, mas principalmente ao fato de que não tenho um sentimento intuitivo em relação a elas. Em vez disso, penso em termos pictóricos, e meu objetivo no livro era descrever essas imagens mentais em palavras, com a ajuda de analogias familiares e alguns diagramas. Dessa forma, eu esperava que a maior parte das pessoas fosse capaz de compartilhar o entusiasmo e a sensação de realização quanto ao extraordinário progresso conhecido pela física nos últimos cinquenta anos.

Ainda assim, mesmo que eu evitasse usar matemática, algumas ideias seriam difíceis de explicar. Isso dava margem a um problema: eu devia tentar explicá-las e arriscar que as pessoas se confundissem, ou devia passar por cima delas? Alguns conceitos pouco conhecidos não eram essenciais para o quadro que eu queria pintar, tais como o fato de que observadores que se movem a diferentes velocidades medem diferentes intervalos de tempo entre os mesmos pares de eventos. Portanto, eu sentia que podia apenas mencioná-los, sem me aprofundar. Porém, outras ideias difíceis eram essenciais àquilo que eu queria comunicar.

Havia dois desses conceitos, em especial, que eu sentia que teria de incluir. Um deles era a chamada soma de histórias. É a ideia de

que não existe uma única história do universo. Em vez disso, existe uma coleção de todas as possíveis histórias do universo, e todas essas histórias são igualmente reais (qualquer que seja o significado dessa palavra). A outra ideia, que é necessária para incutir sentido matemático na soma de histórias, está relacionada ao tempo imaginário. Hoje acho que eu deveria ter me empenhado mais em esclarecer esses dois conceitos muito difíceis, sobretudo o segundo, que me parece ser o conceito no livro com o qual os leitores têm mais problemas. No entanto, não é de fato necessário que se compreenda exatamente o que é tempo imaginário — apenas que é diferente daquilo que chamamos de tempo real.

* * *

QUANDO O livro estava prestes a ser publicado, um cientista que tinha recebido uma prova a fim de fazer uma resenha para a revista *Nature* ficou pasmo por encontrar vários erros, diagramas e fotografias fora de lugar e legendas incorretas. Ele ligou para a Bantam, que teve a mesma surpresa e decidiu, naquele mesmo dia, recolher e descartar a tiragem inteira. (Cópias da primeira edição original agora provavelmente são bastante valiosas.) A Bantam passou três semanas intensas corrigindo e checando todo o livro, que ficou pronto a tempo de ir para as livrarias em 1º de abril, o Dia da Mentira. A essa altura, a revista *Time* tinha publicado um perfil meu.

Mesmo assim, a Bantam se surpreendeu com a demanda pelo livro, que figurou na lista de mais vendidos do *The New York Times* por 147 semanas e na lista dos mais vendidos do *Times*, de Londres, durante 237 semanas, um recorde. Ainda foi traduzido em quarenta idiomas e vendeu mais de dez milhões de cópias no mundo todo.

Originalmente meu livro se chamaria *Do Big Bang aos buracos negros: uma curta história do tempo*, mas Guzzardi inverteu título e subtítulo e trocou *curta* para *breve*. Foi uma jogada de mestre e deve ter contribuído para o sucesso do livro. Depois dele, apareceram

muitas "breves histórias" disso ou daquilo, e até *Uma breve história do tomilho*. A imitação é a forma mais sincera de elogio.

Por que tantas pessoas compraram o livro? Ter certeza de que estou sendo objetivo é difícil para mim, por isso, acho que vou me guiar pelo que outras pessoas disseram. Achei a maioria das resenhas, apesar de favoráveis, pouco esclarecedoras. Elas costumam seguir uma fórmula única: *Stephen Hawking tem a doença de Lou Gehrig* (o termo usado nas resenhas americanas) *ou a doença do neurônio motor* (nas resenhas inglesas, com o nome como é conhecida na Inglaterra a esclerose lateral amiotrófica). *Está preso a uma cadeira de rodas, não consegue falar, e só pode mexer X dedos da mão* (onde X parece variar de um a três, dependendo da inconsistência do artigo que o resenhista leu a meu respeito). *No entanto, ele escreveu esse livro sobre a maior indagação de todas: de onde viemos e para onde vamos. A resposta proposta por Hawking é que o universo não foi criado nem será destruído: ele apenas é. A fim de formular essa ideia, Hawking introduz o conceito de tempo imaginário, que, em minha opinião* (isto é, do resenhista), *é um pouco difícil de acompanhar. Ainda assim, se ele estiver certo, e nós realmente encontrarmos uma teoria unificada completa, com certeza poderemos conhecer a mente de Deus*. (No estágio de provas, quase cortei a frase final do livro, que era que iríamos conhecer a mente de Deus. Se eu tivesse feito isso, as vendas talvez houvessem caído para a metade.)

