

Yenant Terzian e Elizabeth Bilson Organizadores)

O Universo de Carl Sagan

Tradução Claudia Bentes

EDITORA

Unb

IMPRENSA

OFICIAL

#Equipe editorial: Airton Lugarinho (Supervisão editorial); Rejane de Meneses (Acompanhamento editorial); Sarah Ribeiro Pontes (Preparação de originais); Mauro Caixeta

de Deus e Sarah Ribeiro Pontes (Revisão);

Rejane de Meneses e Yana Palankof (Índice); Raimunda Dias (Editoração eletrônica); Márcio Duarte Macedo (Capa)

Título original: Carl Sagan s Univers

Copyright © 1997 by Cambridge University Press

Copyright © 2001 by Editora Universidade de Brasília, pela tradução

Impresso no Brasil

Direitos exclusivos para esta edição:

Editora Universidade de Braslia Imprensa Oficial do Estado

SCS Q. 02 Bloco C ?78 Rua da Mooca, 1921

Ed. OK 2° andar 03103-902 - São Paulo, SP

70300-500 Braslia DF Tel: (Oxx 11) 6099-9446

Tel: (Oxx61) 226-6874 Fax: (Oxx 11) 6692-3503

Fax: (Oxx61)225-5611 imprensaocial@imprensaoficial.com.br

editora@unb.br SAC 0800-123401

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser armazenada ou reproduzida por qualquer meio sem a autorização por escrito da Editora.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília

O Universo de Carl Sagan / Yervant Terzian e Elizabeth Bilson ijo (orgs.); tradução de Claudia Bentes. - Braslia : Editora Universidade de Brasília :

São Paulo : Imprensa Oficial do Estado, 2001

324 p.

ISBN: 85-230-0625-7

1. Astronomia descritiva. 2. Carl Sagan. I. Terzian, Yervant. II. Bilson, Elizabeth. 111. Bentes, Claudia.

CDU 523

#Sumário

LISTA DE COLABORADORES, 7 PREFÁCIO, 9

Yervanf Terzian e Elizabeth M. Bilson

Exploração planetária

. POR OCASIÃO DO 60° ANIVERSÁRIO DE CARL SAGAN, 15

Wesley T. Huntress, Jr.

2. A BUSCA PELAS ORIGENS DA VIDA: A EXPLORAÇÃO AMERICANA DO SISTEMA SOLAR, 1962-1994, 21 Edward C. Stone

3. DESTAQUES DO PROGRAMA PLANETÁRIO RUSSO, 41

Roald Sagdeev

4. DA OCULAR AO PRIMEIRO SAETO: A BUSCA POR VIDA EM MARTE, 49

Bruce Mnrra\

Vida no Cosmo

5. MEIO AMBIENTE DA TERRA E DE OUTROS MUNDOS, 67

Owen B. Too

6. A ORIGEM DA VIDA EM UM CONTEXTO CÓSMICO, 81

Christopher F. Chyba

1. IMPACTOS E VIDA: VIVENDO EM UM SISTEMA PLANETÁRIO EM RISCO, 93

David Morrison
8. INTELIGÊNCIA EXTRATERRESTRE: O SIGNIFICADO DA PESQUISA, 105
Frank D. Drae
9. INTELIGÊNCIA EXTRATERRESTRE: OS PROGRAMAS DE PESQUISA, 117
Paul Horowitz
10. AS LEIS DA FÍSICA PERMITEM BURACOS DE MINHOCA PARA VIAGEM INTERESTELAR MÁQUINAS DO TEMPO?, 141
Kip S. Thorne
Interlúdio
11. A ERA DA EXPLORAÇÃO, 163
Carl Sagan
#O ensino da ciência
12. A CIÊNCIA PRECISA SER POPULARIZADA?, 185
Ann Druyan
13. CIÊNCIA E PSEUDOCIÊNCIA, 193
James Randi
14. O ENSINO DA CIÊNCIA EM UMA DEMOCRACIA, 201
Philip Morrison
15. A APRESENTAÇÃO VISUAL DA CIÊNCIA, 213
Jon Lomberg
16. CIÊNCIA E IMPRENSA, 229
Walter Anderson
17. CIÊNCIA E ENSINO, 235 BUI G. Aldridge
Ciência, meio ambiente e política pública
18. A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E PODER, 245
Richard L. Garwin
19. UM MUNDO LIVRE DA AMEAÇA NUCLEAR?, 253
Georgi Arbatov
20. CARL SAGAN E o INVERNO NUCLEAR, 265 Richard P. Turco
21. O ENTENDIMENTO PÚBLICO SOBRE A MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL, 273
James Hansen
22. CIÊNCIA E RELIGIÃO, 281
Joan B. Campbell
23. DISCURSO EM HOMENAGEM A CARL SAGAN, 289
Frank Press
Epílogo
24. CARL SAGAN AOS SESSENTA, 301
Frank H. T. Rhodes ÍNDICE, 305
#Lista de colaboradores
Bill G Aldridge
Diretor, Soluções de Educação em Ciência Vice-Presidente, Airbone
Research and Services
Walter Anderson
Editor, Parade Publications
James Hansen
Diretor, Instituto Goddard da NASA para Estudos Espaciais
Paul Horowitz
Professor de Física Universidade de Harvard
Georgi Arbatov
Diretor Emérito e Presidente da Junta Governante. Instituto de Estudos
Americanos e Canadenses Academia Russa de Ciências
Elizabeth M. Bilson
Diretora Administrativa, Centro de Radiofísica e Pesquisa Espacial,
Universidade de Cornell Organizadora deste volume
Joan B. Campbell
Secretária-Geral, Conselho Nacional das Igrejas de Cristo
Christopher F. Chyba

Professor Assistente, Departamento de Ciências Planetárias, Universidade do Arizona
Frank D. Drake
Professor de Astronomia, Universidade da Califórnia em Santa Cruz
Ann Druyan
Secretária, Federação de Cientistas Americanos
Richard L. Garwin
Adjunto Emérito da IBM Divisão de Pesquisa da IBM
Wesley T. Huntress, Jr.
Administrador Associado para Ciência Espacial, sede da NASA
Jon Lomberg
Conselheiro Sênior Sociedade Planetária
David Morrison
Chefe, Divisão de Ciência Espacial Centro de Pesquisa Ames da NASA
Philip Morrison
Professor Universitário Emérito Instituto Massachusetts
Bruce Murray
Professor de Ciências Planetárias Divisão de Ciências Geológicas e Planetárias, Instituto de Tecnologia da Califórnia
Frank Press
Membro Sênior do Conselho, Instituição Carnegie de Washington
James Randi
Plantafion, Flórida
Frank h. T. Rhodes
Presidente Emérito Universidade de Comel
#Carl Sagan
Professor de Astronomia de David Duncan e Diretor do Laboratório para Estudos Planetários da Universidade de Cornell
Roald Sagdeev
Professor de Física e Diretor do Centro Leste-Oeste de Pesquisa da Universidade de Maryland
Edward C. Stone
Diretor, Laboratório de Propulsão a Jato, Instituto de Tecnologia da Califórnia/ LPJ
Yervant Terzian
Professor de Ciências Físicas de James A. Weeks; Chefe, Departamento de Astronomia, Universidade de Cornell Organizador deste volume
Kip S. Thorne
Professor de Richard Feynman e Professor de Física Teórica, Instituto de Tecnologia da Califórnia
Owen B. Toon
Cientista Sênior, Divisão de Ciência da Terra, Centro Ames de Pesquisa da NASA
Richard P. Turco
Professor de Ciências Atmosféricas Departamento de Física Atmosférica e Instituto de Geofísica e Física Planetária, Universidade da Califórnia, Los Angeles.
#Prefácio
Quando Carl Sagan veio para Comei em 1968, ele era jovem, brilhante e ambicioso. Não era muito diferente de outros calouros da faculdade. Mas Sagan tinha um ponto de vista peculiar e um propósito bem definido. Ele era fascinado pela ciência e, em particular, pela astronomia; ele acreditava que as questões-chave relativas às

origens da vida e à existência de vida em outro lugar poderiam ser confrontadas pelo pensamento racional combinado com pesquisa e observação astutas. Mais tarde, ele se convenceu de que aquilo que sabia, e no que acreditava, assim como o que esperava descobrir, realmente precisava ser comunicado aos elaboradores de política pública, bem como ao grande público em geral. Ele reconheceu que em uma sociedade tecnológica (ou em uma sociedade avançada nesse sentido) a ciência é essencial para tomar decisões bem fundamentadas.

Por quase três décadas, vimos Carl Sagan perseguir seu objetivo com grande dedicação e com um sucesso espetacular. Ele desempenhou um papel de liderança no programa espacial americano desde o seu início. Deu instruções aos astronautas da Apollo antes do voo à Lua, e conduziu as experiências nas expedições Mariner, Viking, Voyager e Galileu aos planetas. Ele ajudou a solucionar os mistérios da alta temperatura de Vênus, com base em um enorme efeito estufa; explicou que as mudanças sazonais em Marte eram causadas por poeira carregada pelo vento e provou que a névoa alaranjada de Titã era devida a moléculas orgânicas em sua atmosfera. Foi consultor e conselheiro, bem como um importante porta-voz da NASA (National Aeronautics and Space Administration) e de toda a comunidade científica no Congresso e na mídia.

Ele conseguiu voltar a atenção pública para assuntos ambientais e outros extremamente importantes, tais como o Inverno Nuclear. Foi um dos cientistas-chave que organizou e inspirou programas em busca de inteligência extraterrestre. Sagan tornou-se um autor de best-sellers no mundo todo, de livros que popularizaram a ciência e seu significado para a humanidade. Em 1978, recebeu o Prêmio Pulitzer por *Os dragões do Éden*. Em 1980, apresentou a série de televisão *Cosmos*, que foi vista por 500 milhões de espectadores em sessenta países. Essa série de treze capítulos quebrou todos os recordes anteriores em termos de audiência e teve um grande impacto sobre as pessoas em todos os lugares. Foi um estudo magnífico sobre o surgimento e o desenvolvimento da vida, da civilização e da ciência na Terra. O livro que veio logo em seguida, *Cosmos*, ficou na lista dos mais vendidos do *The New York Times* por setenta semanas e teve 42 impressões na edição americana, mais 31 edições estrangeiras.

Sagan foi o mais conhecido e popular escritor e educador em ciência do século XX. Em Cornell, uma palestra de Sagan era capaz de lotar qualquer auditório; havia uma competição acirrada entre os estudantes para conseguir se matricular em uma de suas aulas, que tinham número limitado de participantes. Muitos dos mais produtivos cientistas planetários que trabalham hoje foram alunos e associados de Sagan. Ele era um palestrante muito procurado no mundo todo, não só por haver bastante interesse nos assuntos que ele discutia, mas também por causa de seu extraordinário dom de falar em público, atingindo, educando e até mesmo divertindo qualquer plateia na

face da Terra.

Em 1980, Sagan e Bruce Murray formaram a Sociedade Planetária, dedicada à exploração do Sistema Solar, à busca de planetas ao redor de outras estrelas e à busca

de vida e inteligência extraterrestres no Universo. A Sociedade, tendo Sagan como seu primeiro presidente, conta atualmente com mais de 100 mil membros no mundo

todo. O que Sagan escreveu sobre seus objetivos é o que melhor expressa suas aspirações e filosofia pessoal:

descobrir e explorar novos mundos e buscar nossas contrapartes nas profundezas do espaço - esses são objetivos de proporções

míticas. Eles estão agora no reino da

sóbria realidade científica graças aos enormes avanços tecnológicos das últimas duas décadas. Perseguir esse esforço em benefício da espécie humana é um marco de

nossa dedicação a um futuro de esperança.

Aos sessenta anos, Carl Sagan continuava o mesmo batalhador persistente e sonhador que era quando um jovem cientista. Seus livros sucediam-se uns aos outros rapidamente

e ele estava se preparando para produzir um filme baseado em seu romance Contato? Nos seus laboratórios, eram realizados experimentos simulando a atmosfera de Júpiter,

as condições em Titã, entre outros para aprender mais sobre a origem da vida em nosso próprio planeta.

Para celebrar o sexagésimo aniversário de Carl Sagan, a Universidade de Cornell organizou um simpósio dedicado a seu trabalho. Tal reunião aconteceu em outubro de

1994, no campus de Cornell, e teve a participação de mais de 300 cientistas, educadores, amigos e familiares, vindos do mundo todo. Os ensaios deste livro foram

apresentados

em sua homenagem no simpósio. Os quatro temas gerais, I. Exploração Planetária; II. A vida no Cosmos; III. Ensino da Ciência; e IV. Ciência, Meio Ambiente e Política

Pú-

' Sua primeira edição foi da Editora Univesidade de Brasília com a Editora Francisco Alves.

(N. do E.)

2 Finalmente lançado em 998, após a morte de Sagan. (N. do R.T.)

#0 Universo de Carl Saan_____n

blica, foram discutidos por uma gama de famosos palestrantes e evidenciam os interesses e o envolvimento de Carl Sagan nas últimas décadas.

O trabalho de Carl Sagan inspirou e motivou inúmeros jovens, pelo mundo todo, a seguir a ciência. Durante o banquete do simpósio, um jovem estudante de Niamey, Nigéria,

Hamadou Seini, contou como a influência de Sagan fez com que ele organizasse o "Clube de Astronomia Carl Sagan", em Niamey. Uma caloura de Cornell, Baquera Haidri,

falou de sua atração pela ciência e por Cornell por causa do trabalho de Sagan, Contato, com as seguintes palavras:

... Em sua mão, bem fechada, estava uma brochura gasta, tendo em seu interior a mais bela história que ela já lera - uma fábula de aventureiros chamados cientistas,

de batalhas e vitórias, de vida e de uma inimaginável e maravilhosa viagem a um lugar não só sem nossa presença, mas dentro de todos nós. E foi como se, de repente,

essa garotinha, que esperara a vida toda para tocar naqueles pontinhos do infinito, tivesse feito Contato.

O simpósio Sagan, cujas atas aparecem neste volume, foi patrocinado pelo Departamento de Astronomia da Universidade de Cornell, pelo Comitê Novo Milênio da Sociedade

Planetária e pela revista Parade. Também gostaríamos de agradecer a Andrea Bannett, Sharon Faletta e Laurel Parker por sua cooperação e assistência; e Ann Druyan,

Peter Gierasch e Ed Salpeter por seus inestimáveis conselhos. Somos gratos a Mary Roth por sua transcrição das atas e sua inestimável ajuda na editoração.

Alguns meses depois do sexagésimo aniversário de Sagan, foi diagnosticado que ele tinha uma doença rara, mielodisplasia. Sagan lutou contra a doença com indestrutível

coragem e otimismo por quase dois anos. Em 20 de dezembro de 1996 ele faleceu, em consequência de uma pneumonia, no Centro de Pesquisa em Câncer Fred Hutchinson, em Seattle, onde havia feito um transplante de medula e recebido tratamentos de acompanhamento.

Carl Sagan foi cremado em Ithaca, no dia 23 de dezembro de 1996. Ele foi lembrado e pranteado no mundo todo. Seus familiares, amigos, colegas e todos aqueles a quem

ele tocou com seus escritos, palestras, discursos e programas de televisão sentirão muitas saudades dele por muito tempo ainda.

Yervant Terzian Elizabeth M. Bilson Janeiro de 1997 Ithaca, NY

#Exploração planetária

#Por ocasião do 60º aniversário de Carl Sagan

WESLEY T. HUNTRESS, JR.

Sede da NASA, Washington, D.C.

Carl Sagan tem sessenta anos e a Era Espacial tem apenas 37. A figura de Carl está tão ligada à Era Espacial que é difícil crer que os dois não tenham nascido juntos.

Nesses 37 anos da Era Espacial, Carl tem sido único, o mais reconhecido missionário da ciência trazendo as ideias, o estímulo e a aventura da exploração espacial

ao público em geral. Uma coisa que Carl tem feito muito bem em sua carreira é levar tanto o cientista quanto o leigo a pensar, principalmente pensar sobre a ciência

e a exploração espacial em um contexto histórico e social muito mais abrangente. Ele nos fez pensar sobre o que há de tão fascinante na exploração espacial para

os seres humanos, bem como o porquê de o investimento no espaço ser tão importante para nosso futuro.

No decorrer de sua longa carreira científica, literária e pública, creio que o maior feito de Carl seja o fato de ele ter se

tornado para muitos americanos um ícone

da ciência moderna. Para muitos neste planeta, Carl é a personificação da ciência e exploração espaciais. Atingiu milhões de pessoas com seus artigos, suas aparições

na televisão e seus livros. Explicou a ciência e sua importância para diversos públicos. Pelo mundo todo, Carl levou a mensagem de que a divulgação da ciência é

crucial para seu sucesso. Carl percebeu, há muito tempo, que os cientistas têm a responsabilidade de participar da sociedade. Os cientistas não podem mais continuar

trancados em seus laboratórios e escritórios, divorciados do resto do mundo. Carl reconheceu logo no início de sua carreira que as descobertas científicas têm valor apenas se forem compartilhadas. Ele entendeu, mais do que a maioria dos cientistas, que a ciência só pode continuar a prosperar se o público puder participar do seu estímulo e, assim, apoiar sua continuação. Houve muitos na comunidade científica que não apreciaram totalmente o valor que a abordagem de Carl trouxe para a iniciativa científica. A verdade é que precisamos de muitos mais como ele.

Os capítulos deste livro refletem, de forma clara, o papel que Carl desempenhou na promoção da ciência e do processo científico. Começam com uma sessão sobre "Exploração Planetária", o campo no qual ele se envolveu como cientista atuante durante quase toda a sua carreira científica, inclusive desempenhando importantes papéis nas missões Viking e Voyager. Depois vêm os capítulos sobre "Vida no Cosmo", uma área da ciência com a qual Carl está muito identificado (incluindo sua famosa série de televisão, Cosmos). Haverá um capítulo escrito por Carl sobre "A Era da Exploração", permitindo que ele insira a ciência em um contexto mais abrangente de história, o que ele também fez muitas vezes e sempre para nosso crescimento. Há mais duas sessões, uma sobre "O ensino da Ciência" e uma sobre "Ciência, Meio Ambiente e Política Pública". Essas são áreas em que a ciência interage com o mundo mais abrangente no qual se move. Como já disse Carl foi um líder nessas áreas. Além disso, algumas das maiores realizações de Carl até hoje envolveram a separação entre ciência e pseudociência, outro tópico que será tratado neste livro. Sempre encontrei muita inspiração no que Carl tem a dizer. Cresci no meio da exploração espacial, ouvindo e absorvendo os pensamentos de Carl sobre nossa aventura.

Então, seguem alguns de meus próprios pensamentos sobre o que é o empreendimento da exploração espacial e sobre uma perspectiva para o próximo século. Minha própria visão pode não ser única, mas contém os pensamentos de um companheiro de viagem de Carl pelos caminhos da mente que nos levam para fora do planeta Terra.

Então o que é isso, essa ideia de exploração espacial? Gostamos de falar sobre visão nesses dias - visão de um futuro. E simplesmente natural que à medida que nos aproximamos do final do século, tentemos conjurar uma visão sobre o futuro ao visualizarmos o horizonte do novo século. Para mim, a ideia sobre visão de futuro é ir para onde o corpo e a mente humanos ainda não viajaram. Por exemplo, imagine uma tribo humana primitiva há 20 mil anos confinada em seu pequeno território de caça/reunião. Em um determinado ponto, um indivíduo particularmente curioso viaja além do horizonte territorial visível da tribo e volta com novas descobertas e conhecimentos. Imediatamente, a base intelectual e de recursos da tribo se expande. Sua qualidade de vida e a chance de sobrevivência foram significativamente melhoradas.