Um artigo publicado no jornal londrino *The Independent*, que considerei um pouco mais perspicaz, disse que até uma obra científica séria como *Uma breve história do tempo* poderia se tornar um livro *cult*. Fiquei bastante lisonjeado ao ver meu livro comparado com *Zen e a arte da manutenção de motocicletas*. Espero que, tal como *Zen*, ele transmita às pessoas que elas não precisam ser alijadas das grandes questões intelectuais e filosóficas.

Sem dúvida, a história do interesse humano pelo modo como consegui ser um físico teórico apesar da minha deficiência ajudou.

Porém, os leitores que compraram o livro por causa do fator de interesse humano podem ter se decepcionado, porque contém apenas umas poucas referências à minha condição. A intenção da obra era descrever a história do universo, não a minha. Isso não evitou as acusações de que a Bantam vergonhosamente explorou minha doença e de que eu cooperei, permitindo que uma foto minha aparecesse na capa. Na verdade, por contrato, eu não possuía nenhum controle sobre a capa. Entretanto, consegui convencer o editor a usar na edição inglesa uma fotografia melhor do que a triste e ultrapassada que apareceu na edição americana. A Bantam, contudo, não vai trocar a foto da capa americana, porque alega que agora o público americano identifica aquela foto com o livro.

Sugeriu-se também que muitas pessoas compraram a obra para exibir na estante ou na mesa de centro, sem que o tivessem lido efetivamente. Tenho certeza de que isso acontece, embora não saiba se muito mais do que ocorre com outros livros sérios. Mas sei que pelo menos algumas pessoas devem ter mergulhado nele, porque todo dia recebo uma pilha de cartas, muitas fazendo perguntas ou tecendo comentários detalhados que indicam que elas leram o livro, mesmo que não o tenham entendido por completo. Também sou abordado por estranhos na rua que me contam como gostaram do material. A frequência com que recebo tais cumprimentos (embora eu seja, é claro, mais reconhecível, se não mais famoso, do que a maioria dos escritores) parece indicar que ao menos parte das pessoas que compraram o livro o leu de fato.

Desde *Uma breve história do tempo*, escrevi outras obras que explicam ciência para um público mais amplo: *Buracos negros*, *universos-bebês*, *O universo numa casca de noz* e *O grande projeto*. Acho importante que as pessoas tenham uma compreensão básica da ciência, para que possam tomar decisões esclarecidas neste mundo cada vez mais científico e tecnológico. Eu e minha filha Lucy também

escrevemos juntos uma série de livros infantis. São histórias de aventuras com bases científicas para crianças, os adultos de amanhã.

11
VIAGEM NO TEMPO

EM 1990, KIP THORNE INSINUOU QUE TALVEZ fosse possível viajar no tempo pelo intermédio do que chamou de buracos de minhoca. Achei, portanto, que valeria a pena investigar se a viagem no tempo era permitida pelas leis da física.

Especular abertamente sobre a ideia de viagem no tempo é delicado por diversas razões. Se a imprensa ficasse sabendo que o governo está financiando pesquisas sobre isso, haveria um protesto contra o desperdício de dinheiro público ou uma exigência de que a pesquisa fosse confidencial por razões militares. Afinal, como poderíamos nos proteger se os russos ou os chineses pudessem viajar no tempo e nós não? Eles seriam capazes de trazer os camaradas Stalin e Mao de volta. Nos círculos da física, só alguns de nós são temerários o bastante para trabalhar com um tema que outros consideram frívolo e politicamente incorreto. Então dissimulamos nosso foco com o uso de termos técnicos, tais como "histórias fechadas de partículas", que são código para viagem no tempo.

* * *

A PRIMEIRA descrição científica do tempo foi feita em 1689 por Sir Isaac Newton, que possuía a cátedra lucasiana em Cambridge que eu costumava ocupar (embora ela não fosse eletricamente operada na época dele). Na teoria de Newton, o tempo era absoluto e seguia em frente de maneira implacável. Não havia como dar a volta e retornar a uma época anterior. A situação mudou, no entanto, quando Einstein formulou sua teoria geral da relatividade, na qual o espaço-tempo era curvo e deformado pela matéria e energia do universo. O tempo ainda aumentava de maneira local, mas havia agora a

possibilidade de que o espaço-tempo fosse tão deformado que o indivíduo pudesse se mover numa direção que o traria de volta antes mesmo de ele ter partido.

Uma das possibilidades que permitiriam isso seriam os buracos de minhoca, hipotéticos tubos de espaço-tempo capazes de conectar diferentes regiões de espaço e tempo. A ideia é de que, ao pisar em uma abertura de um buraco de minhoca, você saia em outra, em um lugar diferente e em um tempo diferente. Caso existam, buracos de minhoca seriam ideais para viagens espaciais rápidas. Seria possível passar por um deles até a outra extremidade da galáxia e estar de volta para o jantar. No entanto, é possível demonstrar que, caso existam, os buracos de minhoca poderiam ser usados para fazer com que o indivíduo volte antes de partir. Supõe-se então que ele seria capaz de explodir a própria espaçonave em sua plataforma de lançamento original para se impedir de partir de todo. Trata-se de uma variação do tal paradoxo do avô: o que acontece se você volta no tempo e mata seu avô antes que seu pai tenha sido concebido? Você existiria então no presente atual? Se não, você não existiria para voltar no tempo e matar seu avô. Evidentemente, isso só é um paradoxo se você acredita que tem o livre-arbítrio de fazer o que quiser e mudar a história ao voltar no tempo.

A verdadeira questão é se as leis da física permitem que os buracos de minhoca e o espaço-tempo sejam deformados a ponto de fazer com que um corpo macroscópico, tal como uma espaçonave, volte ao próprio passado. De acordo com a teoria de Einstein, uma espaçonave viaja necessariamente a uma velocidade inferior à velocidade local da luz e segue o que se chama de “trajetória do tipo tempo” através do espaço-tempo. Assim, pode-se formular a pergunta em termos técnicos: será que o espaço-tempo permite a existência de curvas do tipo tempo que sejam fechadas, ou seja, curvas do tipo tempo que voltem sempre ao ponto de partida?

Podemos tentar responder a essa pergunta em três níveis. O primeiro é a teoria da relatividade geral de Einstein. Esta é a que chamamos de uma teoria clássica, ou seja, que parte do princípio de que o universo tem uma história bem definida, sem qualquer incerteza. Na relatividade geral clássica, temos uma imagem bastante completa de como a viagem no tempo pode funcionar. Sabemos, no entanto, que a teoria clássica não pode estar de todo correta, pois observamos que a matéria no universo é sujeita a flutuações, e seu comportamento não pode ser previsto com precisão.

Nos anos 1920, um novo paradigma chamado teoria quântica foi desenvolvido para descrever essas flutuações e quantificar a incerteza. Pode-se, portanto, fazer a pergunta sobre a viagem no tempo nesse segundo nível, chamado teoria semiclássica. Nesta, considera-se a matéria quântica no espaço-tempo clássico. Aqui a imagem é menos completa, mas ao menos temos alguma ideia de como proceder.

Finalmente, temos a teoria quântica da gravitação completa, o que quer que isso seja. Aqui não fica claro nem como apresentar a pergunta "É possível viajar no tempo?". Talvez o melhor que se possa fazer seja perguntar como observadores no infinito interpretariam suas medidas. Será que pensariam que a viagem no tempo ocorrera no interior do espaço-tempo?

* * *

VOLTEMOS À teoria clássica: o espaço-tempo plano não contém curvas do tipo tempo fechadas. As outras soluções às equações de Einstein que eram conhecidas logo no início também não as contêm. Foi, portanto, um grande choque para Einstein quando, em 1949, Kurt Gödel descobriu uma solução que representava um universo repleto de matéria em rotação, com curvas do tipo tempo fechadas através de cada ponto. A solução de Gödel implicava uma constante cosmológica, cuja existência é conhecida, embora outras soluções tenham sido encontradas depois sem ela.

Um caso particularmente interessante para ilustrar isso seriam duas cordas cósmicas movendo-se em alta velocidade, passando uma pela outra. Como seu nome sugere, cordas cósmicas são objetos com comprimento, mas com uma seção transversal minúscula. Algumas teorias de partículas elementares preveem sua ocorrência. O campo gravitacional de uma única corda cósmica é um espaço plano com uma cunha recortada, com a corda na borda aguda da cunha. Assim, se seguimos um círculo em torno de uma corda cósmica, a distância no espaço é menor do que se esperaria, mas o tempo não é afetado. Isso significa que o espaço-tempo em torno de uma única corda cósmica não contém qualquer curva do tipo tempo fechada.

Porém, se há uma segunda corda cósmica se movendo em relação à primeira, a cunha retirada diminuirá tanto as distâncias espaciais quanto os intervalos de tempo. Se as cordas cósmicas estiverem se movendo a uma velocidade aproximada à da luz, uma em relação à outra, a economia de tempo ao dar a volta em ambas as cordas pode ser tão grande que o indivíduo chegaria de volta antes de ter partido. Em outras palavras, há curvas do tipo tempo fechadas que podemos seguir para viajar ao passado.