Essa é a natureza da humanidade: explorar além de nossos horizontes, sejam eles territoriais, sociológicos, psicológicos, científicos ou tecnológicos. A humanidade

explora para descobrir, descobre para obter novos conhecimentos e ganha conhecimentos para melhorar a sua própria qualidade de vida. É vislumbrando além dos horizontes atuais que a civilização humana avança. As culturas voltam-se para si próprias e confinam-se em seus horizontes atuais, em última análise, para não se desenvolverem. Então, se hoje pudermos procurar o mais caro e desafiador dos horizontes humanos, certamente um deles é o espaço. O espaço não é somente um horizonte territorial. O espaço é também um horizonte intelectual e científico, definindo nosso entendimento sobre o Universo no qual vivemos. O espaço é um horizonte

#Por ocasião do 60º aniversário de Carl aan tecnológico, orientando o desenvolvimento de sensores e instrumentos; sistemas de informação; sistemas de computador; sistemas de comunicação, navegação, automação, robótica; e de diversas tecnologias que podem melhorar a qualidade de vida neste planeta.

O espaço é um horizonte sociológico, desafiando nosso conceito de humanidade e seu papel no Universo. Somos uma espécie presa à Terra ou devemos nos expandir fora do planeta? Para mim a resposta é auto-evidente. Entendermos o que está além de nosso horizonte planetário ajuda-nos a ser mais unidos como uma sociedade global em seu confinamento? Creio que sim. Lembrem-se da reação de todo o mundo à Be Marhie foto de nossa nave Terra, feita pela primeira sessão lunar da Apollo. Somos todos afetados pelo que acontece lá fora no aparentemente imutável vazio do espaço? Claro que somos. Nosso Sistema Solar e Universo não são estáticos, benignos, previsíveis, ambientes que trabalham de acordo com o relógio, como nossa visão imutável do céu à noite nos leva a crer. Os impactos do cometa ShoemakerLevy 9 sobre Júpiter devem ter enterrado tudo!

O espaço pode ser um horizonte econômico, porque 35 anos de exploração planetária provaram que há recursos no espaço. Tais recursos poderiam sustentar as viagens espaciais no futuro e, possivelmente, trazer benefício econômico também para as pessoas na Terra. O valor do espaço como horizonte econômico ainda está para ser provado, mas pelo menos hoje em dia podemos imaginar, com mais credibilidade, ideias tais como importarmos do espaço energia e equipamento, serviços de comunicação e até mesmo diversão e turismo. Considerações sobre a utilização de recursos in situ no espaço para a produção de combustível, oxigênio e outros bens de consumo tornaram-se uma característica real de nosso planejamento futuro para a exploração do espaço no século XXI.

O espaço tornou-se um horizonte político, fornecendo uma fronteira para a cooperação internacional. Na verdade, a exploração espacial sempre foi um horizonte político.

Primeiro para a competição internacional no final do século XX - agora destinada a ser o horizonte para a cooperação internacional no século XXI. O espaço é um território

puro, virgem implicitamente internacional. Muitas nações agora são capazes de participar da iniciativa da exploração espacial e o espaço está se

tornando o campo

de teste, uma grande comunidade, na qual o discurso sobre trabalho conjunto e cooperação é conduzido. Nós competimos uns com os outros, mas também cooperamos quando

a cooperação é de interesse de todos - muito parecido com a conquista da fronteira americana no século XIX.

E, assim, eu acredito que a exploração espacial gira em torno de expandir os horizontes. E o espaço será o horizonte de definição para a civilização no século XXI.

Estamos mudando de um século de confrontos militares e de hostilidades internacionais para um século de competição econômica com cooperação internacional. Ao passarmos

para o Novo Milênio, no século XXI, sairemos de uma era de exploração das últimas esferas de nosso planeta, que

Bolinha de gude, em inglês: em alegoria à forma da Terra, vista do espaço. (N. do R. T.)

#18 _____ Wesley T. Huntress, Jr.

começou no século XIX, para uma era de exploração do Sistema Solar e do Universo, que foi iniciada no século XX. Nossa obrigação na última década do século XX é

garantir que forneçamos as bases e os instrumentos para abrirmos um novo século de exploração do espaço quando atravessarmos a fronteira do Novo Milênio. Na última

década do século XX, precisamos firmar a base para os próximos 100 anos de exploração espacial no século XXI, da qual nossos filhos e os filhos deles desfrutarão.²

Na ciência espacial, há diversas metas que estabelecemos para nós mesmos a

fim de criar a base para nosso empreendimento no início do século XXI. Na exploração planetária,

necessitamos finalizar nossa pesquisa exploratória sobre o Sistema Solar com um voo a Plutão, o planeta que falta ser explorado com nossa nave espacial robótica.

Precisamos dar início a uma era de exploração de superfície para os corpos planetários mais acessíveis asteróides, cometas e Marte em especial. Também precisamos

criar um programa para detectar e estudar planetas ao redor das estrelas mais próximas para que possamos responder à pergunta que Carl apresentou no início da Era

Espacial: Está o nosso Sistema Solar e a vida no planeta Terra - sozinhos no Universo? Na astrofísica, precisamos criar os meios para completar a pesquisa inicial

do Universo por todo o espectro eletromagnético, dos raios gama ao submilímetro, e começar a responder a perguntas sobre a origem, a evolução e o destino do Universo,

das galáxias e das estrelas. Na física espacial, precisamos criar os meios para entender a conexão Sol-Terra, para responder a perguntas relativas ao fluxo de energia

do Sol para a atmosfera e à superfície da Terra e entender o efeito da variabilidade solar sobre a Terra.

Para fazer tudo isso no clima atual do orçamento federal, precisamos ter uma revolução na forma como fazemos ciência espacial. Precisamos nos afastar de uma era

na qual realizamos poucas, grandes e caras missões, utilizando muita mão-de-obra, para uma era com uma taxa de voos bem maior, de missões menores, mais baratas,

que utilizem menos mão-de-obra, usando novas tecnologias de pouca massa para aumentar a capacidade de massa-por unidade da nave espacial por ordens de magnitude.

Precisamos construir subsistemas de naves espaciais em chips de silicone de um grama em vez de construirmos sistemas gigantescos. Precisamos mudar da nave espacial

da classe de 2 mil quilos da última década, e da nave de 250 quilos de hoje em dia, para uma nave de 10 a 50 quilos na virada do século.

Precisamos de 50% de frações

de massa útil em vez de 15%. Em lugar de construirmos naves e determinarmos como interagir os instrumentos com ela, precisamos determinar quais são os instrumentos

necessários e fazê-los voar adicionando as funções de voo necessárias de forma completamente integrada - um conceito que recentemente recebeu o nome de "arte da ciência".

É aí que a ciência espacial precisa estar enquanto entramos no Novo Milênio. A meu ver, a missão da iniciativa de exploração espacial deste país, resumido ao máximo,

é explorar o Universo, procurar novos planetas e buscar por vida em outros lugares da Galáxia. Na realização dessa missão é neces-

Este livro foi publicado originalmente em 1997. (N. do E.)

_____ Por ocasião do 60º aniversário de Carl Saan _____
sário que usemos naves de órbita terrestre para desenvolver os meios de compreensão dos processos de sustentação da vida neste planeta; precisamos fazer viagens

robóticas além da Terra, em nossa própria vizinhança solar, para pesquisar, explorar e tirar amostras de todo corpo acessível no Sistema Solar; precisamos expandir

nossa visão sobre a exploração planetária para além de nosso próprio Sistema Solar para que possamos realizar uma pesquisa astronômica nos planetas ao redor das

estrelas próximas; precisamos expandir nossa capacidade de observar o Universo distante para pesquisarmos o Universo ao longo de todo o espectro eletromagnético;

e, ao mesmo tempo, precisamos desenvolver os meios para a exploração humana além da órbita terrestre, de forma que possamos, no século XXI, cumprir o destino humano

de explorar além da Terra e usar o Sistema Solar para o total benefício das pessoas deste planeta.

#2

A busca pelas origens da vida:

a exploração americana do Sistema Solar, 1962-1994

EDWARD C. STONE Laboratório de Propulsão a Jato, Instituto de Tecnologia da Califórnia

Por ocasião da sexagésima volta de Carl Sagan ao redor do sol, eu gostaria de descrever alguns dos principais pontos do programa americano de exploração planetária,

com o qual Carl esteve muito envolvido desde o início. Esse início foi há 32 anos, quando a Mariner 2 foi a Vênus; desde então, as naves automatizadas da NASA têm

enviado à Terra imagens e outros dados científicos de todos os planetas do Sistema Solar, exceto Plutão: Mercúrio (o único planeta que não chamou muito a atenção

de

Carl), Vênus, a Terra e sua Lua, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno (Prancha I). Apesar de Carl ter um vasto interesse em entender o Sistema Solar e o Cosmo, penso que seu maior interesse está em entender a origem da vida, não só do ponto de vista da química orgânica, mas sob a perspectiva muito mais abrangente de quais condições foram fatores críticos em sua origem e na emergência da espécie humana. Assim sendo, parece apropriado, nesta ocasião, dar ênfase ao entendimento mais abrangente da origem da vida, adquirido no decorrer desses 32 anos de exploração planetária.

Buscando água em estado líquido no Sistema Solar

Uma das condições tidas como essenciais para a origem da vida é a presença de oceanos de água em estado líquido; como planeta gêmeo da Terra, Vênus parecia ser o

local certo para procurar essa característica planetária essencial. Vênus tem quase o mesmo tamanho que nosso planeta

(Figura 2.1), com propriedades físicas semelhantes. Mas, mesmo antes de a era da exploração planetária ter início em 1962, Carl alertava para o fato de que a superfície

de Vênus era simplesmente muito quente para a água líquida, como foi confirmado por missões subsequentes. Apesar de as investigações revelarem uma superfície quente

demais para a água líquida, em 1970 os cientistas planetários continuavam a considerar a possibilidade de existência de gelo de água nas nuvens de Vênus, que bloqueariam

a vista de sua superfície. No entanto, em alguns anos até mesmo tal possibilidade foi eliminada, quando os dados sugeriram que as nuvens venusianas são compostas

de ácido sulfúrico.

Figura 2.1

Vênus (à esquerda) com quase o mesmo tamanho que a Terra. mas as condições do

nosso vizinho não são favoráveis à vida. (Todas as figuras deste capítulo exceto a figura

2.1 S, são cortesia da NASA/ LPJ.)

O interesse na água venusiana foi restabelecido no fim da década de 1970, pela missão Pioneer Vênus, que descobriu um excesso de deutério, ou hidrogênio pesado, na atmosfera de Vênus. Essa descoberta sugeriu que já houvera muita água

na superfície do planeta, mas um efeito estufa incontrollável

conseqüentemente eliminara a água por meio da evaporação e depois pela perda de hidrogênio na atmosfera.

Esse fato norteou um dos principais objetivos da nave espacial Magellan, que recentemente completou sua missão em Vênus: entrar na atmosfera para buscar evidências

de antigas praias na superfície de nosso planeta irmão.

#A busca pelas origens da vida

23

Para examinar de perto as nuvens de Vênus, a Magellan usou um sistema de radar de imagem, revelando uma superfície planetária fortemente marcada por vales e grandes

vulcões. As ilustrações II e In são imagens de radar de Vênus, com falsa cor. (A cor em muitas das imagens discutidas neste artigo foi melhorada, e na ilustração

In a cor baseia-se nas imagens de superfície das sondas espaciais soviéticas Venera, assim como relevo espacial foi ampliado para que se possa visualizar melhor as grandes zonas de rachadura e as construções vulcânicas que caracterizam a superfície de Vênus.) Essa superfície provavelmente tem 500 milhões de anos; a atividade vulcânica há muito fez sumir a prova de antigas praias. Então, infelizmente, o planeta não nos disse muito sobre as condições que são importantes para a origem da vida. O que Vênus nos ensinou na verdade foi que se movermos um mundo muito parecido com a Terra em 28% para mais próximo do Sol, as condições planetárias tomam-se inadequadas para a vida.

Figura 2.2

Este mosaico de Marte, feito pela Viking, mostra o cânion Valles Marineris (centro, abaixo), que se alastra por mais de 3 mil quilômetros de extensão. (Imagem processada pela U.S. Geological Survey, Flagstaff, AZ)

Onde mais no Sistema Solar pode-se procurar por evidências de um oceano? - pelo menos algum que tenha existido no passado? Na década de 1970, Carl, junto com muitos outros cientistas planetários, voltou sua atenção para o planeta Marte (Figura 2.2). Há evidências que há 3 bilhões de anos havia muita

água na superfície de Marte (Figura 2.3), por tempo o

#24

Edward C. Stone

FIGURA 2.3

Esses canais na superfície de Marte provavelmente foram feitos por antigos fluxos de água.

bastante para que a vida primitiva se desenvolvesse. Infelizmente, em 1976, quando duas naves Viking aterrissaram em sítios de Marte, cuja escolha Carl influenciou

muito (Figura 2.4), não foram encontradas provas de resíduo orgânico na superfície. No entanto, muitos de nós ainda acreditamos que Marte pode trazer muita luz sobre

as condições sob as quais a vida pode evoluir.

Onde mais no Sistema Solar pode-se encontrar água em estado líquido? Na década de 1980, nós fomos além no Sistema Solar: aos planetas gigantes. O primeiro deles

é Júpiter. A figura 2.5 mostra Júpiter com duas de suas luas: Io (à esquerda), a lua mais próxima, que dista seis raios planetários do centro de Júpiter, e Europa,

que está a cerca de dez raios planetários do centro do planeta. Os dois planetas, que têm mais ou menos o tamanho de nossa própria Lua, orbitam Júpiter em sincronismo,

com Io orbitando duas vezes para cada órbita de Europa. Por causa da interação gravitacional desses dois satélites no imenso campo gravitacional de Júpiter, a crosta

de Io é constantemente flexionada por forças de maré. Essa tensão gera calor o bastante para causar uma atividade vulcânica intensa, resultando em uma superfície

constantemente renovada que não é marcada por crateras de impacto (Figura 2.6). As sombras alaranjadas que aparentemente marcam a superfície de Io provavelmente

são associadas à presença de enxofre, uma possibilidade que Carl estudou com algum detalhe.

A figura 2.7 mostra um relevo interessante de Io, chamado Loki Patera (a mancha negra em forma de minguante abaixo do centro), que acreditava-se ser um lago de enxofre líquido com uma crosta de superfície solidificada. A evidência para tanto é uma temperatura média da superfície em Io (que fica cinco vezes mais longe do Sol do que a Terra) de 120 kelvin, ou 120° acima do zero absoluto, enquanto a temperatura de Loki Patera é de

#A busca pelas origens da vida
25

FIGURA 2.4

No local do módulo de aterrissagem Viking, encontrou-se uma superfície congelada mas evidência alguma de residuo orgânico. Júpiter, com dois de seus satélites: Io (à esquerda) e Europa. Io está passando sobre a cida Mancha Vermelha uma tempestad semelhante a uma uracão na atmosfera do planeta.

#26

Edward C. Stone

FIGURA 2.6

Superfície de Io, sem marcas de crateras de impacto, é constantemente renovada pela intensa atividade vulcânica.

(Processamento da imagem pela U. S. Geológica Survey, Flagstaff, AZ)

FIGURA 2.7

Imagina-se que Loki Patera, de Io, a mancha escura em forma de minguante abaixo do centro, seja um lago de enxofre líquido com uma superfície congelada. (Processamento

da imagem pela U.S. Geológica Survey, Flagstaff, AZ)

#A busca pelas origens da vida

27

FIGURA 2.8

Visível cerca de 300 quilômetros acima do limbo de Io há uma nuvem de materiais expelidos pelo vulcão Pele (a grande superfície centralizada abaixo da nuvem). (Processamento da imagem pela U.S. Geological Survey, Flagstaff, AZ)

**Continua o texto: Nota da digitalizadora

310 kelvin, mais quente do que a temperatura ambiente. Loki Patera e outras manchas negras vistas na imagem são tão quentes que suas erupções podem ser observadas,

por telescópios na Terra, como um aumento na temperatura de Io, vistas como um brilho no espectro infravermelho. Apesar de tais brilhos terem sido observados por

astrônomos antes da missão Voyager, eles não eram entendidos até as Voyagers

1 e 2 passarem por Júpiter em 1979.

A figura 2.8 dá uma visão da atividade vulcânica de Io. Uma nuvem de material expelido pelo vulcão Pele é visível cerca de 300 quilômetros acima do limbo. (Pele

é a superfície maior, centrada abaixo da nuvem de detritos). O material expelido por Pele está depositado em um aro em formato de coração (Figura 2.6), provavelmente

orientado pela evaporação do enxofre líquido (em lugar de água, como na Terra), porque não resta água em Io. Não tendo água, o satélite não revela nada sobre as

condições que levam à vida.

Europa está ligado ao mesmo cabo de guerra gravitacional que Io e, apesar de estar mais distante de Júpiter, é menos afetado; como visto na figura 2.9, Europa tem uma crosta de gelo, embora seja basicamente um objeto rochoso como Io. Quando se aproximou de Europa, a nave Voyager 2 revelou a superfície mais lisa vista até então no Sistema Solar (Figura 2.10). Os relevos mais altos nessa superfície de gelo são as estreitas riscas brancas no centro das

#FIGURA 2.9

Diferente de Io, Europa ainda tem água - na orma de uma crosta congelada. FIGURA 2.10

à superfície de Europa é a mais lisa observada no Sistema Solar: seus relevos mais altos são as riscas brancas, que talvez tenham algumas centenas de metros de altura.

(Processamento da imagem por U.S. Geological Survey. Elagstaff. AZ)

#A busca pelas origens da vida

29

riscas mais escuras; essas riscas brancas têm algumas centenas de metros de altura. Não há montanhas e há muito poucas crateras de impacto, indicando uma superfície congelada muito nova. É possível que haja um oceano de água líquida embaixo dessa superfície. O aquecimento pelas forças de marés orienta os quentes vulcões e manchas

de Io e também pode produzir calor o bastante para manter um oceano de água líquida sob a crosta congelada de Europa. A nave Galileo passará cem vezes mais perto

de Europa do que as Voyagers fizeram em 1979 e dará uma visão mais próxima de um local onde pode haver água em estado líquido. Se houver evidências de um oceano

coberto de gelo, seria muito interessante mandar uma sonda para explorar acima e abaixo da superfície de Europa.

Dicas para as colisões de grandes corpos

Apesar de a presença de um oceano poder ter sido essencial para o surgimento da vida, os processos de colisão também podem afetar a evolução da vida no Sistema Solar.

Esses processos não eram entendidos até o início da Era Espacial. Mimas - um mundo pequeno, congelado, cerca de

400 quilômetros de diâmetro, em órbita ao redor de Saturno - é mostrado na figura 2.11. Sua superfície bastante cheia de crateras é um indicativo dos efeitos esperados

das colisões. Pensava-se que os processos de colisão eram cosméticos, produzindo marcas indicativas da idade da superfície, mas sem muita importância. A figura 2.12

revela o outro lado de Mimas e a grande cratera de impacto Herschel. com cerca

de 130 quilômetros de diâmetro, Herschel tem um pico central de cerca de nove

quilômetros

de altura. Essa cratera de impacto é tão grande que se o objeto que a criou

FIGURA 2.11

Mimas, um satélite de Saturno tem uma superfície saturada de crateras, indicando que a lua foi repetidamente impactada por outros corpos.