O espaço-tempo das cordas cósmicas contém matéria que possui uma densidade de energia positiva, e é portanto razoável segundo as leis da física. Porém, a deformação que produz as curvas do tipo tempo fechadas se estende totalmente até o infinito e volta ao passado infinito. Assim, esses espaços-tempos foram criados com a viagem no tempo no interior de si mesmos. Não temos razão para crer que nosso universo tenha sido criado de maneira tão deformada, e não temos provas fiáveis de visitantes do futuro. (Desconsiderando, é claro, a teoria da conspiração segundo a qual óvnis são do futuro e que o governo sabe disso e omite. Mas o histórico de segredos dos governos não é lá tão bom.) Deve-se então supor que não há curvas do tipo tempo fechadas para o passado de uma superfície de tempo constante S.

Então, a questão é se alguma civilização avançada poderia construir uma máquina do tempo. Ou seja: ela poderia modificar o espaço-tempo no futuro de S, de forma que curvas do tipo tempo fechadas aparecessem em uma região finita? Digo "região finita" porque, não importa quão avançada se torne a civilização, ela só poderia presumidamente controlar uma parte finita do universo.

Na ciência, muitas vezes, encontrar a formulação correta para um problema é a chave para resolvê-lo, e esse foi um bom exemplo. Para definir o que se entende por uma máquina do tempo finita, recorri a um dos meus primeiros trabalhos. Defini o desenvolvimento de Cauchy de S no futuro como o conjunto de pontos do espaço-tempo onde os acontecimentos são inteiramente determinados pelo que aconteceu em S. Em outras palavras, é a região do espaço-tempo em que todos os caminhos possíveis que se movem a uma velocidade inferior à da luz vêm de S. Porém, se uma civilização avançada conseguisse construir uma máquina do tempo, haveria uma curva do tipo tempo fechada, C, até o futuro de S. C daria voltas e voltas no futuro de S, mas não retornaria para interceptar S. Isso significa que pontos em C não estariam no desenvolvimento de Cauchy de S. Assim, S teria um horizonte de Cauchy, uma superfície que seria uma fronteira no futuro para o desenvolvimento de Cauchy de S.

Horizontes de Cauchy ocorrem no interior de algumas soluções de buraco negro, ou no espaço anti-de Sitter. No entanto, nesses casos, os raios de luz que formam o horizonte de Cauchy começam no infinito ou nas singularidades. Para criar tal horizonte de Cauchy seria necessário deformar totalmente o espaço-tempo até o infinito ou a ocorrência de uma singularidade no espaço-tempo. Deformar o espaço-tempo até o infinito estaria, em teoria, além dos poderes até da mais avançada das civilizações, que só poderia deformá-lo numa região finita. A civilização avançada poderia reunir uma quantidade suficiente de matéria para causar um colapso gravitacional, o que produziria uma singularidade espaço-tempo, ao menos de acordo

com a relatividade geral clássica. Mas as equações de Einstein não poderiam ser definidas na singularidade, de forma que não se poderia prever o que aconteceria para além do horizonte de Cauchy, e, de forma específica, se haveria ou não curvas do tipo tempo fechadas.

Deveríamos, então, tomar como critério para uma máquina do tempo o que eu chamo de horizonte de Cauchy finitamente gerado. Ou seja, um horizonte de Cauchy gerado por raios luminosos que emergem todos de uma região limitada. Em outras palavras, eles não vêm do infinito, ou de uma singularidade, mas nascem de uma região finita que contém curvas do tipo tempo fechadas, o tipo de região que supomos que nossa civilização avançada poderia criar.



Com Roger Penrose (atrás, no meio) e Kip Thorne (na frente, à esquerda), entre outros



Com Roger e sua esposa, Vanessa

Adotar essa definição como o critério para uma máquina do tempo tem a vantagem de que assim é possível usar o mecanismo de estrutura causal desenvolvido por mim e Roger Penrose para estudar singularidades e buracos negros. Mesmo sem utilizar as equações de Einstein, fui capaz de mostrar que, de maneira geral, um horizonte de Cauchy finitamente gerado conterá um raio de luz fechado, ou um raio de luz que voltará sempre ao mesmo ponto. Além disso, toda vez que a luz der a volta, ela irá apresentar um desvio para o azul cada vez maior, de forma que as imagens ficarão cada vez mais azuis. É possível que os raios de luz se tornem suficientemente desfocados em cada volta de modo que a energia da luz não aumente e se torne infinita. Porém, o desvio para o azul significará que uma partícula de luz terá apenas uma história finita, como definido pela própria medida de tempo, embora ela dê voltas e mais voltas em uma região finita e não esbarre em uma singularidade de curvatura.

Talvez ninguém se importe que uma partícula de luz complete sua história num tempo finito. Mas também fui capaz de provar que haveria trajetórias se movendo a uma velocidade inferior à da luz e com duração apenas finita. Essas poderiam ser as histórias de observadores que teriam ficado presos em uma região finita antes do horizonte de Cauchy e dariam voltas e mais voltas cada vez mais rápidas até alcançarem a velocidade da luz em um tempo finito.

Então, se um lindo alienígena em um disco voador convidar você para entrar em sua máquina do tempo, tenha cuidado. Você pode cair e ficar preso numa dessas histórias repetitivas de duração apenas finita.

* * *

COMO JÁ afirmei, esses resultados não dependem das equações de Einstein, mas da maneira como o espaço-tempo teria de ser deformado para produzir curvas do tipo tempo fechadas numa região finita. Porém, é possível perguntar agora: de que tipo de matéria uma civilização avançada necessitaria para deformar o espaço-tempo de maneira a construir uma máquina do tempo de tamanho finito? Poderia ela ter densidade de energia positiva em toda parte, como no espaço-tempo de corda cósmica? Pode-se imaginar que seria possível construir uma máquina do tempo finita com laços finitos de corda cósmica e ter a densidade de energia positiva em toda parte. Sinto decepcionar aqueles que querem voltar ao passado, mas isso não pode ser feito com densidade de energia positiva em toda parte. Provei que para construir uma máquina do tempo finita precisamos de energia negativa.

Na teoria clássica, todos os campos fisicamente razoáveis obedecem à condição de energia fraca, que afirma que a densidade de energia para qualquer observador é superior ou igual a zero. Portanto, máquinas do tempo de tamanho finito são descartadas na teoria clássica pura. Porém, a situação é diferente na teoria semiclássica, na qual consideram-se campos quânticos em um fundo de espaço-tempo

clássico. O princípio de incerteza da teoria quântica significa que os campos estão sempre flutuando para cima e para baixo, mesmo no espaço aparentemente vazio. Essas flutuações quânticas tornam a densidade de energia infinita. Assim, é necessário subtrair uma quantidade infinita para obter a densidade de energia finita que se observa. De outro modo, a densidade de energia curvaria o espaço-tempo, reduzindo-o a um único ponto. Essa subtração pode deixar o valor esperado da energia negativo, ao menos localmente. Mesmo no espaço plano, podemos encontrar estados quânticos nos quais o valor esperado da densidade de energia é negativo localmente, embora a energia total integrada seja positiva.

Podemos nos perguntar se esses valores esperados negativos de fato fazem com que o espaço-tempo se deforme da maneira apropriada. Mas parece que sim. O princípio de incerteza da teoria quântica permite que partículas e radiação vazem para fora de um buraco negro. Isso faz com que o buraco negro perca massa, evaporando assim lentamente. Para que o horizonte do buraco negro diminua em tamanho, a densidade de energia no horizonte tem de ser negativa e deformar o espaço-tempo para fazer com que raios de luz divirjam uns dos outros. Se a densidade de energia fosse sempre positiva e deformasse o espaço-tempo de maneira a curvar os raios na direção uns dos outros, a área do horizonte de um buraco negro só poderia crescer com o tempo.

A evaporação de buracos negros mostra que o tensor energia-momento quântico da matéria é capaz de, às vezes, deformar o espaço-tempo na direção necessária para a construção de uma máquina do tempo. Pode-se imaginar, portanto, que uma civilização muito avançada seria capaz de fazer com que o valor esperado da densidade de energia fosse suficientemente negativo para formar uma máquina do tempo que pudesse ser usada por objetos macroscópicos.

Mas há uma diferença importante entre o horizonte de um buraco negro e o horizonte em uma máquina do tempo, que contém raios de

luz fechados que ficam dando voltas e mais voltas. Isso tornaria a densidade de energia infinita, o que significaria que uma pessoa ou uma espaçonave que tentasse cruzar o horizonte para entrar na máquina do tempo seria aniquilada por uma rajada de radiação. Talvez isso seja um alerta da natureza de que não se deve intervir no passado.