#30

FIGURA 2.12

O outro lado de Mimas revela a grande cratera de impacto Herschel, com cerca de 130 quilômetros de diâmetro. fosse muito maior, Mimas teria sido quebrado em vários pedaços. Os cálculos sugerem que Mimas foi atingido diversas vezes por grandes corpos e quebrou-se várias vezes. Se isso for verdade, o Mimas visto hoje é a terceira ou quarta geração do mundo originalmente formado em sua localização na órbita de Saturno, e os processos de colisão não foram meramente cosméticos, mas fundamentais para a evolução física desse mundo em particular. A figura 2.13 mostra um mundo ainda mais distante no Sistema Solar Miranda, uma pequena lua (cerca de 470 quilômetros de diâmetro), orbitando Urano. Outro mundo congelado, Miranda provavelmente possui a superfície mais complexa já observada no Sistema Solar, sugerindo que os processos de colisão podem bem ter contribuído para sua evolução física. Hyperion, outra lua de Saturno, é capturada na figura 2.14. com aproximadamente 400 quilômetros de diâmetro, é uma lua de tamanho médio que parece o fragmento de um objeto bem maior. A figura 2.15 mostra parte dos anéis de Saturno, que também provavelmente resultaram da quebra induzida por colisões de corpos maiores na órbita do planeta, produzindo assim parte da bela complexidade de estrutura vista nos anéis. As lacunas entre os anéis são mantidas pela presença de alguns dos fragmentos maiores; e a pequena banda além da margem externa dos anéis mais finos vistos na fotografia é contida por duas luas guias. Parece que os processos de colisão são muito importantes para a evolução física dos corpos no Sistema Solar, mesmo no caso da Terra (Figura 2.16). Os cientistas planetários agora acreditam que a lua da Terra foi, bem provavelmente, o resultado da colisão de um objeto do tamanho de Marte com a Terra - uma colisão que fundiu a crosta terrestre com o próprio objeto, soltando um anel de material que se condensou para formar a Lua.

#A busca pelas origens da vida

31

FIGURA 2.13

Miranda, a lua de Urano, apresenta uma superfície complexa que bem pode ter resultado de colisões passadas.

FIGURA 2.14

Hyperion, em órbita de Saturno, é claramente um fragmento de um objeto muito maior.

#32

Edward C. Stone

FIGURA 2.15

Acredita-se agora que os anéis de Saturno sejam resultantes da ruptura causada pela colisão de corpos maiores na órbita do planeta.

Como essa colisão pode estar relacionada a uma condição que leve à origem da vida na Terra? Uma sugestão é que a presença da Lua e o momento angular associados à órbita lunar estabilizaram o eixo de rotação de nosso planeta, dando assim as justas condições climáticas necessárias para a evolução de formas complexas de vida.

É claro que as colisões também podem afetar a vida de forma negativa. Muitos crêem que há 65 milhões de anos o impacto de um objeto com a Terra levou à extinção dos dinossauros e de muitas outras espécies. Se for verdade, os processos de colisão afetaram a evolução da vida na Terra de uma forma bem maior e talvez tenham criado as condições para os mamíferos se desenvolverem, levando ao eventual surgimento do Homo sapiens.

O fato de os processos de colisão não serem simplesmente efeitos antigos tomou-se bastante claro quando do impacto de muitos fragmentos do cometa Shoemaker-Levy

9 sobre Júpiter em julho de 1994. A figura 2.17 é um conjunto de imagens feitas durante sete segundos e meio pela nave Galileo quando se aproximava de Júpiter; claramente visível à esquerda do disco de Júpiter está o instantâneo de um fragmento do Shoemaker-Levy 9 enquanto entrava na atmosfera de Júpiter. O local de impacto de outro

fragmento do Shoemaker-Levy 9 é visto na parte de baixo do disco de Júpiter na figura 2. 1 S.

#A busca pelas origens da vida 33

FIGURA 2.16

A presença da Lua - provavelmente resultado de um objeto do tamanho de Marte colidindo com a Terra - deve ter estabilizado a rotação de nosso planeta, criando assim

o clima necessário para que a vida complexa evoluisse.

FIGURA 2.17

Nessa série de imagens feitas pela nave Galileo, um fragmento do cometa Shoemaker-Levy 9

- a mancha brilhante à esquerda de Júpiter - é visto entrando na atmosfera do planeta.

#34Edward C. Stone

FIGURA 2.18

Júpiter apresenta evidências de um impacto de um fragmento do Shoemaker-Levy 9 (Imagem do Hubble Space Telescope's Wide Field Planetary Camera) (Cortesia da NASA/Space Sciences Telescope Institute).

O tamanho e a órbita de Júpiter podem ser fortuitos em termos das condições para a evolução da vida na Terra. Os cálculos sugerem que a presença de Júpiter a cinco unidades astronômicas do Sol - cinco vezes mais distante do Sol do que a Terra - tem sido uma importante barreira para a chuva de destroços de cometas que, de outra forma, poderiam ter se chocado contra a Terra com frequência muito maior, talvez alterando, de forma importante, a evolução da vida terrestre. Os processos de colisão que no início da Era Espacial imaginava-se serem principalmente cosméticos podem ser, pelo contrário, um elemento muito importante não apenas na evolução física dos corpos no Sistema Solar, mas na evolução da própria vida.

Construção orgânica dos blocos de vida

A primeira consideração a se fazer ao tentarmos responder "Quais condições levam à vida?" envolve química orgânica, a área principal da pesquisa de Carl por muitos

anos. Um dos corpos que primeiro chamou sua atenção foi a lua apeto (Figura 2.19) que orbita Saturno. Desde sua descoberta, Iapeto foi conhecida por ter uma propriedade

particular: um lado é muito brilhante, com talvez 50% de refletividade; e o outro lado é muito escuro, com talvez 5% de refletividade.

Provavelmente lapeto é composta principalmente por gelo de água; então, qual é o material escuro que cobre metade de sua superfície? Se lapeto fosse o único objeto desse tipo no Sistema Solar,

poderia ser considerada como um caso excepcional. No en-

#A busca pelas oriens da vida

35

FIGURA 2.19

O material escuro contendo carbono, que cobre metade da lua lapeto, de Saturno, e que aparece em outros corpos no Sistema Solar Externo, ainda é um mistério.

,.*

tanto, à medida que outros corpos congelados no Sistema Solar Externo foram explorados, os cientistas planetários começaram a perceber que lapeto não é único.

Afigura 2.20 mostra Umbriel, satélite de Urano. Essa lua é cinza e reflete apenas cerca de 20% da luz do sol que incide sobre ela. Além disso, os anéis de Urano

são

preto-carvão e agora sabemos que as superfícies de cometas como o Halley são preto carvão. O que é esse material preto e de onde veio? Seria material de pó primitivo

que veio da nuvem interestelar a partir da qual o Sistema Solar se formou? Ou é um material orgânico resultante de corpos já formados no Sistema Solar, sendo irradiados

ou afetados por algum outro processo? A resposta ainda não é conhecida porque não temos uma amostra de tal material para análise.

No entanto, estamos começando a conseguir amostras de alguns dos grãos interestelares que podem nos dar uma ideia sobre o material preto contendo carbono. As observações

mostram que tal material está se espalhado por todo o Sistema Solar Externo sobre os corpos congelados. Sabemos que muito desse material foi depositado na atmosfera

terrestre por processos de colisão, levando a uma série de dúvidas: Qual o papel desse material na atmosfera na Terra jovem? Quanto dele sobreviveu à entrada na

atmosfera terrestre para contribuir com o inventário orgânico pré-biótico nos oceanos da Terra? Esses são alguns dos problemas interessantes que precisarão ser

respondidos antes de podermos entender quais são as condições centrais para a origem da vida.

Os planetas que têm órbitas menores que a da Terra formam o Sistema Solar Interno, os que têm sua órbita maior que a terrestre compõem o Sistema Solar Externo. (N.

do R.T.)

#FIGURA 2.20

Refletindo apenas

20% da luz solar recebida, a lua Umbriel, de Urano, está coberta pelo misterioso material que contém carbono.

Há alguns lugares no Sistema Solar onde o material orgânico está agora sendo sintetizado. Tritão (Prancha IV), uma lua em órbita de Netuno, é o corpo mais frio já

visitado no Sistema Solar. A trinta unidades astronômicas do Sol, Tritão tem uma temperatura de superfície de 38 kelvin. É tão frio em Tritão, que sua calota polar

de gelo consiste não de gelo de água, mas de nitrogênio congelado. A lua tem cerca de um quarto de gelo de água e três quartos de rocha. A imagem mostra uma superfície congelada com um padrão incomum. No entanto, o que chama a atenção em relação à superfície de Tritão é sua cor: não é branca, como se poderia esperar de uma superfície de gelo de água, mas uma cor meio marrom, o que sugere um resíduo orgânico. Tritão tem uma atmosfera muito fina de nitrogênio e metano (este último conhecido como gás natural). É provável que o metano esteja sendo aos poucos convertido em hidrocarbonetos mais complexos que, eventualmente, polimerizam-se e formam um depósito amarronzado na superfície.

Voltemos a Saturno. Uma de suas luas Titã (Figura 2.21), é objeto de grande interesse em termos da atual química orgânica e foi foco da atenção de Carl durante os anos 1980. Uma lua com dimensões planetárias, aproximadamente do mesmo tamanho que Mercúrio, Titã difere de Mercúrio e de alguns dos outros planetas porque tem uma atmosfera substancial: a pressão atmosférica de sua superfície é 1,6 vezes maior que a da Terra. Assim como a Terra, Titã tem uma atmosfera que é 80% nitrogênio;

mas ao contrário de nossa atmosfera, contém não oxigênio, e sim metano. Titã tem uma fina cerração - uma camada opaca de polímeros orgânicos complexos cuja composição ainda é desconhecida. A vista com falsa cor do limbo de Titã apresentada na Prancha V mostra diversas camadas de neblina sobre a cerração mais fina e opaca. Provavelmente, cada uma

#A busca pelas origens da vida

37

FIGURA 2.21

Os processos orgânicos muito ativos que ocorrem em Titã, lua de Saturno, podem lembrar alguns dos processos que ocorreram na

atmosfera da Terra jovem.

dessas camadas nebulosas tem uma composição química única que não é entendida atualmente. Os processos orgânicos que ocorrem hoje em dia em Titã podem, em alguns aspectos, lembrar os processos que ocorreram na atmosfera da Terra jovem, antes de a vida evoluir.

Um dos principais desafios no encontro da Voyager com Titã, em 1980, foi procurar por fissuras na camada nebulosa, de forma que pudéssemos examinar a superfície.

Carl achou que esse era um objetivo muito importante, apesar de todos sabermos que a possibilidade de sucesso era mínima. Infelizmente, a natureza não cooperou em apresentar buracos visíveis na nebulosidade de Titã, então tivemos de confiar em outros dados para inferir o que estava abaixo dessa proteção atmosférica. Como mostra

a escala na figura 2.22, a atmosfera de Titã é bastante ampla e a fina camada nebulosa está a pouco mais de duzentos quilômetros acima da superfície. A fotoquímica

sugere que um dos mais abundantes compostos criados a partir do metano de Titã, pela ação da luz solar e das partículas energéticas na magnetosfera de Saturno, seja

o etano, que com cerca de 95 kelvin e 1,6 atmosferas na superfície de Titã seria líquido. Então pode-se esperar corpos líquidos na superfície de Titã, apesar de

Carl ter chamado a atenção para o fato de que há fortes formações de marés associadas à presença de grandes corpos líquidos na superfície dessa lua.

Então, enquanto os polímeros - ou seja, as partículas de matéria que bloqueiam nossa visão da superfície de Titã - aumentam em tamanho, eles eventualmente precipitam,

formando uma camada muito fina (550 metros ou talvez um quilômetro de espessura) de resíduo orgânico na superfície da lua. O resíduo pode ser parecido com as calotas

de gelo polar da Terra, onde o depósito anual de neve, o gás aprisionado e outros componentes em

#EARTH TITAN

km

50 280K

40

30

NITROGEN

OXYGEN

ARGON

OZONE

600 km ieok

500

400

NITROGEN

METHANE

ARGON(?)

AZE LAYER

€ EMICAL HAZE ATE

FIGURA 2.22 As evidências

sugerem que uma chuva de polímeros orgânicos complexos da fina camada nebulosa na atmosfera de Titã deposita resíduos orgânicos na superfície da lua.

cada uma das camadas na amostra do núcleo revelam detalhes do clima global passado da Terra. O resíduo da superfície bem pode ter um registro semelhante ao da química

orgânica que ocorreu na atmosfera de Titã.

Voltaremos a esse fascinante mundo com a missão Cassini em 2004, usando a sonda Huygens construída pela Agência Espacial Europeia (ESA). A sonda entrará na atmosfera

de Titã e retirará amostras dos produtos orgânicos que lá aparecem hoje em dia. É difícil imaginar que Titã não tenha muito a nos ensinar sobre as condições e processos

orgânicos que possam ter contribuído para o surgimento e a evolução da vida na Terra. Mesmo depois da visita da missão Cassini a Titã em 2004, existe a possibilidade

de querermos retornar para explorar mais esse mundo interessante.

Nos primeiros 32 anos da era da exploração espacial planetária, realmente obtivemos novos pontos de vista sobre quais as circunstâncias que possam ter sido importantes

para a origem da vida, podendo algumas delas ter sido acidentais. Em sua palestra em Condon, em 1968, Carl destacou que essa perspectiva é o retorno científico fundamental

da exploração planetária. Tendo isso em mente, eu gostaria de encerrar com um exemplo final dessa nova perspectiva - um

retrato composto do Sistema Solar tirado de além do mais remoto planeta (Figura 2.23), criado a partir de sessenta fotografias tiradas, a pedido de Carl, pela Voyager 1, 28 anos depois do histórico voo da Mariner 2 a Vênus. E claro que, estando o Sistema Solar tão "espalhado", foram necessárias muitas fotografias. No retrato, o Sol é visto como um ponto brilhante, mas os planetas não podem ser facilmente distinguidos, exceto em ampliações individuais (com captação) de algumas das imagens. A figura 2.24 mostra uma fotografia isolando a Terra. Nas palavras de Carl, sob esse ângulo de visão, "A Terra é um pálido ponto

#A busca pelas origens da vida

FIGURA 2.23

Enquanto viajava a cerca de 5 bilhões de quilômetros da Terra, a Voyager 1 tirou uma série de 60 fotografias que foram posteriormente montadas em um mosaico nesta foto do Sistema Solar. (Por causa das condições de visibilidade Mercúrio, Marte e

Plutão não foram fotografados.)

FIGURA 2.24

Esta ampliação das fotografias tiradas pela Voyaer do limiar do Sistema Solar mostra a Terra como um pálido ponto azul (a névoa é a luz solar refletida na lente).

#wEdward C. tone

azul".2 Tenho certeza de que nos próximos anos, ao fazermos novas jornadas de exploração, continuaremos a expandir nossas ideias sobre a origem da vida.

A expressão "pálido ponto azu" tornou-se título de um excelente livro sobre o Sistema Solar publicado por Sagan em 1994 e. no Brasil em 996 pela Companhia das Letras.

(N. do R.T.)

#Destaques do programa planetário russo

ROALD SAGDEEV

East- West Space Science Center, Universidade de Maryland

Tenho um pouco de dificuldade em descrever os destaques do programa espacial russo. Toda a transição de um programa que era soviético e agora é russo aconteceu quase

num piscar de olhos e não houve preparativos especiais para mudar a sua situação. Na verdade, uma experiência interessante, uma experiência de vida estava acontecendo

com os cosmonautas russos, com os cosmonautas soviéticos, a bordo da Estação Orbital Mir, que foi lançada na época "pré-histórica", durante o período soviético.

Enquanto estavam em órbita, descobriram que já era a época russa. De uma maneira interessante, de uma forma irônica, foi provavelmente a primeira experiência com

observadores einsteinianos vivos, que descobriram que os relógios em órbita se moviam de forma diferente.

É por isso que sugiro que dividamos a história toda entre a época russa e a época soviética do programa espacial. Só se passaram alguns anos desde o final da época

soviética, mas ela já está ficando distante na história. Na verdade, quando o Sputnik foi lançado em 1957, muitos de nós, tenho certeza de que não só na Rússia,

mas também cientistas nos Estados Unidos, pensamos que ele abriria uma nova era equivalente à era das grandes descobertas geográficas. Agora, com muita tristeza, nós russos descobrimos que, em vez da grande geografia do espaço, estamos aprendendo sobre fatos da história; fizemos grandes descobertas históricas sobre nosso passado recente na Rússia. Essa parte da história russa, da história soviética, foi muito visível. Foi beneficiária da Guerra Fria. Os líderes do país promoveram a exploração espacial de forma enérgica não especificamente, com certeza, para ajudar Carl e seus colegas a aprenderem mais sobre o Cosmo, mas porque era muito importante em termos de propaganda. Era um truque para provar a superioridade do sistema socialista, e é por isso que a técnica utilizada era muito semelhante à técnica do Realismo Socialista. Tudo sobre o programa espacial foi elaborado na forma do Realismo Socialista. O anúncio de um lançamento, de um lançamento bem-sucedido, só foi feito depois de ter ocorrido um lançamento de facto e os censores eliminaram aqueles lançamentos que fracassaram. Mas voltando à época soviética: tivemos quase cinquenta lançamentos lunares e planetários durante um período de tempo consideravelmente curto, 31 anos basicamente, começando com o pioneiro Sputnik. Dois anos mais tarde, começamos a tentar a exploração lunar, mas a primeira missão lunar bem-sucedida aconteceu em 1966. O leitor provavelmente se lembra de como todo mundo estava excitado com o primeiro panorama da superfície lunar, obtido por uma câmara no exterior da nave Luna 9. Antes de a imprensa soviética conseguir pegar e distribuir para todo mundo o primeiro panorama da Lua, feito pelo homem, Bemard Lovell, do Jodrell Bank Radio Observatory, pegou os dados de telemetria e o London Times publicou antes do Pravda. Esse fato enfureceu os líderes soviéticos, é claro, mas eles foram vingados quando descobriram que Lovell não sabia sobre as escalas e, em uma direção, sua escala estava com o dobro da ampliação. Isso custou muito a Bemard, porque a Academia Soviética rejeitou sua candidatura com base na interceptação dos dados lunares feita por ele. Houve 44 naves espaciais lunares não tripuladas em um curto espaço de tempo - a última lançada nos meados da década de 1970. A Luna 24 foi a nave espacial não tripulada enviada para trazer à Terra uma amostra lunar retirada do subsolo, de uma profundidade de até dois metros. Foi um período interessante e agora a comunidade científica sabe muito mais sobre esse período em especial. Naquela época, mesmo a amizade íntima que eu tinha com Carl há muitos anos não me permitia falar a verdade absoluta sobre o lado secreto do programa espacial soviético. Assim, essa deve ser a primeira vez que eu descrevo alguns detalhes do programa, na versão socialista pseudo-realista! Um programa em especial, que está agora sendo conhecido no Ocidente, chamava-se N 1. Era uma tentativa soviética de competir com a Apollo, pousando na Lua. Em termos técnicos, era um programa muito arriscado. O grande foguete auxiliar, do tamanho de Saturno 5, usava quinze poderosos propulsores de foguete paralelos. Era óbvio

que o controle soviético e a tecnologia eletrônica não poderiam ficar prontos em tempo hábil para operar e controlar um conjunto tão complexo de máquinas. No período

entre

1967 e 1972 houve, pelo menos, quatro grandes fracassos de lançamento. Todos foram lançamentos de teste, não tripulados, assim não se perderam vidas humanas, mas

foi o primeiro choque muito sério para o regime, para Brejnev que, assim como Khrushchev, pensou que superaríamos facilmente os americanos no espaço. Foi o primeiro

choque e nós soviéticos entendemos que não éramos onipotentes no espaço. Mas o sentimento que todo soviético teve enquanto assistia às imagens ao vivo, pela TV,

de Armstrong andando na Lua, foi muito mais importante. Era um sentimento de que todos éramos cidadãos de um planeta, vivendo neste pálido ponto azul. Foi muito

importante para todos nós.