De forma que o futuro parece negro para a viagem no tempo, ou será que eu deveria dizer que parece ofuscantemente branco? No entanto, o valor esperado do tensor de energia-momento depende do estado quântico dos campos ao fundo. Poderíamos especular que seriam possíveis estados quânticos onde a densidade de energia fosse finita no horizonte, e há exemplos em que é esse o caso. Como se alcança tal estado quântico, e se ele seria estável contra objetos cruzando o horizonte, não sabemos. Mas é possível que ele esteja ao alcance das capacidades de uma civilização avançada.

Essa é uma questão que os físicos deveriam poder discutir livremente sem serem alvo de risos ou de desdém. Mesmo que viajar no tempo acabe se revelando algo impossível, é importante que entendamos *por que* é impossível.

Não sabemos muito sobre a teoria da gravidade completamente quantizada. Porém, pode-se supor que ela difira da teoria semiclássica apenas no comprimento de Planck, a milionésima bilionésima bilionésima bilionésima parte de um centímetro. Flutuações quânticas do fundo do espaço-tempo podem muito bem criar buracos de minhoca e viagens no tempo em escala microscópica, mas de acordo com a teoria geral da relatividade, corpos macroscópicos não serão capazes de regressar ao seu passado.

Mesmo que uma nova teoria seja descoberta no futuro, não acho que viajar no tempo algum dia será possível. Se fosse, a essa altura já teríamos sido invadidos por turistas vindos de lá.

12
TEMPO IMAGINÁRIO

ENQUANTO ESTÁVAMOS NO CALTECH, visitamos Santa Barbara, que fica a duas horas de carro pelo litoral. Lá, trabalhei com meu amigo e colaborador Jim Hartle em uma nova maneira de calcular como as partículas seriam emitidas por um buraco negro, adicionando todas as trajetórias possíveis que a partícula poderia seguir para escapar do buraco. Descobrimos que a probabilidade de que a partícula fosse emitida por um buraco negro estava relacionada à probabilidade de que caísse no buraco, da mesma forma que as probabilidades de emissão e absorção estão relacionadas para um corpo quente. Isso mostrou mais uma vez que buracos negros se comportam como se tivessem uma temperatura e uma entropia proporcionais à área de seu horizonte.

Nosso cálculo utilizou o conceito de tempo imaginário, que pode ser visto como uma direção do tempo em ângulos retos com o tempo real comum. Quando retornei a Cambridge, desenvolvi ainda mais essa ideia com dois de meus ex-alunos de pesquisa, Gary Gibbons e Malcolm Perry. Substituímos o tempo comum pelo tempo imaginário. Isso se chama abordagem euclidiana, pois faz com que o tempo se torne uma quarta direção do espaço. Ela encontrou muita resistência no início, mas hoje em dia é geralmente aceita como a melhor maneira de se estudar a gravidade quântica. O espaço euclidiano de tempo no buraco negro é liso e não contém qualquer singularidade na qual as equações da física sofreriam uma ruptura. Ele resolveu o problema fundamental que os teoremas de singularidade, meus e de Penrose, haviam levantado: que a previsibilidade colapsaria por causa da singularidade. Usando a abordagem

euclidiana, fomos capazes de entender as razões profundas pelas quais os buracos negros se comportavam como corpos quentes e tinham entropia. Eu e Gary também mostramos que um universo que se expandia a uma taxa em constante aceleração se comportaria como se tivesse uma temperatura efetiva tal qual a de um buraco negro. Na época, pensamos que essa temperatura nunca poderia ser observada, mas sua importância se tornou aparente quatorze anos mais tarde.



Com Don Page (no alto, à esquerda), Kip Thorne (abaixo, à esquerda) e Jim Hartle (abaixo, à direita), entre outros

EU ESTIVERA trabalhando sobretudo com buracos negros, mas meu interesse em cosmologia se renovou com as indicações de que o universo primitivo havia passado por um período de expansão inflacionária. Seu tamanho teria aumentado a uma taxa cada vez mais acelerada, da mesma forma que os preços sobem nas lojas. Em 1982, usando métodos euclidianos, mostrei que tal universo se tornaria ligeiramente não uniforme. Resultados semelhantes foram obtidos pelo cientista russo Viatcheslav Mukhanov mais ou menos na mesma época, porém no Ocidente só se soube disso mais tarde.

Essas não uniformidades podem ser consideradas resultado de flutuações térmicas devido à temperatura efetiva em um universo inflacionário que eu e Gary Gibbons havíamos descoberto oito anos antes. Diversas outras pessoas fizeram mais tarde previsões semelhantes. Realizei um workshop em Cambridge, com a presença das pessoas mais importantes desse campo, e estabelecemos a maior parte da nossa imagem atual da inflação, incluindo as flutuações de densidade, de suma importância, que dão origem à formação de galáxias, e, dessa forma, à nossa existência.