#Destaques do programa planetário russo _____ 43

Como resultado do fracasso do pouso na Lua, o governo soviético precisou fazer algumas mudanças no quadro de oficiais. "Ninguém é insubstituível" era o antigo lema,

então o principal elaborador desse projeto, o acadêmico Vasily Mishin, foi removido de seu posto. No entanto, eu creio que a verdadeira explicação não foi tanto

o fracasso de um programa, porque ele foi removido de seu posto muito depois, em 1974. A verdadeira explicação era que ele tinha problemas com a bebida. Naquela

época não se sobrevivia, mesmo em uma posição tão baixa como projetista-chefe de foguetes, tendo um problema assim.

No meio da década de 1970, o sucesso da Viking, todos os dados que recebíamos de Carl e de seus colegas, convenceram-nos de que devíamos abandonar a tentativa de

pousar um módulo não tripulado na superfície de Marte; conseqüentemente, decidimos abandonar uma porção de trabalhos que já estavam em andamento desde 1961 e que

resultaram em diversos pousos frustrados. Provavelmente, foi a primeira vez que a comunidade científica conseguiu influenciar o governo e convencê-lo a desistir

dessa área da ciência espacial. Nós queríamos dar uma chance à comunidade científica de analisar os dados da Viking, especialmente quando a probabilidade de descoberta

até mesmo de vida microbiana primitiva na superfície de Marte foi drasticamente reduzida. Ao invés disso, o governo apoiou outra ideia, um retorno para recolhimento

de amostras de Marte. Mesmo hoje em dia parece surreal que em 1975-1976 o governo soviético, o Comitê Central no Kremlin, tenha emitido um decreto para enviar a

Marte uma missão para recolhimento de amostras. É claro que tudo foi feito com ares de alta confidencialidade. A missão tinha um codinome, 5M. Nenhum americano,

por esperto que fosse, conseguiria interpretar esse codinome como um recolhimento de amostras marcianas. A missão tinha um cenário técnico bastante sofisticado;

sofisticado especialmente para aquela época específica.

O plano era lançar dois lançadores Proton paralelos, implementar um acoplamento não tripulado em órbita, em uma órbita baixa da Terra, construir um pesado ônibus

capaz de carregar um módulo de aterrissagem e um foguete de retorno. Tal ônibus orbitaria Marte e então, dessa órbita, mandaria uma cápsula, presumivelmente do mesmo tipo que as cápsulas lunares (nós já tínhamos a tecnologia das cápsulas lunares não tripuladas para recuperar amostras lunares), a devolveria ao ônibus e, com auxílio de um pequeno foguete, devolveria o pacote. Esse era um projeto excessivamente ambicioso. Muitos de nós, inclusive eu, não acreditavam que o desenvolvimento na Rússia, e o desenvolvimento da tecnologia de controle, nos permitiria implementar tal missão. O que aconteceu? Por que a missão foi finalmente abandonada cerca de um ano antes de ser lançada? Naquele exato momento, no programa soviético de voo humano, havia diversos reveses notáveis. Os cosmonautas enviados para a estação orbital Salyut, uma predecessora da Mir, não conseguiram acoplar com a estação. Especialmente dramático foi o caso quando o companheiro do cosmonauta soviético Bulgarin foi lançado e não conseguimos levá-lo à estação espacial. Isso criou um choque tão grande em toda a hierarquia espacial, que o complexo

#44

projeto de um acoplamento não tripulado de dois Protons em órbita finalmente foi rejeitado - memória nostálgica dessa época peculiar. O outro episódio no surrealista programa da Rússia foi um projeto conhecido por muitos nos Estados Unidos. Planejavamos lançar um enorme balão atmosférico para Vênus. A data de lançamento foi escolhida - 1983. Nós estávamos trabalhando junto com a comunidade espacial francesa e a ideia era que celebraríamos o aniversário de duzentos anos do voo do balão dos irmãos Montgoifíer na atmosfera da Terra. Assim sendo, esse espírito de celebração, de lançamento em uma data histórica importante, prevaleceu, mas o que aconteceu? O projeto, tecnicamente, era factível. Tenho certeza de que ainda estaríamos obtendo vários dados desse voo, que levaria uma carga científica bastante sofisticada. Parte dela seria utilizada para estudar a complexa química das nuvens na atmosfera de Vênus. O motivo pelo qual esse projeto foi abandonado quase no último minuto, em 1981, foi que descobrimos que Bruce Murray não estava conseguindo persuadir a NASA e o governo em seu país a lançar uma nave espacial para ir ao encontro do cometa Halley. Tais fatores influenciaram tanto o nosso programa, que decidimos abandonar o grande balão em homenagem aos irmãos Montgoifíer e, em vez disso, mandar uma nave espacial primeiro a Vênus, com pequenos balões e um módulo de aterrissagem e, depois, um artefato para encontrar o cometa Halley. Creio que foi, provavelmente, o maior projeto internacional, na história do programa soviético, envolvendo cerca de noventa nações. Aquela época, nem mesmo a NASA estava envolvida em uma cooperação internacional tão ampla. Isso me traz à mente minha primeira lembrança de encontrar-me com Carl. É claro que eu já ouvira falar muito em Carl. Eu já havia lido alguns de seus livros. Em um deles ele havia sido co-autor com um grande amigo meu e importantíssimo

cientista do Instituto de Pesquisa Espacial, Iosef Shklovskii. Em 1976 eu estava planejando ir aos Estados Unidos e esperava ver Carl durante minha visita a Cornell, mas ele não estava na sala quando passei por lá. Finalmente, marcamos um encontro no Aeroporto Nacional em Washington. Deram-me uma pequena fotografia para que eu pudesse identificar Carl. Seria quase impossível encontrar alguém, no planeta, que precisasse de uma foto para reconhecer Carl. Isso aconteceu antes da série Cosmos.' Eu fiquei com a fotografia e foi muito fácil encontrá-lo. O que aconteceu então parecia ficção científica. Eu o encontrei pela primeira vez e, meia hora depois, estávamos conversando sobre como trazer uma real abertura ao programa soviético. Nós criamos uma situação na qual uma das próximas Veneras soviéticas que pousasse na superfície de Vênus fosse coordenada, em termos de cobertura científica da missão, com uma missão americana paralela, Pioneer Vênus. Infelizmente vivíamos em uma época diferente e só parte dessa situação concretizou-se, mas poucos anos depois, em Série feita para a TV publicada em livro, no Brasil, pela Editora Francisco Alves e Editora Universidade de Brasília, em sua primeira edição. (N. do R.T.)

#Destaques do programa planetário russo _____ 45

1986, recuperamos totalmente esse cenário quando Carl foi a Moscou durante um encontro em tempo real com o Cometa Halley. Creio que foi uma incrível coincidência.

Não tentamos respeitar qualquer data bolchevique importante. Afinal, tínhamos a desculpa de que as órbitas dos cometas são controladas por Deus. Mas no exato momento

em que Carl estava, em tempo real, sentando-se na sala de controle conversando com Ted Koppel, a Nightline mostrou aqui nos Estados Unidos todas as fotos do cometa.

Exatamente no mesmo instante, Mikhail Gorbachev estava fazendo os comentários finais no XXVII Congresso do Partido. Duas semanas mais tarde, ele estava confuso.

Ele disse: "Como você conseguiu fazer isso?" Eu disse: "Nós tínhamos um alibi perfeito. Deus controla as órbitas". Ele pensou por um segundo e disse: "Quer dizer

que Deus está conosco". A ironia foi que em 1991, Yeltsin, na presença de Gorbachev, depois do fracassado golpe, assinou o decreto que proibia o Partido Comunista da União Soviética.

O passo seguinte nesse programa foi uma invenção do próprio Mikhail Gorbachev. Foi um projeto para começar os preparativos para uma expedição humana a Marte ainda

em 1988. Na verdade, nós tínhamos a tecnologia. Dois foguetes Energia juntos poderiam fazer todo o trabalho. O estudo de viabilidade foi feito pela indústria espacial

rusa, dois lançadores Energia foram construídos, um imenso e pesado ônibus seria colocado em órbita baixa da Terra, para ser lançado por propulsão nuclear. A partir

daquele ponto, nós poderíamos liberar o ônibus. com a expedição, que consistia de um grupo internacional, para a órbita de Marte. Novamente, o cenário da Apollo

foi visitado mais uma vez, indo para a superfície e depois voltando. E não haveria circunstância histórica melhor, uma chance melhor para que Gorbachev tentasse envolver os Estados Unidos nesse projeto espetacular, do que passear com Ronald Reagan nos jardins do Kremlin, mostrando importantes marcos históricos das realizações russas no passado. Na verdade, ele levou o presidente Reagan para ver o Canhão do Czar, para mostrar que o gênio russo estava vivo mesmo no século XVI, e ele disse: "Por que não enviamos uma missão a Marte?" Agora, eu tenho apenas uma reclamação com relação a Carl, e acho que mesmo a celebração do aniversário dele não deve me impedir de ser crítico. Eis o que aconteceu a seguir. Na mesma tarde, após a visita ao Canhão e ao Sino do Czar, Gorbachev estava dando uma grande festa no Kremlin, um jantar de estado. Eu estava na fila e me aproximei de Gorbachev. Ele apertou minha mão e, apresentando-me ao presidente Reagan disse: "Este é o homem que está promovendo a missão a Marte". E depois de um tempo ele disse: "Você sabe quem na América está fazendo o mesmo, quem é o melhor amigo dele?" Nessa hora, você sabe, eu vi um brilho nos olhos do presidente Reagan. Eu pensei, ótimo, agora vamos falar sobre isso. Mas ao invés de esperar que eu sugerisse que era o General Abrahamson, Gorbachev disse "Carl Sagan". Foi o fim desse projeto. Infelizmente, o programa espacial russo, o programa planetário, ainda não nasceu. Marte 1992 foi adiado para Marte 1994, e agora talvez seja feita uma tentativa de lançá-lo em 1996.² Eu espero muito que esse programa renasça, talvez por um milagre, como o milagre que salvou o overnight do rublo, de 4 mil para 3 mil. Então, que tipo de especulações eu posso apresentar? Há uma porção de gente trabalhando nos bastidores para concretizar pelo menos alguns dos projetos a seguir. Pelo menos nós temos trabalhos muito fortes de cooperação, liderados pelo vice-presidente Gore, pelo lado americano, e pelo primeiro-ministro Chemomyrdin pelo lado russo. Uma chance particular é ter o Marte 1998.³ Eu tenho certeza de que Bruce Murray discutirá isso junto com os planos da NASA para lançamento de nave espacial não tripulada. As propostas existem. Essa é a primeira vez que um grupo de cientistas pode enviar suas propostas em competição aberta, em paz declarada. De cerca de cem propostas originais da classe Discovery, pelo menos meia dúzia das missões propostas são associadas à participação russa. Talvez no futuro alguma delas tenha uma chance. Entre essas propostas está a cápsula conjunta Vênus Revisitado, a ser enviada à superfície de Vênus. Depois há um módulo de órbita lunar usando restos da exótica tecnologia da SDI - Strategic Defense Initiative (Iniciativa de Defesa Estratégica), um feixe de prótons, para excitar o solo lunar e depois detectar radiação gama e construir um mapa geoquímico da Lua utilizando espectrometria gama, espectrometria gama por excitação. Há um pouso lunar. Descobri recentemente que um dos grupos

universitários estava sugerindo um pouso não tripulado com cooperação russa. Há um retorno de amostras de Fobos, usando parte da tecnologia russa que foi desenvolvida para Marte 5M e para duas missões que fracassaram. Foi um episódio muito triste em minha própria vida na pesquisa espacial. O mistério da perda da segunda Phobos

ainda não foi resolvido. Quando aconteceu, ainda tínhamos toda aquela tendência a manter as coisas escondidas, oriunda do velho regime, apesar de todos os esforços.

A última iniciativa foi lançada pelo programa Unsolved Mysteries de Los Angeles. Eu recebia telefonemas deles; eles queriam ir atrás dessa história e o único ponto

de desacordo que por fim levou ao colapso do projeto foi que eles achavam que a explicação seria em termos de estranhas e misteriosas figuras, estruturas na superfície

de Marte. Eu disse que daria uma explicação diferente, então eles perderam o interesse.

O Projeto Fogo e Gelo está próximo de tornar-se um projeto muito realista, dois lançamentos. Então Marte juntos, e recentemente eu ouvi falar de uma nova proposta, e preciso advertir Carl muito a sério sobre isso. Nós todos o conhecemos como o campeão da cooperação internacional, e obtive muito sucesso, com a atual abertura,

em fazer com que os russos tomassem parte no programa internacional, mas agora há um sério competidor. Houve uma reunião em Chelyabinsk 70. Essa é uma contraparte

russa para o Laboratório Nacional de Livermore terminada no outono de 1994. A Socie-

Este livro foi publicado quando mais um adiamento já ocorrera. (N. do E.) Outra frustração do autor. (N. do E.)

#Destaques do programa planetário russo _____ 47

dade Planetária também estava representada. Nessa reunião, o Dr. Taylor sugeriu uma missão conjunta com a instituição nuclear russa para desenvolver uma ogiva nuclear

para defletir asteróides. Por mais que pareça triste, ele se tornou competidor de Sagan. &4D4 é meu acrônimo para Strategic Asteroid Defense (Defesa Estratégica

de

Asteróide).

O colapso da União Soviética e a agonia da exploração planetária soviética não são meramente uma questão nacional da antiga União Soviética ou da Rússia. Eles atingem

o resto de nós, toda a comunidade científica espacial e o mundo, de uma forma muito irônica. O programa espacial se beneficiou muito da histórica corrida espacial

durante a Guerra Fria. Se não podemos trazer outro paradigma da cooperação internacional para o programa espacial, para o programa planetário deste país, que produziu

resultados tão maravilhosos, os milagres descritos no ensaio de Ed Stone, o paradigma que adotaríamos seria chamado de "A solidão do corredor de longa distância".

Sadem inglês significa triste. (N. da T.)

4.

Da ocular ao primeiro salto: a busca por vida em Marte

BRUCE MURRAY Divisão de Ciências Geológicas & Planetárias Instituto de Tecnologia da

Califórnia

Eu gostaria de estender os comentários de Roald Sagdeev sobre como o programa espacial soviético foi orientado por marcos e pelo simbolismo nacionalista. Sagdeev foi diplomático o bastante para não se referir ao programa americano da mesma forma. No entanto, a data marcada para módulo de aterrissagem Viking aterrissar na superfície de Marte foi 4 de julho de 1976, nosso 200º aniversário. Na verdade, o pouso foi em 20 de julho, por bons motivos técnicos. A NASA teve a sabedoria de recuar em relação à data simbólica para ter certeza de que estivéssemos prontos, tecnicamente falando. Assim, o fervor nacionalista sobre as atividades espaciais também foi grande nos Estados Unidos, mas sendo uma sociedade mais aberta e pluralista, os cientistas e engenheiros tiveram uma maior influência sobre a política e as decisões técnicas.

Os esforços espaciais americanos também sofreram mudanças com o fim da Guerra Fria. Acabaram, realmente acabaram. Estamos todos juntos em uma nova era de cooperação e competição internacionais que evolui rapidamente. Agora precisamos criar um paradigma novo, mais internacional, para nos motivar mais uma vez para a verdadeira realização espacial. E para esse ponto que eu, Carl e a Sociedade Planetária temos tentado voltar a atenção. Como podemos superar os sabores e dissabores da Guerra Fria para uma nova era que também será diferenciada por grandes realizações científicas - o primeiro pouso do homem na lua, também ocorreu em 20 de julho, ironicamente estes dois eventos históricos ocorreram no dia do aniversário de Alberto Santos Dumont...

(N. do R.T.)

#50__Bruce Murray

cãs? Como nossos filhos e netos podem deixar sua marca na história a ser lembrada ainda por muito tempo no futuro? Espero que esta conferência ajude a voltar as atenções para essa necessidade e oportunidade.

Introdução

Minha tarefa é falar brevemente sobre um grande assunto - Marte. Felizmente, há um poderoso tema de integração em relação a Marte. A busca por vida. "Da ocular ao primeiro salto" trata da fascinação existente sobre a vida em Marte, desde o início da observação do planeta por meio de telescópios, no século XIX, até a motivação para que os homens cheguem lá no século XXI. E a pessoa mais importante no que tange à busca por vida em Marte tem sido Carl Sagan. Portanto, esse é um tema completamente pertinente hoje.

Além disso, a questão da vida em Marte une, intelectualmente, Sagan e Murray há 34 anos - como gémeos siameses unidos pelo umbigo. Nós trazemos diferentes perspectivas:

sou um geólogo. Vejo a origem da vida em um contexto geológico. Carl veio de um ponto de vista orientado para a própria vida. Ele entendia a vida como o fato central

- todo o resto é contexto. Levou mais ou menos vinte anos para que organizássemos esses diferentes pontos de vista. Tivemos muitas, muitas conversas pessoais, algumas

bastante acaloradas. Carl é extremamente equilibrado. Ele aceita muito bem os insultos. Mas, em um determinado ponto em nosso caminho para o consenso, eu devo tê-lo atingido. Ele soltou uma farpa: "Vocês do Caltech vivem no lado do pessimismo". O que ele quis dizer foi que eu prestava atenção às observações e limitações impostas às possibilidades. E o Código Napoleônico da ciência. Os fatos estão errados até que se provem certos. E eu pensei: "Vocês em Cornell vivem no lado do otimismo".

Forçam uma ideia até seu limite. Ultrapassam os limites da imaginação. As teorias estão certas até que se provem erradas. A tradição do Comino Law britânico. Creio que nós dois estávamos certos. Creio que o dualismo ilustra uma propriedade básica da ciência. Devo acrescentar que assim como em todo bom romance, as personagens evoluem e convergem para uma realidade partilhada. Foi exatamente o que aconteceu conosco. Um dos resultados dessa tensão e evolução criativas foi a Sociedade Planetária, bem como uma amizade pessoal muito rica.

Um Marte parecido com a Terra

Os astrônomos do século XIX sintetizaram suas observações feitas com oculares em desenhos sombreados. Eles registravam marcas claras e escuras em Marte. Alguns registraram relevos lineares ocasionais. Mas Percival Lowell, o astrônomo mais influente, para o público, convenceu-se da existência de uma extraordinária rede de estreitas linhas escuras, cuja forma e claridade, para ele, aumentavam a cada novo mapa. Ele ficou obcecado. Criou a hipótese de que essa rede fosse remanescente de um grande sistema de canais criado por uma civilização inteligente, que existira em Marte até que uma seca planetária gradual a extinguisse. Era algo muito, muito poderoso para as mentes comuns. Essa ideia inspirou as obras Guerra dos mundos de H. G. Wells, e As crônicas marcianas de Ray Bradbury, criações culturais e literárias de muita importância.

Poucos cientistas aceitaram o Marte habitado de Eowell - havia muitos argumentos em comum contra ele. Mas a ideia de vida vegetal em Marte continuou sendo uma expectativa plausível, a partir da observação de Marte por telescópio.

A prancha VI mostra as imagens de Marte feitas pelo telescópio espacial Hubble. O que se vê na figura é o que as pessoas como Eowell estavam vendo, em seus telescópios, em condições atmosféricas muito boas. O planeta na imagem tem uma calota polar sul fácil de ser vista. Essa coisa branca muda proporcionalmente às estações em Marte, exatamente como os ciclos de inverno e verão na Terra. A calota se retrai para uma pequena parte residual ao nal do verão naquele hemisfério.

Enquanto isso, uma calota complementar se desenvolve no norte. E assim o ciclo prossegue: inverno, primavera, verão e outono. As calotas migram para lá e para cá, mais ou menos como a Terra pareceria se observada de Marte. Finalmente, as marcas escuras, também evidentes na prancha VI, realmente passam por mudanças de contraste e, às vezes, mudanças em sua forma, também em base sazonal.

Marte é, entre todos os planetas, o único que se parece com a Terra em suas estações. Na verdade, a inclinação do eixo de rotação de Marte em relação à sua órbita ao redor do Sol - que é o que causa as estações - difere de metade de um grau da inclinação do eixo da Terra. Essa é uma semelhança extraordinária. Nenhum outro planeta se aproxima da obliquidade da Terra. Além disso, o período de rotação de Marte sobre seu eixo é igual ao da Terra. Se medirmos o intervalo de tempo que leva para que uma marca na superfície complete uma rotação, encontramos uma diferença de 35 minutos em relação ao dia na Terra. Novamente, nenhum outro planeta se aproxima tanto.

Era uma ideia muito fascinante que Marte fosse gêmeo da Terra, com as calotas de água congelada de Marte se movendo para cá e para lá. Mesmo na época de Eowell, era óbvio que Marte tinha uma atmosfera rarefeita. Alguns estimavam em 10% da atmosfera terrestre. Mas não havia uma boa forma de medir quão rarefeita ela realmente era. Era viável que houvesse umidade no solo, que as mudanças no contraste entre áreas claras e escuras fossem devidas ao desenvolvimento da vegetação durante a primavera no hemisfério adequado.

Em 1956 e 1960, o principal espectroscopista astronômico de infravermelho da época, utilizando um telescópio de duzentas polegadas, forneceu um apoio quantitativo

para a atividade vegetal sazonal em Marte. Ele mirou a abertura do telescópio para as áreas escuras, fez medidas

Publicado no Brasil pela Editora Francisco Alves. (N. do R. 1'.)

#espectrais e repetiu o processo observando as áreas mais claras. Depois ele cuidadosamente comparou os espectros e descobriu uma diferença muito pequena, mas bastante

estimulante. As áreas escuras exibiam fracas bandas de absorção, com cerca de 3,5 microns de comprimento de onda no infravermelho invisível. Elas correspondiam,

até onde ele sabia à época, aos espectros associados à clorofila nas plantas! Então ele realmente conseguira - prova positiva de vida vegetal em Marte nas áreas escuras,

como ele esperava. Essa foi a interpretação mais plausível em 1960, quando Carl e eu nos associamos pela primeira vez. foi também quando a exploração espacial estava

apenas começando. Naturalmente, a busca por vida em Marte tornou-se o tema central da exploração planetária americana.

Agora é melhor que eu mostre quão errado os cientistas estavam em relação a Marte em 1960. Em primeiro lugar, a matéria branca não é gelo de água; é gelo seco, dióxido

de carbono sólido! É tão frio e seco em Marte que não existe água líquida na superfície, nem agora nem há bilhões de anos! A matéria branca que vai de um lado para

o outro é dióxido de carbono se congelando, de forma sazonal, a partir da delgada atmosfera que, em sua composição, tem mais de 90% de dióxido de carbono. Não há

oxigênio na atmosfera de Marte e há apenas uma pequena quantidade de nitrogênio. A pressão total não chega a 10% da pressão na Terra - é equivalente a menos de 0,1%!

Essa é a pressão a uma altitude de cerca de 40 quilômetros acima da superfície terrestre.

As mudanças sazonais nas manchas escuras são devidas principalmente à poeira e a efeitos atmosféricos - não têm relação com vegetais. (Carl foi uma das primeiras pessoas a propor a explicação não biológica). A orientação do eixo de rotação de Marte, que controla tais mudanças sazonais e está tão próximo do da Terra agora - 24,5% - na verdade varia de pelo menos 40° a talvez 15° ou menos, em períodos de centenas de milhares a milhões de anos. É uma coincidência cósmica que o estejamos vendo agora quando está tão próximo do nosso eixo. Se o Homo sapiens tivesse surgido na África algumas centenas de milhares de anos antes, não teríamos cometido esse erro. Se a civilização tivesse se desenvolvido também algumas centenas de milhares de anos depois, também não teríamos sido levados a julgar que os dois planetas fossem tão parecidos. E tem mais. O período de rotação (duração do dia) é mais uma coincidência! O período de rotação da Terra tem sido alterado por conta da interação gravitacional com nossa grande Lua, enquanto a rotação de Marte tem sido quase constante. Por fim, as bandas no infravermelho não são devidas à clorofila ou à matéria orgânica, ou qualquer outra coisa em Marte. Elas são causadas pelo vapor de água na atmosfera da Terra. Acontece que os espectros estavam sendo tirados das áreas escuras e das áreas claras em dias diferentes. A proporção entre eles exacerbava diferenças diárias muito discretas no conteúdo de água na atmosfera terrestre. Apesar de ser o melhor astrônomo de infravermelho do mundo naquela época e de estar utilizando o melhor telescópio, ele chegou à resposta errada. Então, toda aquela informação sobre a qual se criou esse enorme entusiasmo em relação à vida em Marte estava errada.

#Da ocular ao primeiro salto: a busca por vida em Marte

Um Marte parecido com a Lua

A expectativa de um Marte parecido com a Terra ainda era muito alta em julho de 1965 quando a Mariner 4 fez o primeiro sobrevoo em Marte. Como membro júnior da equipe idealizadora, eu estava estudando sobre como reconhecer, com nossa câmera de televisão tão primitiva, os relevos significativos como camadas sedimentares dobradas, remanescentes de hipotéticos oceanos antigos em Marte. Ao invés disso, nós encontramos crateras gigantes - como na Lua. Afigura 4.1 é a melhor das 21 pequenas fotos enviadas pela Mariner 4. Pode-se ver a borda de uma grande cratera de impacto, com cerca de trezentos quilômetros de diâmetro. É profundo o significado de termos uma cratera tão grande dominando o primeiro relance que tivemos da superfície de Marte. Sabíamos, com base em nosso conhecimento geral sobre o Sistema Solar, que os grandes impactos necessários

FIGURA 4.1

A primeira vista da Mariner 4 sobre a superfície de Marte. A grande cratera que domina esse pequeno instantâneo da superfície de Marte foi uma dica impressionante de que essa superfície era mais parecida com a da Lua do que com a da Terra. Nesta foto, a luz do Sol vem do fundo. Nessa primitiva imagem digital de televisão

há apenas duzentos pontos em cada direção.
#para produzir uma cratera daquele tamanho só aconteceram há bilhões de anos, como na Lua, e não em uma época mais recente. Assim sendo, nossa primeira visão de Marte é de uma superfície antiga, como as regiões montanhosas da Lua. Também muito significativo é o fato de que esse tipo de topografia antiga foi desgastada na Terra, em uma centena de milhões de anos ou menos, por causa de nossa atmosfera aquosa. Então encontramos uma superfície fóssil em Marte, o que significaria que teria ocorrido uma erosão e uma ação da pressão atmosférica semelhantes à da Terra, por bilhões de anos e, entretanto, nenhum oceano, chuva e rios. Sabíamos à época, tendo como base este primitivo conjunto de fotografias, que Marte não era como a Terra. Ele não tinha uma história semelhante à da Terra. Ele se parecia mais com a Lua, com uma fina atmosfera.

Naturalmente, a expectativa de vida em Marte foi por água abaixo. E ainda vinha mais. Meu colega do Caltech, professor Robert Leighton, FIGURA 4.2

A melhor visão da Mariner 6 sobre a superfície com crateras de Marte. A imagem muito melhorada da superfície marciana, conseguida pela Mariner 6 em 1969, reorçou o ponto de vista de uma superfície marciana similar à lunar. O Sol está vindo do lado direito nesta imagem. No entanto, na área central mais abaixo, há alguns relevos parecidos com canais, que não estão muito claros. O significado deles não estava muito claro até as últimas imagens da Mariner 9, e especialmente da Viking, ilustrarem uma rede desses relevos, que é testemunha de um episódio antigo de erosão do solo pela água em Marte.

#_____ Pa ocular ao primeiro salto: a busca por vida em Marte_____55

quebrou a cabeça em relação a essa tênue atmosfera de dióxido de carbono que circunda Marte. Ele fez alguns cálculos básicos de energia e provou claramente que a consequência física da atmosfera de dióxido de carbono sobre Marte é que a calota congelada devia ser dióxido de carbono e não gelo de água!

Então, as Mariners 6 e 7 voaram a Marte em 1969 e confirmaram aquela superfície cheia de crateras (Figura 4.2). No entanto, os sistemas de câmera aprimorados mostraram que as crateras tinham sido cobertas e aplanadas. Agora podíamos ver a ação de uma antiga atmosfera tênue; não a que existe hoje, mas uma antiga. Mais importante, a Mariner

7 tinha como objetivo voar perto da borda da calota polar sul retraída (Figura 4.3). A nave levava um radiômetro infravermelho desenvolvido pelo dr. Gerry Neugebauer, também do Caltech, bem como um espectômetro infravermelho desenvolvido por um grupo na Universidade da Califórnia. Na verdade, essas medidas confirmaram a existência de gelo anidro de dióxido de carbono abrangendo a calota sazonal. Então o martelo foi realmente batido em relação à vida em Marte em 1969. Muitos que estavam esperançosos em relação ao assunto ficaram muito desestimulados, porque uma lua congelada e seca, com um envelope de dióxido de carbono, parecia ser um abrigo muito pouco promissor

para a vida.

-

FIGURA 4.3

A vista da Mariner 7 da calota congelada de dióxido de carbono que cerca o Pólo Sul de Marte. Este mosaico de fotografias, conseguido pela Mariner 7 enquanto sobrevoava a borda recuada da calota polar sul em agosto de 1969, forneceu fortes provas visuais desta fina camada de congelamento sazonal. A mesma nave levava um espectrômetro e um fotômetro infravermelhos que deram provas conclusivas de que a substância branca era dióxido de carbono congelado e não gelo de água, como muitos acreditavam anteriormente.

#Bruce Murray

FIGURA 4.4

Através de uma escura tempestade de poeira. A Mariner 9 chegou a Marte quando ocorria uma grande tempestade de poeira e, mesmo com o melhor processamento disponível

à época, o mosaico de quatro fotos revela pouco mais do que o limbo (canto superior direito) e quatro manchas escuras. A medida que a tempestade clareava, ficou evidente que as quatro manchas escuras eram o cume de grandes vulcões - maiores do que qualquer relevo semelhante na Terra - que eram tão altos que se projetavam acima da maior parte da tempestade. A mancha escura no canto superior esquerdo é o Monte Olimpo, que é mostrado de forma clara na prancha VII.

Revelado um passado aquoso de Marte

Como a maioria das histórias, o próximo capítulo traz mais surpresas. A Mariner 9 fez observações sistemáticas da órbita em 1971 e 1972. Carl e eu éramos membros

da equipe idealizadora. Infelizmente, Marte estava no meio de uma gigantesca tempestade de poeira quando chegamos lá, como mostra a figura 4.4, uma fotografia muito

processada, utilizando a melhor tecnologia à época. Na verdade são quatro fotografias postas juntas. Tudo que se podia ver eram essas manchas escuras engraçadas,

quatro delas uma no canto superior esquerdo, três alinhadas em cima à direita. Que diabos seria isso? Provou-se que eram grandes vulcões! A mancha no canto superior

esquerdo mostrou ser o maior vulcão do Sistema Solar (Prancha VII)! Ele tem cerca de quinhentos

quilômetros de um lado ao outro. É grande o bastante para ocupar a maior parte do nordeste dos Estados Unidos. É chamado de Monte Olimpo.

Então, esse planeta não é a Lua, ele tem vulcões muito maiores do que a Terra. É um planeta

ativo.

#Pa ocular ao primeiro salto: a busca por vida em Marte

FIGURA 4.5

Os terrenos em camadas do Pólo Su. A imagem preliminar da Mariner 7 mostra a borda em erosão de uma cobertura delicadamente posta em camadas de sedimentos depositados

pelo vento, que caracterizam as regiões polares norte e sul de Marte. O Sol está vindo do canto inferior esquerdo nesta imagem. O padrão regular dos pontos negros

são pontos de referência geométrica na placa fotográfica. Na parte inferior da fotografia, suaves crateras podem ser vistas na superfície subjacente, sob a cobertura. As finas camadas são parte de um escarpamento que está voltado para o equador (norte). A parte superior da fotografia é dominada por um conjunto inferior esquerdo/superior direito de listras, que acredita-se serem um relevo de erosão do vento, chamado de erosões eólicas, entalhado em uma superfície de topo muito plano desta cobertura de material depositado pelo vento. Esta imagem tem cerca de cinquenta quilômetros na dimensão horizontal. Ainda havia muito mais por vir. Nas regiões polares, descobrimos camadas uniformes muito, muito finas (Figura 4.5). Elas são quase planas, então tendem a se mostrar como padrões de superfície curvilínea de baixo relevo. Essas enormes camadas contam claramente a história das mudanças globais de clima. Há os mesmos tipos de relevos em camadas entre o gelo polar sul. Então Marte teve enormes flutuações climáticas bastante diferentes da Lua! Estava acontecendo algo mais, talvez análogo às épocas glaciais na Terra. Talvez nessas flutuações climáticas as condições tenham se tornado muito mais amigáveis e a vida pudesse sobreviver. Mas a maior surpresa foram os canais, não os imaginários sobre os quais Lowell falava, mas grandes ranhuras na superfície do planeta, criadas em tempos antigos por enchentes catastróficas (Figura 4.6). Além disso, as enormes crateras foram reconhecidas pela primeira vez com a Mariner 4 e depois vistas novamente com a Mariner

6. Câmeras melhores agora mos-
#58

Bruce Murray

FIGURA 4.6

Este mosaico de imagens da Viking, centralizado em aproximadamente 17° N, 55° W, registra uma rica história aquática em Marte. Este é o lado oeste do sítio do módulo de aterrissagem Viking (à esquerda desta imagem). Este terreno na fotografia inclina-se de oeste para leste cerca de três quilômetros. Os canais são uma continuação daqueles do oeste e se formaram, provavelmente, há três bilhões de anos quando uma enchente catastrófica advinda de fontes subterrâneas esculpiu extensivamente as regiões equatoriais de Marte. O Sol está vindo do canto inferior direito no mosaico. travam que existiam muitas pequenas ranhuras entalhadas na superfície. Aparentemente, houve uma erosão do solo provocada pela água um pouco depois de formadas as ranhuras. Da mesma forma, os grandes canais foram cavados há bilhões de anos - depois das grandes crateras, mas antes do claro derramamento de lava. Os canais mudaram o jogo completamente. A superfície de Marte apresenta uma história aquática antiga, mas muito poderosa. Então a ideia de que alguma vez se formou vida lá tornou-se plausível. Pode ser que algumas formas microbianas tenham até sobrevivido ao presente hostil. Carl foi um líder nessa linha de raciocínio.

#Pa ocular ao primeiro salto: a busca por vida em Marte

FIGURA 4.7

Um desenho do Módulo de Aterrissagem Viking como imaginado para examinar Marte depois de pousar. Toda a estrutura mede cerca de um metro e meio de altura e mais de dois metros na horizontal. O elemento importante é o braço que se estende do lado direito deste modelo. O módulo de aterrissagem continha um sofisticado laboratório biológico, operado por controle remoto, que era capaz de detectar qualquer forma de vida simples. Também continha um instrumento analítico muito poderoso que era capaz de encontrar traços de materiais orgânicos em até uma parte em um bilhão.

A busca da Viking por vida

Planejada para coincidir com o bicentenário dos Estados Unidos, em 1976, a missão não tripulada mais elaborada que já se viu chegou a Marte. A figura 4.7 mostra um modelo do módulo de aterrissagem Viking. Observe o longo braço projetado

para alcançar o solo e retirar amostras, depois deixar as amostras em um laboratório especial de processamento a bordo do sofisticado módulo de aterrissagem. O laboratório continha alguns dos mais sofisticados experimentos já construídos para detectar vida.

Como se detecta vida? É uma boa pergunta. Se alguém entrega um material, como se prova que tem algo vivo nesse material? Havia apenas um modo realmente universal.

É necessário que se encontrem provas de que algo está se replicando e crescendo. Havia três experiências para buscar algo que estivesse crescendo. Duas delas usavam diferentes caldos, oferecendo algo que os supostos insetos marcianos gostassem de comer. Depois mediam-se as mudanças químicas resultantes de atividade metabólica para provar o crescimento - caso houvesse algum. A terceira experiência media a absorção de dióxido de carbono radiativamente acrescido em uma experiência quase seca.

#Além disso, se houver vida, obviamente deve haver material orgânico no solo, no qual existem micróbios. Talvez os próprios insetos, mas certamente suas carcaças

e ambiente químico residual devem estar presentes em pequenas quantidades. Então houve uma outra experiência chamada espectrômetro de cromatografia de massa/gás

(GCMS), que era uma forma extremamente sensível de procurar por material orgânico no solo.

Por fim chegou o dia em que o braço saiu, cavando e fragmentando uma amostra do solo (Figura 4.8). Essa amostra foi posta no módulo de aterrissagem e foi feito o

primeiro

teste utilizando o caldo. O resultado foi extraordinário. Os dados seguiram a escala! Houve uma tremenda evolução de gases. Logo notou-se que isso não era um efeito

biológico, mas um efeito inorgânico. Havia algum composto natural naquele solo marciano que realmente estava fragmentando os reagentes líquidos da Viking.

FIGURA 4.8

O módulo de aterrissagem Viking coleta uma amostra do solo para testes em busca de vida microbiana. A fotografia do lado esquerdo mostra o braço esticado e escavando

atrás de uma rocha na superfície marciana para coletar uma amostra. O lado direito mostra o buraco do qual a amostra foi coletada. Não foi encontrada vida alguma

em quaisquer das amostras, tanto da Viking 1 quanto da Viking 2. O sofisticado equipamento analítico descobriu que a superfície era destituída de material orgânico

em um nível sem precedentes. Assim, a superfície de Marte é estéril.

Acredita-se que esta circunstância resulte do fato de que a forte radiação ultravioleta atinge

diretamente a superfície marciana, diferente da Terra, que nos protege dessa consequência com a camada de ozônio.

_____ Pa ocular ao primeiro salto: a busca por vida em

Marte _____ 61

Esse processo não terrestre de superoxidação foi confirmado pelo GCMS. Quando ele analisou o material, em busca de materiais orgânicos desde simples hidrocarbonetos

até compostos mais complexos - não encontrou nenhum! O GCMS era extremamente sensível. Então percebemos que a superfície de Marte, como se apresenta hoje em dia,

é auto-esterilizante. Qualquer traço de material orgânico, mesmo o trazido por meteoritos e cometas, não dura muito em Marte. Se não fosse assim, nós o teríamos visto.