Isso se deu dez anos antes que o satélite Cosmic Background Explorer (Cobe) registrasse diferenças no fundo de micro-ondas em diferentes direções produzidas pelas flutuações de densidade. De forma que mais uma vez, no estudo da gravidade, a teoria estava à frente da experimentação. Essas flutuações foram mais tarde confirmadas pela sonda Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) e pelo satélite Planck, e descobriu-se que estavam totalmente de acordo com as previsões.

* * *

O CENÁRIO original para a inflação era de que o universo começou com uma singularidade do Big Bang. À medida que o universo se expandia, ele devia de alguma forma entrar num estado inflacionário. Achei que essa era uma explicação insatisfatória, pois todas as equações colapsariam na singularidade, como já discutimos antes. Mas, a menos que se soubesse o que saiu da singularidade original, não se poderia calcular como o universo se desenvolveria. A cosmologia não teria qualquer poder de previsão. O que era necessário era um espaço-tempo sem uma singularidade, como na versão euclidiana do buraco negro.

* * *

DEPOIS DO workshop em Cambridge, passei o verão no Instituto de Física Teórica, em Santa Barbara, que tinha acabado de ser criado. Conversei com Jim Hartle sobre como aplicar a abordagem euclidiana

à cosmologia. Segundo a abordagem euclidiana, o comportamento quântico do universo é dado por histórias múltiplas de Feynman no tempo imaginário. Como o tempo imaginário se comporta como mais uma direção no espaço, as histórias no tempo imaginário podem ser superfícies fechadas, como a superfície da Terra, sem início ou fim.

Eu e Jim decidimos que essa era a escolha mais natural, na realidade a única escolha natural. Nós formulamos a proposta sem fronteira: que a condição de contorno do universo é que ele é fechado e sem fronteira. Segundo a proposta sem fronteira, o início do universo foi como o polo sul da Terra, com graus de latitude assumindo a função de tempo imaginário. O universo começaria como um ponto no polo sul. À medida que nos movemos para o norte, os círculos de latitude constante, representando o tamanho do universo, se expandiriam. Perguntar o que aconteceu antes do começo do universo se tornaria assim uma questão sem sentido, já que não há nada ao sul do polo sul.

O tempo, medido em graus de latitude, teria um começo no polo sul, mas o polo sul é muito semelhante a qualquer outro ponto do globo. As mesmas leis da natureza que vigoram no polo sul vigoram em outras partes. Isso removeria aquela objeção secular a que o universo tenha um começo — que seria um lugar onde as leis normais colapsavam. O começo do universo seria, ao contrário, governado pelas leis da ciência. Havíamos contornado a dificuldade científica e filosófica de que o tempo tivesse um começo, transformando-o em uma direção no espaço.

A condição sem fronteira implica que o universo seja espontaneamente criado a partir do nada. A princípio, parecia que a proposta sem fronteira não previa inflação o bastante, mas depois me dei conta de que a probabilidade de dada configuração do universo tem de ser ponderada pelo volume da configuração. Recentemente, Jim Hartle, Thomas Hertog (outro ex-aluno) e eu descobrimos que há

uma dualidade entre universos inflacionários e espaços que têm curvatura negativa. Isso permite que formulemos a proposta sem fronteira de um jeito novo e que usemos os consideráveis mecanismos técnicos que foram desenvolvidos para tais espaços. A proposta sem fronteira prevê que o universo começa quase completamente liso, mas com alguns minúsculos desvios. Esses desvios crescem à medida que o universo se expande, e levarão à formação de galáxias, estrelas e todas as outras estruturas do universo, incluindo seres vivos. A condição sem fronteira é a chave da criação, a razão pela qual estamos aqui.

13
SEM FRONTEIRAS

QUANDO EU TINHA VINTE E UM ANOS e contraí esclerose lateral amiotrófica, achei muito injusto. Por que aquilo tinha de acontecer comigo? Na época, pensei que minha vida tivesse terminado e que nunca concretizaria o potencial que acreditava possuir. Mas hoje, cinquenta anos depois, estou bastante satisfeito com minha vida. Fui casado duas vezes e tenho três filhos lindos e bem-sucedidos. Tive sucesso na minha carreira científica: acho que a maioria dos físicos teóricos concordaria que a minha previsão de emissão quântica de buracos negros está correta, embora ela ainda não tenha me valido um Prêmio Nobel, porque é muito difícil de verificá-la experimentalmente. Por outro lado, ganhei o ainda mais valioso Fundamental Physics Prize, que me foi dado pela importância teórica da descoberta, apesar de ela não ter sido confirmada por experimentos.