Na verdade Marte tem um solo superoxidante, uma situação que não pode existir na Terra porque temos vapor de água em todo lugar. Qualquer micróbio em Marte seria

quimicamente destruído, assim como o caldo da Viking o foi. No caso de Marte, a radiação solar ultravioleta muito forte, atinge a superfície. Na Terra, a nossa camada

de ozônio nos protege. A forte radiação ultravioleta quebra as moléculas de vapor de água e também age nos grãos minerais. Ao todo, ela torna o meio ambiente bastante

reativo - uma situação de superoxidação. Teríamos uma analogia com a Terra se o anti-séptico peróxido de hidrogênio fosse naturalmente produzido em nosso meio ambiente

comum. Nosso cabelo seria gradualmente tingido. Nossas roupas perderiam a cor aos poucos. Nosso meio ambiente automaticamente seria esterilizado. O que vem depois?

Então, mais uma vez a perspectiva de vida na superfície de Marte desmoronou. Marte pode ter tido pelo menos formas simples de vida no passado geológico.

É onde surge

a convergência de Sagan e Murray.

O otimismo inicial de Sagan em relação a encontrar um bioma em Marte, que pudesse servir de amostra e ser comparado ao da Terra, falhou. Mas, a despeito de meu pessimismo

inicial, havia provas abundantes de que Marte teve uma história antiga muito ativa, com muita água presente na superfície, em diferentes formas. A escala de tempo

parece longa o bastante para que a vida tenha se formado em Marte de forma análoga a como deve ter se formado na Terra. A implicação é que quando Marte modificou

seu estado atmosférico, provavelmente há cerca de três bilhões de anos, para um estado extremamente hostil, qualquer vida da superfície que pudesse ter se desenvolvido não conseguiu sobreviver.

Então o enfoque científico pós-Viking tornou-se a busca por indicações da vida passada. Na Terra, as chaves mais abundantes para a vida passada são indiretas - estratos geológicos com carbonato de cálcio depositado biologicamente e alguns contendo matéria orgânica. Se fossem descobertas camadas semelhantes de carbonato de cálcio antigo em Marte, seria um indicativo de uma época de vida anterior. Mas a prova indireta definitiva seria a descoberta de depósitos de matéria orgânica primitiva.

Uma vez que o atual ambiente da superfície de Marte destrói matéria orgânica, como revelado pelas experiências do módulo de aterrissagem Viking, precisamos #saber até que profundidade precisaremos ir nessa camada oxidante. Um metro? Dez metros? Cem metros? Esse é um elemento-chave. Certamente deve haver, em algum lugar de Marte, estratos relativamente não contaminados, não destruídos, sobreviventes daquele antigo período aquoso. O que queremos descobrir são esses locais, especialmente próximos o bastante da superfície para que uma desenvolvida escavação robótica, ou outros sistemas, possa fazer uma busca direta por material orgânico. A total exploração de tais locais se tornaria o objetivo científico de futuras missões humanas.

Construindo para o futuro

Depois da Viking, e da extraordinária exploração do Sistema Solar Externo com as duas naves espaciais Voyager, o programa planetário americano entrou em colapso.

A NASA havia se comprometido totalmente com um objetivo tecnológico, o Ônibus Espacial, mais do que com um objetivo científico. A NASA começou a concentrar-se mais nos meios do que nos fins. O desenvolvimento da nave espacial superou a agência. Foi uma má escolha colocar o ser humano no circuito para tudo referente ao espaço. Os Estados Unidos abandonaram essa abordagem depois da Challenger, mas custou ao programa espacial americano quase quinze anos de progresso. O prejuízo mais crítico foi para as missões robóticas de espaço profundo, que demandavam a maior propulsão para chegar aos planetas.

Carl voltou a Pasadena para a Voyager em 1979-1980. Ele é um sério participante na exploração planetária. Ele não é um guerreiro de fim de semana. Ele se mudou para lá. Passamos muito tempo juntos nessa época. Nós dois nos convencemos, a partir de nossas experiências independentes e, de alguma forma, sobrepostas, de que o entusiasmo, o compromisso e a esperança das pessoas em geral na exploração planetária, na busca por inteligência extraterrestre continuava muito, muito forte. Mesmo ainda não tendo sido manifesta na NASA que existia então.

Assim, Carl e eu organizamos a Sociedade Planetária à qual o dr. Louis Friedman logo se associou, sendo o terceiro membro de nosso triunvirato. A busca por vida em Marte nos uniu como amigos íntimos e colaboradores na exploração. A Sociedade Planetária foi o resultado. Inventamos uma entidade

não-governamental
que poderia preceder os governos no desenvolvimento da cooperação espacial. Foi por isso que eu, Carl e Lou gastamos muito tempo fora, especialmente durante a era soviética e na transição para a era russa, à frente do governo americano. Ao mesmo tempo, Roald Sagdeev dava impulso à cooperação internacional a partir de uma posição pessoalmente mais perigosa. Ele dava esse impulso dentro das restrições soviéticas que existiam. Mas nós tivemos a chance de funcionar como uma organização americana sem fins lucrativos, e assim fizemos. A Sociedade Planetária organizou e sustentou toda uma série de projetos cooperativos de exploração de Marte. Esses trabalhos incluíam a participação francesa, soviética e americana para um novo Balão Marte. Os maio-
#Pa ocular ao primeiro salto: a busca por vida em Marte
rés esforços eram devotados aos testes no campo internacional e ao desenvolvimento de um protótipo do veículo marciano russo. Além disso, em 1985, a Sociedade Planetária desencadeou os procedimentos jurídicos americanos, e internacionais da meta do voo internacional humano a Marte, no primeiro quarto do século XXI. Essa continua sendo a meta de longo alcance que unifica os atuais trabalhos de exploração de Marte. Essa organização não-governamental, com milhares de membros dedicados, que gastam seu próprio dinheiro, fez diferença de muitas formas, mas especialmente no caso de Marte. O fato de haver um futuro tangível em Marte agora - depois de todos os retrocessos e desapontamentos - deve-se parcialmente à Sociedade Planetária.
Para onde isso tudo nos leva? A exploração robótica de Marte é o estágio central na agenda da comunidade espacial internacional. Os Estados Unidos e a Rússia estão preparando missões para lançamento em 1996. Os japoneses e os Estados Unidos estão desenvolvendo missões que serão lançadas ao nal de 19983 e no início de 999.
A meta da exploração humana em Marte a longo prazo, creio eu, é bastante compartilhada.
A busca por vida em Marte começou na ocular, cheia de conceitos errados, que foram revelados pelos primeiros voos espaciais. Novos conceitos errôneos surgiram mas foram, por sua vez, esclarecidos. O progenitor do tema de vida em Marte foi Carl Sagan. O tema que é ponto de união deste simpósio é a busca por vida em qualquer outro lugar e a melhoria da vida aqui. Isso capta a essência de Carl Sagan.
Infelizmente, esses pgnósticos não tiveram êxito. (N. do R.T.)
#1
#Vida no Cosmo
#\
#Meio ambiente da Terra e de outros mundos
OWEN B. TOON Divisão de Ciência da Terra, Centro de Pesquisa Ames da NASA e Laboratório para Física Atmosférica e Espacial Universidade do Colorado, Boulder
Antes da era das espaçonaves, os planetas eram velados em mistério, sendo vistos sem muita clareza pelos astrônomos, através de seus telescópios. Mesmo no caso de

Marte, o planeta mais próximo, cuja superfície pode ser vista, as melhores imagens tiradas daqui da Terra revelaram apenas marcos em grande escala, tais como as calotas polares. Essas observações iniciais levantaram muitas questões intrigantes. Havia canais em Marte? Ou talvez as longas e finas formações notadas por alguns astrônomos durante curtos períodos de boa visão, mas nunca fotografadas, não passassem de fantasia? As variações sazonais nas formações claras e escuras na superfície de Marte poderiam ser a vegetação florescendo na primavera e regredindo no outono? Ou as mudanças nas formações eram devidas a um fenômeno atmosférico - apenas o crescimento e declínio de gigantescas tempestades de pó em um planeta seco e sem vida? As luas de Marte poderiam ser conchas vazias - talvez espaçonaves em órbita, enviadas por uma civilização distante e desconhecida? Ou as luas eram pequenas porções de rocha cuja densidade fora medida incorretamente? Enquanto os astrônomos obtinham dados cada vez mais sofisticados para resolver esses problemas, para o público os planetas continuavam meros devaneios. Os planetas não pareciam mais reais do que a Atlântida ou do que os mundos criados pelos escritores de ficção científica, como Júlio Verne ou Edgar Rice Burroughs.

Carl Sagan manteve no corredor de entrada de seu escritório, por mais de vinte anos, um mapa representando a imagem que Burroughs tinha de #68Owen B. Toon

Marte. Por que essa ideia da Ficção científica a respeito de Marte seria tão fascinante para um cientista? É claro que os astrônomos têm uma grande imaginação. Marte pode não ter vida, mas há incontáveis planetas ainda a ser descobertos e é interessante imaginar Dejah Thoris, a voluptuosa princesa marciana ou os exóticos monstros que estão desenhados na periferia do mapa de Marte. Assim, também o mapa é um tributo à ingenuidade e à visão de futuro de gerações passadas. O mapa inclui uma estação de geração de atmosfera, reconhecendo corretamente a tênue natureza da atmosfera de Marte e a possível necessidade de dar ao planeta as condições da Terra para que a vida se mantivesse como a conhecemos. Uma montanha gigante, mapeada na ficção perto do equador de Marte, profetiza a descoberta do Monte Olimpo, o maior vulcão conhecido no Sistema Solar. Depois de a Mariner 9 ter mapeado Marte por fotografia Carl Sagan mostrou que alguns dos famosos canais retratados pelo mapa realmente existem. Por exemplo, o clássico canal Agathodaemon, ou Coprates (o único canal realmente fotografado da Terra), corresponde ao cânion chamado Valles Marineris.

No entanto, Valles Marineris é quase tão grande quanto os Estados Unidos, portanto, é mais um grande Grand Canyon do que um aqueduto. Talvez o aspecto do mapa que Edgar Rice Burroughs fez de Marte e que tanto interessou a Carl não seja propriamente o mapa, mas a forma como ele supostamente foi feito. O herói de Edgar Rice Burroughs, John Carter, viajou para Marte simplesmente levantando o braço. Não foi necessária nenhuma longa e solitária viagem ou qualquer

proteção para a vida. Essa ideia parece ridícula, mas sendo a verdade tão estranha quanto a ficção, é exatamente o que se tem feito nos últimos trinta anos ou mais.

As nações da Terra têm enviado uma armada de robôs para ver, sentir e escutar os planetas para nós. Durante essa era de espaçonaves, nós temos espiado sob o véu

de mistério que envolve os planetas. Os planetas não são mais meros filamentos da imaginação: eles se tornaram lugares.

Uma olhada casual em uma imagem de Marte, feita pela Viking, como a apresentada na figura 5., sugere que Marte pode não ser um lugar tão ruim para se visitar. As

pessoas que gostam do estilo de vida do deserto podem até achar que essas cenas são reminiscências de seu lar e pensar consigo mesmas: Esse é um excelente lugar

para passear". No entanto, julgamentos precipitados são perigosos. Antes de darmos uma volta no planeta vermelho, precisamos saber como realmente seria uma visita

a Marte.

Podemos não estar preparados para mandar seres humanos a Marte, mas o Centro de Pesquisa Ames da NASA e a Universidade Estadual do Arizona em Tempe operam um túnel

de vento que simula as condições em Marte. Apesar de ser grande o bastante, não se pode

ficar dentro do túnel de vento para ver em primeira mão como Marte se parece.

No entanto, pode-se espiar pela janela para ver quais seriam as consequências de andar em Marte. Alguns

fenômenos físicos muito interessantes ocorrem à medida que

a pressão atmosférica se reduz da terrestre para a marciana. Um jarro de água (imagine que é o sangue em seu corpo) deixado no túnel de vento

parece perfeitamente

normal até que pressões próximas à de Marte sejam alcançadas. Depois a água começa a ferver furiosamente, mas ao invés de

_____ Meio ambiente da Terra e de outros mundos _____

vapor quente ela emite um vapor frio que condensa em pequenos flocos de gelo. Em poucos segundos, a água fervente se congela em uma massa de gelo porosa e pontiaguda

. A pressão na superfície de Marte é equivalente à pressão de uma altitude superior a trinta quilômetros acima da superfície terrestre. Se você se aventurasse a

explorar o deserto de Marte sem um traje de pressão, seu corpo

literalmente explodiria quando seu sangue fervesse, matando-o antes que você sentisse falta do primeiro

hálito de oxigênio que nos sustenta na Terra

FIGURA 5.1

A superfície de Marte como vista pela Viking 2. Os pequenos sulcos, próximos ao módulo de aterrissagem, foram cavados para experiências para determinar a composição

do solo e para detectar vida.

Tive outro encontro com Marte, a bordo do laboratório voador DC-8 da NASA, durante a expedição Airbone Anarctic Ozone. Muitos cientistas

planetários vão à costa

da Antártida durante o verão para estudar os fenômenos terrestres

análogos aos de Marte. No entanto, para descobrir as razões para a súbita formação do buraco na

camada de ozônio, nós visitamos a atmosfera sobre o Pólo Sul nos meados do inverno - uma hora e local muito mais representativos de Marte do que na costa Antártica durante o verão. com certeza esse é o local mais isolado na Terra. Dezesete homens e uma mulher estavam morando na Estação Pólo Sul, localizada em um platô quase sem relevo e que fica separada do resto do mundo durante o longo inverno da Antártida.

Era equinócio de primavera e eu comecei a comparar o meio ambiente ao redor da aeronave com o meio ambiente marciano. Estávamos voando na estratosfera, no buraco da camada de ozônio, então nossa atmosfera pouco faria para proteger-nos da luz ultravioleta que efetivamente esteriliza a superfície de Marte. A aurora lá de cima me lembrava da proteção dos

#70Owen B. Toon

FIGURA 5.2

Niral Vailis:

resíduos de um antigo leito de rio, de oitocentos quilômetros de extensão, na região equatorial de Marte.

raios cósmicos de alta energia que o campo magnético da Terra e a atmosfera oferecem. Lá fora a temperatura do ar era tão baixa, abaixo de 200 K, que o combustível

precisava ser constantemente bombeado pelas asas da aeronave para evitar que congelasse. Tais temperaturas, que são normais em Marte, tornavam a atmosfera completamente

seca. Da mesma forma, a Antártida é um vasto deserto, cujos reservatórios de gelo foram abastecidos por centenas de milhares de anos de precipitação mínima. A atmosfera

à altitude de nossa aeronave continha exatamente a mesma quantidade de água que a atmosfera de Marte. Há água o bastante para encher o ar com pó de diamante, pequenos

cristais de gelo brilhantes sendo levados lá para baixo pelo vento, por todo canto daquele ar frio, mas quase insuficiente para manter uma nuvem decente, o que dizer

de rios e lagos.

O meio ambiente da Antártida é muito árido, mas é muito mais condutivo à vida, como a conhecemos, do que o meio ambiente de Marte. A vida tem apenas um pequeno apoio

no Pólo Sul. Nossa aeronave solitária, contendo menos de cinquenta pessoas, deixou atrás de si um longo rastro - um sinal tão definitivo e incomum de vida que quando

a Força Aérea Americana o observou do espaço, com um satélite, eles buscaram a causa do mesmo. Não vimos sinal de vida em Marte. Não há provas de grandes criaturas,

passadas ou presentes. Os módulos de aterrissagem Viking nem sequer observaram quaisquer efeitos de micróbios marcianos na química do solo ou da atmosfera. Os efeitos

desses micróbios são claramente evidentes na Terra. Eles mantêm o oxigênio em nossa atmosfera e poluem o ar com outros produtos, tais como o metano, que estão fora

de equilíbrio químico.

Relevos antigos na superfície marciana (Figura 5.2) lembram muito os vales de rios terrestres, sugerindo que Marte já foi mais quente e úmido do

#Meio ambiente da Terra e de outros mundos

que é agora. Nos primeiros 25% da história geológica de Marte, uma época de grande bombardeio da superfície por asteróides e cometas, a água fluía pela sua superfície.

Os primeiros fósseis de organismos simples são encontrados na Terra ao final desse período. Talvez um dia encontremos fósseis semelhantes em Marte. Se a evolução

da vida lá tiver seguido a trilha da evolução terrestre, podemos encontrar fósseis de colónias de alga, mas não ossos de dinossauros.

TABELA 5.1 Terraformação de Marte para plantas ou humanos

Parâmetro	Limites para condições	Marte hoje de
habitabilidade		
Temperatura global	0-30 °C	
Pressão		
Plantas	>10 mbar	
Seres humanos	> 500 mbar	
Nitrogênio		> -10 mbar
Plantas	>0,15 mbar	
Seres humanos		< 10 mbar
Oxigênio		
Plantas	>1 mbar	
Seres humanos	>130 a < 300 mbar	

Marte já foi um lugar melhor para viver. Talvez ele possa ser reabilitado para os humanos ou, caso isso não dê certo, pelo menos para plantas

(Tabela 5.1). Mesmo

os requisitos básicos para vida - água líquida, acima de temperaturas congelantes e pressão suficiente do ar - faltam em Marte. É quase certo que haja água em abundância

no solo marciano, mas a temperatura global é baixa demais (-60 °C) para que ela fique em estado líquido. A pressão atmosférica é apenas um pouco baixa demais para

as plantas, mas muito mais baixa para suportar as pressões de vapor de água geradas em humanos de sangue quente.