Minha deficiência não foi um obstáculo sério no meu trabalho científico. Inclusive, acho que de certa forma foi uma vantagem: não tive de dar palestras ou aulas a estudantes de graduação, nem precisei participar de tediosos comitês que consomem muito tempo. Dessa forma, pude me dedicar por completo à pesquisa.

Para os meus colegas de trabalho, sou apenas mais um físico, mas para o público em geral, me tornei possivelmente o cientista mais famoso do mundo. Isso se deve em parte ao fato de que, com a exceção de Einstein, cientistas não são astros de rock conhecidos por todos, e em parte porque me encaixo no estereótipo do gênio deficiente. Não posso me disfarçar com uma peruca e óculos escuros — a cadeira de rodas me denuncia.

Ser famoso e facilmente reconhecível tem seus prós e contras. Os contras são o fato de que pode ser difícil fazer coisas comuns, como ir às compras sem ser importunado por pessoas querendo tirar fotos, e de que no passado a imprensa se interessou de maneira pouco saudável pela minha vida pessoal. Mas os contras são mais do que compensados pelos prós. As pessoas parecem genuinamente felizes em me ver. Tive a maior audiência da minha vida quando apresentei os Jogos Paralímpicos em Londres, em 2012.



Apresentando os Jogos Paralímpicos em 2012

Tive e tenho uma vida completa e prazerosa. Acredito que pessoas com deficiências devem se concentrar nas coisas que a desvantagem não as impede de fazer, e não lamentar as que são incapazes de realizar. No meu caso, consegui fazer quase tudo o que queria. Viajei bastante. Visitei a União Soviética sete vezes. Da primeira vez, fui com um grêmio estudantil em que um dos membros, um batista, queria distribuir Bíblias em russo e nos pediu para entrar com elas clandestinamente. Conseguimos fazer isso sem sermos pegos, mas, quando chegou a hora de irmos embora, as autoridades já tinham

nos descoberto e nos detiveram por um tempo. Porém, nos acusar de contrabandear Bíblias teria causado um incidente internacional, além de publicidade desfavorável, de forma que nos liberaram após algumas horas. As outras seis visitas foram para encontrar com cientistas russos que na época não tinham autorização para vir ao ocidente. Com o fim da União Soviética, em 1990, muitos dos melhores cientistas trocaram-na pelo ocidente, de modo que não vou à Rússia desde então.



Visitando o Templo do Céu, em Pequim

Também visitei o Japão seis vezes, a China três vezes, e todos os continentes, incluindo a Antártica, com exceção da Austrália. Conheci os presidentes de Coreia do Sul, China, Índia, Irlanda, Chile e Estados Unidos. Dei palestras no Grande Salão do Povo em Pequim e na Casa Branca. Estive debaixo do mar em um submarino, no céu

em um balão e num voo com gravidade zero, e marquei de ir ao espaço com a empresa Virgin Galactic.



Conhecendo a rainha Elizabeth II com minha filha, Lucy



Experimentando a gravidade zero

Meus primeiros trabalhos mostraram que a relatividade geral clássica colapsava nas singularidades do Big Bang e dos buracos negros. Minhas pesquisas posteriores mostraram como a teoria quântica pode prever o que acontece no começo e no fim do tempo. Tem sido um período glorioso para se viver e fazer pesquisa no campo da física teórica. Fico feliz se acrescentei algo ao nosso conhecimento do universo.

CRÉDITOS DAS IMAGENS

Cortesia de Mary Hawking: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (abaixo), 10, 11

Cortesia de Stephen Hawking: 1, 2 (acima), 3, 4 (abaixo), 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 (abaixo)

National Archives and Record Administration

Herts Advertiser

Gillman & Soame: 1, 2, 3, 4, 5

Suzanne McClenahan

Lafayette Photography

John McClenahan

Cortesia dos Arquivos do Instituto de Tecnologia da Califórnia: 1, 2

Bernard Carr: 1 (acima), 2

Judith Croasdell

Zhang Chao Wu

Alpha/Globe Photos, Inc.

Steve Boxall

SOBRE O AUTOR



STEPHEN HAWKING foi professor lucasiano da Universidade de Cambridge durante trinta anos, uma das cátedras de matemática de maior prestígio do mundo, posição já ocupada por Isaac Newton. Considerado um dos físicos mais importantes da história, recebeu inúmeros prêmios e honrarias, incluindo, mais recentemente, a Medalha Presidencial da Liberdade. Seus livros para o público geral incluem o clássico *Uma breve história do tempo*, a coletânea de ensaios *Buracos negros, universos-bebês*, *O universo numa casca de noz*, *Uma nova história do tempo* e *O grande projeto*.