Há também desafios mais sutis e potencialmente mais difíceis para terraformar Marte. O nitrogênio pode ser um elemento que limita a vida em Marte. Parece pouco provável

que haja nitrogênio o bastante, mesmo nos reservatórios geológicos, para produzir uma pressão atmosférica terrestre. As plantas poderiam encontrar nitrogênio quase

o bastante na atmosfera atual para a fixação do gás. No entanto, se o nitrogênio atmosférico representa o suprimento total de nitrogênio, então apenas uma quantidade

limitada de biomassa pode ser criada. A atmosfera de Marte contém nitrogênio o bastante para a biomassa encontrada na terra e no mar na Terra. A maior

#72Owen B. Toon

parte da biomassa atual da Terra está presente na forma de húmus do solo e matéria orgânica degenerada no oceano; apenas 6% estão em organismos vivos. No entanto,

na Terra há quase tanto nitrogênio escondido em pedras sedimentares - remanescentes de organismos vivos que existiram antes de nós - quanto na nossa atmosfera. Assim sendo, o nitrogênio da atmosfera em Marte não pode suprir mais do que 0,1% do nitrogênio contido na biomassa atual e fóssil da Terra. Normalmente imagina-se o dióxido de carbono como sendo a chave para tornar Marte mais habitável. O dióxido de carbono da atmosfera marciana é capaz de manter um mundo vegetal. No entanto, se desejássemos reaquecer Marte usando dióxido de carbono como um gás estufa, precisaríamos lançar mão das reservas geológicas. Infelizmente, a atmosfera de dióxido de carbono resultante, o qual precisaria ter uma pressão total maior do que a da Terra para dar a Marte temperaturas próximas ao congelamento, seria tóxica para os seres humanos, mesmo na presença de oxigênio. Na verdade, as quantidades atuais de dióxido de carbono atmosférico em Marte são quase tóxicas para os humanos. Serão necessários gases estufa diferentes de dióxido de carbono, se algum dia Marte vier a ser um lar para os humanos desprotegidos. O oxigênio, como um elemento-chave para algumas formas de vida terrestre, está presente apenas em quantidades limitadas na atual atmosfera marciana, mas é abundante nos solos. O oxigênio atmosférico na Terra foi gerado nos últimos 25% da história da Terra como um produto secundário da vida. A disponibilidade de oxigênio não limita nossa capacidade de terraformar Marte. Terraformar Marte seria um projeto enorme. Seria necessário produzir uma atmosfera sintética e mantê-la constantemente. Podemos imaginar diversas maneiras para, possivelmente, chegarmos a tal atmosfera, mas a falta de conhecimento sobre as reservas minerais em Marte evita que se determine se algum desses planos é prático. Ao invés de procurarmos por ouro, ou ouro negro como os mineiros terrestres, os astronautas prospectores poderiam buscar as reservas acessíveis de carbono e nitrogênio no solo marciano, para o processo de terraformação. É claro que terraformar em escala planetária não é a única maneira de fazer com que Marte torne-se habitável para os humanos. Os astronautas podem terraformar pequenas partes de Marte, contidas em abrigos de proteção, de modo que uma colônia humana possa ser mantida, mesmo que a reengenharia planetária seja apenas um sonho distante. Os escritores de ficção científica pegaram a essência do meio ambiente de Marte na primeira metade do século. Eles viam Marte como um enorme deserto, com uma atmosfera decadente. No entanto, imaginavam nosso vizinho mais próximo, Vênus, como um paraíso tropical, repleto de humanos e diversos répteis pré-históricos. Mas Vênus se parece mais com o Hades do que com o Jardim do Éden. Se você fosse visitar Vênus em uma espaçonave, poderia imaginar as nuvens, de um amarelo pálido, como sendo uma macia e aconchegante névoa com registros interessantes no ultravioleta (Figura 5.3). No entanto, #Meio ambiente da Terra e de outros mundos

uma chegada ao topo das nuvens, que estão a aproximadamente setenta quilômetros da superfície, revelaria uma mistura de ácido sulfúrico concentrado que queimaria muito sua pele em caso de exposição. Essas nuvens são semelhantes às nuvens vulcânicas estratosféricas da Terra. Uma visita ao topo das nuvens poderia lembrar um dia enevoado em Los Angeles. À medida que descêssemos em direção à superfície, entraríamos em uma região de nuvens mais finas, precipitadas. Essas nuvens são semelhantes à densa névoa na atmosfera mais baixa da Terra, na qual a luz solar se torna tão difusa que não se pode mais localizar o Sol. Apesar de essas nuvens lembrarem as da Terra, elas são de ácido sulfúrico quase puro, e não uma refrescante mistura de água. As nuvens da Terra e as de Vênus diferem muito na composição. Na atmosfera de Vênus quase não há água para formar nuvens de água. A Terra, como Vênus, tem um ciclo ativo de ácido sulfúrico, mas as emissões de enxofre são rapidamente movidas do céu para os oceanos na Terra, enquanto continuam presas na atmosfera de Vênus.

"

FIGURA 5.3

táa , Vênus é um disco amarelo-pálido, quase sem relevo. No entanto, as nuvens, no comprimento de onda ultravioleta, têm muitas formações interessantes, brilhantes e escuras. As formações escuras são causadas pela presença de um material que absorve a luz ultravioleta: sua composição ainda é desconhecida.

#74

Owen B. Toon

A cerca de 45 quilômetros acima da superfície, sua espaçonave se libertaria das nuvens e entraria em um céu claro, com uma visibilidade semelhante à das regiões mais limpas da Terra. Agora, a pressão e a temperatura começam a crescer em direção à superfície, onde você chega à clássica versão do inferno (Figura 5.4). A pressão na superfície é equivalente a estar a mil metros de profundidade em um oceano terrestre. A temperatura é a de um forno durante seu ciclo de auto-limpeza. O céu iluminado pelo Sol, suave com gases sulfurosos, se incandesce em uma cor rosa pêssego, dando à superfície uma estranha matiz quente, enquanto as nuvens bloqueiam qualquer visão do Sol ou do paraíso. Aqui temos um meio ambiente tão hostil que nem mesmo nossa espaçonave sobreviveria por mais de algumas horas.

FIGURA 5.4

Visões da superfície rochosa de Vênus, próximo a dois módulos de aterrissagem Venera soviéticos.

Marte é muito frio, seco e sem ar para suportar a vida como conhecemos. Vênus é quente demais e sua atmosfera é muito densa e corrosiva para ser hospitaleira. A

Terra, parafraseando Goldilocks, está perfeita. A Terra permaneceu perfeita no decorrer da maior parte da história geológica, apesar da crescente luminosidade de nosso Sol - o chamado paradoxo do jovem Sol fraco, para o qual Carl Sagan tanto se esforçou para chamar nossa atenção. A linha pontilhada na figura 5.5 mostra o

aumento na luminosidade solar esperado para uma estrela, tipo solar, durante um período geológico. A linha cheia é o ponto de congelamento da água. Sem uma atmosfera, a Terra teria temperaturas que seguiriam a linha mais baixa chamada de sem atmosfera; nossa temperatura atual da superfície seria abaixo do congelamento. No entanto, o efeito estufa produzido por nossa atmosfera hoje em dia faria com que a temperatura da Terra tivesse que seguir a curva denominada "com atmosfera presente". Muitas questões surgem a partir dessa figura. Seguindo a curva "com atmosfera presente", por que a Terra não era um bloco congelado de gelo em sua história antiga quando o Sol era um regulador de luz? Como sabemos que a Terra nunca se congelou, talvez

#Meio ambiente da Terra e de outros mundos

75

FIGURA 5.5

Descrição do paradoxo do fraco Sol jovem. A medida que a luminosidade solar aumentou no decorrer do tempo, a temperatura da Terra deveria ter aumentado. No entanto, as observações mostram que a Terra tem basicamente a mesma temperatura acima do congelamento em sua história geológica. Sem uma atmosfera, a Terra seria muito mais fria do que é com sua atmosfera atual. A composição atmosférica poderia ter sido diferente nos primeiros bilhões de anos da história geológica, de forma que a temperatura da superfície então excedesse o ponto de congelamento? ela tenha seguido alguma outra curva de história da temperatura, mas então por que não superaqueceu à medida que o Sol ficou mais brilhante? Porque a Terra é perfeita agora, e permaneceu assim durante o período geológico, todo sistema planetário no vasto Universo tem um abrigo tão aconchegante para a vida? Essas questões permanecem sem resposta, mas surgiram diversas respostas plausíveis e intrigantes. A alta temperatura da superfície em Vênus nos dá algumas pistas para responder a essas perguntas (Figura 5.6). A princípio, poderíamos imaginar que a alta temperatura ocorre porque Vênus está cerca de 25% mais próximo do Sol do que a Terra. Na verdade, como a energia solar varia como a distância ao Sol ao quadrado, Vênus recebe quase duas vezes a quantidade de luz solar do que a Terra. No entanto, as nuvens de ácido sulfúrico em Vênus refletem muito da luz solar, recebida pelo planeta, de volta ao espaço. Se as posições dos planetas forem ploadas levando-se em consideração a quantidade de luz solar que potencializa os climas dos planetas, então, na verdade Vênus está quase tão longe do Sol quanto o frígido Marte. Assim sendo, Vênus não é quente por causa de sua proximidade com o Sol. A missão Pioneer Vênus mediu o perl de deposição de energia solar e os principais componentes da atmosfera de Vênus. Utilizando tais dados, podemos calcular o perl de temperatura vertical e compará-lo com as observações. Essas comparações mostram claramente que a causa da temperatura de auto-limpeza de um forno encontrada na superfície de Vênus é o efeito estufa que resulta da grande quantidade de dióxido de carbono na

#VÊNUS TERRA MARTE

dióxido de carbono de volta para a atmosfera, pelos vulcões. Marte dá uma visão adicional em relação à evolução das atmosferas e dos climas planetários. Uma coluna atmosférica em Marte contém mais de cinquenta vezes a quantidade de dióxido de carbono do que uma porção equivalente da atmosfera da Terra mas, mesmo assim, ainda cria pouco aquecimento pelo efeito estufa. A maior parte do aquecimento da Terra deve-se ao vapor de água e, como Marte está muito distante do Sol, é muito frio para que o vapor de água esteja presente na atmosfera. Para que a temperatura da superfície marciana aumente até próximo ao ponto de congelamento, de modo que o vapor de água viesse a ser abundante e a produzir um aquecimento adicional pelo efeito estufa, a atmosfera de Marte precisaria conter cerca de trezentas vezes mais dióxido de carbono do que contém atualmente. A figura 5.7 também nos dá pistas para o principal motivo de Marte não ter gases estufa que pudessem evitar que lá fosse tão frio. No início de sua história, quando a água líquida estava presente em Marte, o dióxido de carbono teria reagido para formar carbonatos no planeta. Diferente da Terra, no entanto Marte não viveu intensas atividades vulcânicas. Como se pode ver na figura 5.7, quando os fundos dos oceanos são levados abaixo da crosta da Terra pela corrente continental, o calcário é aquecido a altas temperaturas e o dióxido de carbono é expelido pelos vulcões. Essa fonte vulcânica de dióxido de carbono na Terra equilibra a perda decorrente da formação de carbonato na água líquida. Em Marte, a reposição vulcânica de dióxido de carbono não ocorre; portanto, se houvesse uma atmosfera mais densa, mais úmida, ele vagarosamente sumiria para sempre nos solos de Marte. Por que Marte hoje em dia não tem correntes continentais nem intensas atividades vulcânicas? A resposta pode estar no tamanho relativamente pequeno do planeta - ele é apenas duas vezes maior do que a lua da Terra. Por causa de seu pequeno tamanho Marte logo perdeu seu calor inicial e facilmente dissipou o calor liberado por minerais radioativos, então o seu interior agora é relativamente frio. A medida que Marte esfriou, a atividade geológica orientada pela convecção termal em seu interior cessou e, com essa perda de atividade geológica, a atmosfera marciana foi condenada. As histórias e os destinos dos três planetas terrestres sugerem que uma combinação de distância ao Sol, do tamanho planetário, bem como da evolução geológica e talvez biológica, contribuem para controlar a habitabilidade dos planetas. Essas ideias podem ser estendidas a outros sistemas solares. Na figura 5.8 encontram-se desenhadas zonas de habitabilidade para um planeta do tamanho da Terra, com uma estrela do tipo solar, em uma tentativa de determinar a probabilidade de vida em outro lugar. Os planetas do mesmo tipo da Terra não podem continuar habitáveis muito mais próximos de uma estrela do que da órbita da Terra, porque os planetas perdem sua água

por fotodissociação e surgem, então, tênues atmosferas de dióxido de carbono. Por outro lado, um planeta ainda seria confortável para a vida na órbita de Marte, embora precisasse ser grande o bastante para ter uma corrente continental para manter uma atmosfera relativamente densa de dióxido de carbono. Apesar de tal atmosfera ser tóxica para os humanos,

FIGURA 5.8

Zonas de habitabilidade calculadas para uma estrela do tipo do Sol. Um clima parecido com o da Terra teria sido formado no decorrer de um período geológico, por um planeta do tamanho da Terra na zona sombreada.

_____ Meio ambiente da Terra e de outros mundos _____ 79
sua temperatura na superfície poderia ser moderada, a água líquida poderia estar presente e as formas de vida, adaptadas a essa atmosfera, brotariam. Certamente,

a descoberta mais excitante das próximas décadas será a detecção de planetas nessas zonas habitáveis ao redor de outras estrelas.

Vênus, Marte e a Terra são os únicos planetas onde uma espaçonave aterrissou até hoje e, é claro, que a maior parte do que sabemos sobre eles é por estarem tão próximos.

Explorações futuras podem revelar muitos outros habitats interessantes. Como será visitar Titã, que pode ter mares de hidrocarbonetos? Os compostos orgânicos que

lá caem do céu podem levar a alguma forma de vida própria de baixas temperaturas? Talvez a missão Cassini, com sua sonda Titã, nos dê as respostas. Como seria visitar

Io, a lua com intensa atividade vulcânica, um tipo de Yellowstone planetário? As criaturas vivem perto das fontes sulfurosas em erupção como vivem nos poços sulfúreos

e respiradouros hidrotermais na Terra? Ou bolsas flutuantes de gás vivas conseguem flutuar pela atmosfera de Júpiter? Essas questões podem receber respostas nas missões Galileo. Cassini e Galileo converterão a incógnita da terra em um terreno familiar.

Durante a era das espaçonaves, os planetas viraram locais. Podemos não ter um guia dos melhores hotéis em Titã ou dos restaurantes em Marte. No entanto, listamos

os principais pontos turísticos. Como exploradores africanos em busca da nascente do Nilo, inferimos que existam brilhantes mares de hidrocarbonetos em Titã. Nós

vimos o Grand Canyon de Marte. Na verdade, muitas crianças passam pelos museus navegando pelos cânions marcianos em voos animados por computador, criados a partir de imagens de espaçonaves.

Há cinquenta anos, aventureiros indiretos podiam explorar os exóticos domínios da China ou as regiões polares da Terra por meio de guias feitos por exploradores,

mas só podiam explorar os planetas com heróis da ficção científica, tais como John Cárter, de Edgar Rice Burroughs. Hoje em dia, qualquer pessoa pode explorar os

planetas usando os dados planetários do mundo e arquivos fotográficos ou, ainda melhor, lendo os guias planetários escritos por Carl Sagan que, superando John Cárter,

realmente viajou aos planetas levantando seus braços.

#6

A origem da vida em um contexto cósmico

CHRISTOPHER F. CHYBA

Escritório de Ciência e Política em Tecnologia da Casa Branca 2

O título deste ensaio foi tirado de um documento que Carl Sagan publicou há vinte anos, no periódico *Origins of Life* (Sagan, 1974). "A origem da vida em um contexto

cósmico" foi uma de uma série de publicações de Carl sobre o contexto planetário para a vida. Começando em 1961 com "Sobre a origem e a distribuição planetária

da vida" (Sagan, 1961), ele continuou com o livro que é ponto de referência, escrito com Iosef Shklovskii, *Vida inteligente no Universo* (Shklovskii e Sagan, 1966)

e o artigo "Vida" na *Enciclopédia Britannica* (Sagan, 1970). Esses artigos sobrevieram a toda a corrida americana e soviética à Lua. Mas o documento de 1974 foi especial

por ser o primeiro daquela série que pôde levar em consideração os resultados da exploração espacial pelos astronautas da Apollo.

O documento de 1974 sugeria três motivos pelos quais um contexto extraterrestre seria essencial para entender as origens da vida terrestre:

Diferenciar o contingente do necessário: Apenas o estudo da vida extraterrestre nos permitirá evitar os perigos inerentes à tentativa de chegar a conclusões gerais

sobre a natureza da vida, com base no único exemplo fornecido pela biologia terrestre. Carl escreveu:

Atualmente pertence ao Departamento de Ciências Planetárias, Universidade do Arizona, Tucson, Arizona, USA.

As ideias contidas neste ensaio não necessariamente representam as ideias do Escritório de Ciência e

Política em Tecnologia da Casa Branca ou do Governo dos Estados Unidos.

#82 _____ Christopher F. Chyba

Em nossa atual ignorância profunda de exobiologia, a vida é um solipsismo. Não há aspecto da biologia contemporânea no qual possamos fazer a distinção entre o acidente evolucionário e o sine qua non biológico. Nós não podemos fazer a distinção entre o contingente e o necessário.

A vida realmente precisa ser baseada em proteínas e DNA? Será que ela precisa até mesmo ser baseada no carbono? O perigo de limitação esconde-se em cada conclusão

à qual possamos chegar.

Determinar a escala do tempo para a origem da vida. Quanto tempo levou para a vida se desenvolver na Terra? Mesmo que não possamos ainda responder a essa pergunta,

podemos pelo menos chegar perto? Qual o tempo máximo que a origem da vida poderia ter tomado - quanto durou o período disponível para a origem da vida na Terra?

Entender a origem de elementos biogênicos. Elementos tais como carbono, nitrogênio e hidrogênio formam os componentes orgânicos dos quais a vida terrestre é feita.

Esses elementos biogênicos precisaram estar disponíveis na Terra primitiva e os compostos orgânicos pré-bióticos tiveram de ser sintetizados, na ausência da biologia, antes da origem da vida.

Tratarmos de cada um desses três assuntos ilustra por que um contexto cósmico é valioso para irmos adiante no entendimento das origens da vida na Terra. Na verdade,

uma forma de visualizar o progresso nesse campo desde 1974 - progresso que se tornou especialmente substancial na década passada (para complementação ler Chyba e

McDonald, 1995) - é tratar desses três assuntos.

O RNA e outros mundos possíveis

O mais importante avanço recente em nosso entendimento das origens da vida é a elucidação de um possível mundo RNA (Gilbert, 1986 e Joyce, 1991). O mundo atual que habitamos, do qual os leitores deste ensaio são exemplares, é um mundo de proteína-DNA. Nós fazemos o metabolismo usando proteínas e armazenamo

nossa informação genética usando o DNA (ácido desoxirribonucléico). O DNA é necessário para codificar a estrutura das proteínas e, por sua vez, as proteínas são

necessárias para produzir o DNA. Em consequência, há um antigo paradoxo do ovo e da galinha sobre as origens da vida (ver, por exemplo, Dyson, 1985): se as proteínas

são necessárias para formar o DNA e o DNA é necessário para formar as proteínas, como a vida começou? O que veio primeiro, o DNA ou as proteínas?

No entanto, a partir do início da década de 1980, foi provado que o RNA (ácido ribonucléico, um primo molecular do DNA) era capaz de atividade enzimática significativa,

ou seja, de desempenhar o papel de uma proteína. com a expansão direcionada dessas habilidades por meio da evolução em tubo de ensaio, parece que o RNA é capaz

de um poder enzimático suficiente para prover a base de um metabolismo primitivo - ao mesmo tempo que servia como o material genético do sistema (por exemplo, Cech, 1993).

#A origem da vida em um contexto cósmico

A elaboração do conceito do mundo de RNA sugere que temos, na verdade, progredido ao fazer a distinção entre o contingente evolucionário e o biologicamente necessário

- na ausência de um sistema exobiológico para comparação. Parece que aprendemos que há pelo menos um tipo de vida possível, a vida RNA. Essa conclusão virou plausível

tanto pela revelação das grandes capacidades ocultas das moléculas contemporâneas de RNA, quanto pela expansão das capacidades de tais moléculas por meio da evolução

molecular dirigida em laboratório. A vida proteína-DNA aparentemente não é a única forma possível de vida.

É a premissa de que a biologia extraterrestre poderia ser baseada em química que permite algum progresso, mesmo na ausência de exemplos biológicos desenvolvidos.

Considere a antiga especulação exobiológica sobre a vida com base no silício, em vez do carbono. Em seu documento de 1961, Carl argumentou que

os silicatos não têm a capacidade de formar cadeias de tamanhos variáveis, o que caracteriza compostos carbônicos, tais como polinucleotídeos e polipeptídeos. Assim

sendo, é de se duvidar que os silicatos pudessem ser um composto fundamental dos organismos extraterrestres.

Então, parece que nós podemos ter e tivemos um progresso em relação ao entendimento de possibilidades alternativas para a vida, mesmo na ausência de amostras de

vida extraterrestre. O mundo do RNA compartilha de muitas características de nosso mundo de proteína DNA, então ele não testa os limites do possível tanto quanto o faria a vida extraterrestre. Apesar disso, Carl pode ter sido muito pessimista em sua visão sobre o que poderíamos esperar alcançar sem uma amostra extraterrestre para nos guiar e testar.

Escalas de tempo para a origem da vida

Nosso entendimento sobre o tempo necessário para a origem da vida na Terra mudou com a exploração da Lua, feita por espaçonaves americanas e soviéticas, bem como os seus retornos, com amostras, para a Terra, Tal exploração tornou claro que para entender as origens da vida na Terra, nós precisamos ir à Lua e aos planetas.

Isso não é só uma metáfora, mas uma verdade literal.

Fósseis microscópicos e fósseis de estruturas microbianas, ou estromatólitos, foram encontrados nas rochas sedimentares terrestres que têm 3,5 bilhões de anos (GA3).

A Terra tem aproximadamente 4,6 GA. Já o solo dos oceanos é muito novo, normalmente com menos de 20 milhões de anos (MA4). A maior parte da crosta continental é posterior ao período

Giga-anos. (N. do T.) Mega-anos. (N. do T.)

#Arqueano, que terminou há 2,5 GA. A maior parte da crosta arqueana tem menos que 3,5 GA. Na verdade, só na Austrália ocidental, sul da África e sul da Groenlândia

há rochas sedimentares com 3,5 GA. Os terrenos da Austrália ocidental e do sul da África têm cerca de 3,5 GA. A formação Isua na Groenlândia consiste de metassedimentos

de 3,8 GA. A Terra é tão geologicamente ativa que, até onde sabemos, não há rochas sedimentares ou metassedimentares em nenhum outro lugar do planeta (Veizer, 1983).

Isso é muito interessante porque apenas as rochas de origem sedimentar podem conter fósseis.

O mais fascinante em relação a esses terrenos mais antigos é que todos conservam sinais de vida antiga. Há diversos fósseis de, sem sombra de dúvidas, 3,5 GA de

idade na Austrália ocidental, bem como prováveis candidatos no sul da África (Schopf e Walter, 1983 e Schopf, 1993). Os metassedimentos de Isua são sedimentos que

depois foram expostos a altas temperaturas e pressões durante sua longa história, então parecem incapazes de ter fósseis. Contudo, a taxa de isótopo de carbono (C/C)

no carbono orgânico de Isua pode ser um indício de fracionamento isotópico por vida fotossintética (Schidowski 1988) - apesar de essa conclusão continuar controversa.⁵

Então, a evidência geológica mais antiga para condições na Terra primitiva mostra sinais de vida - e talvez vida sofisticada, fotossintética. Isso

torna muito difícil

o entendimento da natureza do meio ambiente terrestre à época da origem da vida, examinando evidências geológicas. A idade da evidência mais antiga que temos é muito

recente - a vida já existia. Nós não podemos aprender sobre as condições na Terra pré-biótica estudando a Terra, porque o quadro foi apagado. Mas nós podemos aprender

algumas coisas importantes sobre a Terra pré-biótica ao observarmos a Lua.

Os resultados das aterrissagens na Lua mostraram que a maior parte da sua superfície é muito antiga; muito dela é mais velho do que as pedras sedimentares mais antigas

da Terra. Assim sendo, a Lua torna-se uma janela para os primeiros bilhões de anos da história do Sistema Solar. A Lua está morta geologicamente há três milhões de

anos, portanto, diferente da Terra, manteve muitos dos registros desse antigo período.

A datação radioativa das amostras lunares permite a reconstrução de uma história do processo de formação das crateras lunares. As rochas datadas vieram de diferentes

locais da Lua; combinadas com a contagem de crateras existente nestes terrenos (projeto de estudo do vulcanismo balsático

1 981), geram um gráfico da contagem de crateras por unidade de área da Lua, como uma função do tempo (por exemplo, Chyba, Owen e Ip, 1995). Esse gráfico sugere

que apesar de o processo de formação de crateras na Lua nos últimos 3,5 GA ter tido um nível relativamente baixo, comparável ao de hoje, o processo de formação de

crateras nos primeiros bilhões de anos da história da Lua foi exponencialmente maior. Sabendo quanto maior a gra-

Desde que este capítulo foi escrito, a prova isotópica de vida há 3,85 GA (de rochas da ilha Akilia, Groenlândia) ficou muito mais forte. Ver S. J. Mojzsis, G. Arrhenius,

K. D. McKeegan; T. M. Harrison, A. P. Nutman, C. R. L. Friend, 1996.

"Prova de vida na Terra anterior a 3,8 bilhões de anos". Nature, 384:55-59.

#A origem da vida em um contexto cósmico _____ 85

vidade da Terra é em relação à da Lua, bem como as velocidades típicas dos projéteis de impacto, a extrapolação da história do processo de formação de crateras na

Lua para a Terra fica clara. Por conseguinte, podemos fazer estimativas estatísticas razoáveis da história do processo de formação das crateras na Terra para esse

primeiro bilhão de anos, apesar dos poucos registros que permaneceram daquela época. A Lua é crítica para um quadro geral preciso do ambiente de impacto da Terra primitiva.

Por que isso é tão importante? Todo mundo está familiarizado agora com a ideia de que um cometa ou asteróide colidiu com a Terra há 65 MA, ao final do período Cretáceo

(Alvarez et al., 1980). (O período geológico imediatamente seguinte ao Cretáceo foi o Terciário; na verdade, o bólido chama-se bólido Cretáceo-Terciário, ou C/T).

Tal colisão, que escavou a cratera Chicxulub, de duzentos quilômetros de diâmetro (Sharpton et al.,

1992), foi o impacto de um objeto com o tamanho aproximado do cometa Halley - cerca de dez quilômetros de diâmetro. Agora parece bastante provável que o impacto

C/T tenha tido uma grande influência sobre a história da vida na Terra. O fato de nós estarmos aqui - e não, vamos dizer, répteis verdes de seis patas - pode ser

o resultado desse impacto. Ao extrapolarmos o registro do processo de formação das crateras lunares para a Terra, fica claro que objetos do tamanho do bólido C/T colidiram com a Terra aproximadamente 10 mil vezes durante seu primeiro bilhão de anos. À época da origem da vida, digamos cerca de 4 GA atrás, a Terra estava suportando um impacto desses a cada quatrocentos milhares de anos. O registro do processo de formação das crateras lunares também revela que o fluxo de bólidos aumentou, em número, cerca de 1,6 vezes a taxa de decréscimo do diâmetro do bólido. Assim sendo, por exemplo, a Terra há 4 GA poderia também estar sofrendo o impacto de um corpo de um quilômetro de diâmetro a cada 5 mil anos, ou coisa assim. É óbvio que era um ambiente extremamente hostil. Darwin, em sua famosa carta para Hooker, datada de 1871 (reproduzida, por exemplo, em Hartman, Lawless e Morrison, 1985), imaginava que a vida tinha sido originada em algum pequeno lago quente. Essa é uma imagem pacífica, levando as pessoas a imaginarem condições quietas, serenas. Mas a Lua nos ensina que esse não é o quadro certo. O quadro certo é que a vida na Terra deve ter se originado não em circunstâncias quietas, pacíficas, mas em um ambiente extremamente violento, com muitos impactos. As maiores crateras na Lua - estruturas grandes, com vários anéis, com mais de trezentos quilômetros de diâmetro - são chamadas de bacias. Agora conhecemos cerca de cinquenta dessas bacias lunares (Wilhelm, 1987), de vários tamanhos, como a bacia Aitken do Pólo Sul, com cerca de 2.200 quilômetros de diâmetro (Belton et al. 1992). A maior bacia que se pode observar no lado visível da Lua é Imbrium, com cerca de 1.160 quilômetros de diâmetro. São necessários objetos com raio entre 50 e 150 quilômetros para escavar bacias desse tamanho. com uma secção transversal gravitacional cerca de 25 vezes maior do que a da Lua, e cerca de cinquenta bacias lunares, fica claro que a Terra suportou um grande número de gigantescos impactos.

8 Christopher F. Chyba

O mais gigantesco desses impactos teria tido consequências extremamente graves para a vida na Terra. O trabalho de Maher e Stevenson, (1988) e Sleep et al. (1989) sugere que o maior impacto bem poderia ter esterilizado a superfície da Terra. Nesse caso, a janela para a origem da vida foi tão larga tanto o tempo entre a mais antiga evidência geológica de vida (3,5 ou 3,8 GA atrás) e o impacto esterilizante final. com o pesado bombardeamento da Lua, que não acabou até cerca de 3,8 GA atrás (o impacto Imbrium, incidentalmente, parece ter ocorrido há 3.85 GA), a escala de tempo da origem da vida na Terra reduz-se de cerca de um bilhão de anos para cerca de 100 MA, ou até menos. O indício de que o bombardeamento lunar evidente nos resultados da Apollo implicou uma janela mais estreita para a origem da vida do que imaginávamos antes, provavelmente com apenas 100 MA de duração, foi, até onde sei, constatado por Carl em seu ensaio de 1974.

O que acontece quando a Terra é atingida por um dos maiores dos grandes bólidos? Sleep et al., (1989) estudaram detalhadamente essa questão, modelando o resultado da colisão com a Terra de um objeto com cerca de quatrocentos quilômetros de diâmetro - praticamente o tamanho dos grandes asteróides Vesta, Pallas ou Hygiea.

A Terra, no começo, talvez tenha suportado uma porção de colisões desse tipo. Em impactos dessa magnitude, a colisão cria uma atmosfera de poeira que circula o globo e se mantém por vários meses. Então, por esse período de meses, se você fosse um organismo na superfície terrestre, você estaria respirando poeira. Isso é mal - não só para organismos já formados, mas também para a química pré-biótica. Essa atmosfera de poeira faz a ablação do oceano, evaporando-o completamente. Em consequência, a Terra, por um período de milhares de anos, estaria envolta em uma densa atmosfera de vapor que cozinhava a superfície terrestre até uma profundidade de algumas centenas de metros, em alguns milhares de Kelvin. Ao final desse período, o oceano teria chovido de volta para a atmosfera. Esse é um evento de esterilização do planeta. Parece plausível que toda vez que uma colisão dessa magnitude acontece, qualquer que seja a experiência promissora para a origem da vida em andamento é aniquilada e a química pré-biótica deve começar de novo do zero. O relógio é reiniciado. Sob esse ponto de vista, o fato de a vida na Terra hoje ser baseada em nossa bioquímica particular pode ser um tipo de resultado aleatório. Se o último efeito esterilizante da Terra não nos tivesse acertado, ou se ainda tivesse havido mais depois que nossos ancestrais finalmente tivessem tomado o controle há 3,5 GA, a vida contemporânea na Terra seria, por si mesma, um exemplo de uma das biológicas radicalmente diferentes que Carl buscava em 1974, para uma perspectiva mais abrangente.

Contudo, não se tem certeza de que um desses impactos gigantes necessariamente tenha esterilizado o planeta. O aquecimento de centenas de metros acima da superfície, a mil graus, não significaria esterilizar planeta se a vida tivesse sido gerada e tido tempo de migrar em nichos protetores, a profundidades suficientes para continuar insensível ao aquecimento da superfície. É muito interessante, nesse aspecto, que haja atualmente bactérias #A origem da vida em um contexto cósmico conhecidas por florescer a profundidades de diversos quilômetros (Boston, Ivanov e McKay, 1992). No caso de a Terra ter sido um abrigo para uma biosfera profunda e quente na crosta terrestre (Gold, 1992), especialmente se encarmos a vida como tendo sido originada em tais profundidades, mesmo os impactos do tipo Vesta causariam pouco incômodo. É necessário que se entenda muito mais a vida no subsolo da Terra antes de sabermos como avaliar esse aspecto do problema. Além dos impactos gigantes, deve ter havido muitos outros que teriam evaporado apenas uma fração dos oceanos. Um exemplo seriam os impactos que evaporaram os duzentos

metros superiores do oceano, a zona de luz, onde é possível a vida fotossintética. Estatisticamente, é possível que mais de um impacto destrutivo da zona de luz tenha ocorrido depois do impacto final de evaporação do oceano. Pode ser que a única vida que tenha sobrevivido tenha sido a vida que tenha permanecido nas profundezas ou se desenvolvido em direção a elas, tornando-se, assim, os ancestrais da vida terrestre contemporânea.

Foi sugerido que os primeiros ancestrais de microorganismos que ainda existem fossem termófilos que cresciam à temperatura próxima da de ebulição da água (por exemplo, Woese, 1987). Isso poderia significar que os primeiros organismos na Terra evoluíram nas profundezas (e correspondentes altas temperaturas) ou, ao contrário, que se desenvolveram na superfície, mas apenas os que se espalharam rapidamente para nichos profundos e protegidos conseguiram passar pelo gargalo do impacto.

A entrega de elementos biogênicos e orgânicos pré-bióticos pelo impacto Até agora eu estive discutindo a devastação potencial causada por colisões cósmicas com a Terra. Sob esse ponto de vista, os impactos teriam diminuído o tempo disponível para a origem da vida na Terra. Mesmo assim, há um sentido no qual os impactos também teriam ajudado na origem da vida.

Os cometas e muitos asteróides são extremamente ricos em elementos biogênicos, aqueles elementos voláteis como carbono e nitrogênio que são essenciais para a vida orgânica. O cometa Halley, por exemplo, tem aproximadamente 25% de sua massa composta por material orgânico. Isso pode parecer incrível, mas é o que sugere a abundância quase cósmica desses elementos no cometa, e é corroborado pelas medidas feitas pelas espaçonaves (ver por exemplo, Chyba et al., 1990, Delsemme, 1991).

A Terra, por outro lado, é extremamente deficiente em tais elementos. Muitos modelos de formação terrestre sugerem que a Terra teria se formado muito pobre em voláteis (ver por exemplo, Delsemme, 1992). Parece possível, se não provável, que quaisquer elementos biogênicos que a Terra tenha foram trazidos depois da formação, como

um tipo de camada superficial de impacto de colisões de cometas e asteróides de carbono. Nessa visão, os cometas e alguns asteróides teriam servido como uma espécie

de condutor de elementos voláteis (inclusive elementos biogênicos) do Sistema

#Solar Externo, onde tais elementos abundam, para o Sistema Solar Interno, onde as temperaturas eram altas o bastante para que houvesse água líquida

- a condição sine qua non para a vida como a conhecemos - mas onde os elementos biogênicos eram extremamente raros.

Quantitativamente, usando o registro do processo de formação de crateras lunares para estimar a massa total acrescida à Terra depois de 4,4 GA e antes de 3,5 GA

atrás - observando que cerca de 10% da massa dos objetos que escavaram as bacias lunares e crateras eram de cometas - a Terra deve ter sido acrescida de cerca do

equivalente a um oceano de água. Agora parece plausível que a Terra tenha, para efeitos práticos, coletado todo seu complemento de água, carbono, nitrogênio e outros

compostos e elementos cruciais para a biologia, dessa forma (Chyba et ai., 1995).

Por fim, pode-se perguntar se o caldo primordial da Terra primitiva pode ter sido abastecido de orgânicos pré-bióticos dessa mesma forma via o depósito durante o pesado bombardeio. É difícil fazer isso. Se um objeto do tamanho do cometa Halley, por exemplo, batesse na Terra, a explosão resultante teria uma energia de cerca de 100 milhões de megatons. A princípio, parece improvável que as moléculas orgânicas sobrevivessem a tais condições. Na verdade, há alguns anos, quando trabalhávamos com os colegas Paul Thomas e Leigh Brookshaw, Carl Sagan e eu propusemos um modelo para a sobrevivência de orgânicos nos impactos de cometas e de asteróides com a Terra, e verificamos serem necessárias circunstâncias excepcionais para que os orgânicos sobrevivessem (Chyba et ai., 1990 e Thomas e Brookshaw, 1997).

No entanto, há uma data de início para a fronteira C/T. É claro que a camada de barro na fronteira C/T é rica em irídio; foi essa anomalia do irídio que primeiro levou Alvarez (et ai., 1980) a postular um impacto gigante como o gatilho da extinção. De forma notável, parece que a fronteira também é rica no aminoácido a aminoisobutírico e isovalina racêmica (Zhao e Bada, 1989). Esses aminoácidos são extremamente raros na biosfera, mas estão entre os mais comuns em meteoritos e nos experimentos laboratoriais de síntese pré-biótica. Suas descobertas na fronteira sugerem que há um mecanismo, talvez síntese por resfriamento em uma bola de fogo crescente, para produzir grandes quantidades de orgânicos pré-bióticos interessantes em grandes impactos. Na verdade, em algumas prováveis atmosferas primitivas da Terra, as fontes exógenas de orgânicos podem ter excedido a produção atmosférica endógena de luz ultravioleta ou descargas elétricas (Chyba e Sagan, 1992,1997).

Panspermia e Marte

Para finalizar, eu gostaria de mencionar um traço de esperança para obtermos um contexto cósmico para a vida terrestre, buscando vida extinta (presumivelmente microscópica) em Marte. Apesar de serem bem conhecidas as dificuldades enfrentadas pelas teorias tradicionais de panspermia através de distâncias interestelares (Davies, 1988), é possível que os

#A origem da vida em um contexto cósmico _____ 89
microorganismos possam ter migrado entre a Terra e Marte nos fragmentos expelidos nas vizinhanças de impactos gigantes (Melosh, 1988).

Obviamente, é mais provável

que esse tipo de troca tenha se dado durante o período do pesado bombardeio. Sabemos que temos pedaços de Marte em nossos museus, na forma de meteoritos SNC (Shergottite - Nakhilite Chassignite)⁶ e que alguns deles apresentam provas de muito pouco aquecimento por choque. A física de ejeção planetária na ausência de altas pressões e temperaturas por choque agora é bem entendida (Melosh, 1989).

Os meteoritos SNC têm muito a nos dizer sobre a possibilidade de uma hidrosfera antiga em Marte (Karrisson et ai. 1992) e orgânicos de Marte (McDonald e Bada, 1995).

Pedaços maiores de Marte, de dez metros ou mais, poderiam abrigar microorganismos dos raios cósmicos durante a passagem interplanetária, de modo que é possível que os microorganismos possam ter migrando entre Marte e a Terra no início da história desses planetas.

No futuro, à medida que explorarmos Marte, e enquanto procuramos por sinais de uma antiga biosfera marciana, serão precisamente esses fósseis os mais fáceis de identificarmos como fósseis - em virtude de suas semelhanças com os microfósseis terrestres - que trarão mais problemas para identificarmos se eles representam uma origem de vida em Marte separada ou meramente resultante de um tipo de inoculação de Marte para a Terra. (Para essa questão, eles poderiam até mesmo representar os ancestrais agora extintos de vida terrestre, cujos únicos descendentes vivos são os que sobreviveram à perigosa viagem à Terra). A descoberta de fósseis microscópicos, que lembram os microorganismos terrestres, nos diria que a vida em outros mundos pode encontrar as mesmas soluções para o problema do início da evolução? Ou simplesmente significaria que os dois mundos trocaram organismos entre si no início de suas histórias? Não está claro se as descobertas de fósseis em Marte necessariamente ajudarão a dar o tipo de perspectiva que Carl pediu. Esse tipo de perspectiva pode ser ainda mais difícil de alcançar do que acreditávamos.⁷

Bibliografia

ALVAREZ, L. W., ALVAREZ, W. A., ASARO, F., MICIKL, H. V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208:1095-1108. PRO.IETO Estudo do Vulcanismo Basáltico, 1981. Basaltic Volcanism on the Terrestrial Planes. Nova York: Pergamon Press. Shergottite, chassignite em português. (N. do R. T.) Desde que este capítulo foi escrito, foram relatados possíveis microfósseis e outros possíveis sinais de vida no meteorito ALH84001 de Marte. Essas reivindicações continuam controversas. Ver D. S. McKay, E. K. Gibson, K. E. Thomas-Kepner, H. Vali, C. S. Romanek, S. J. Clemett, X. D. F. Chillier, C. R. Machling, R. N. Zare. 1996, Search for past life on Mars: Possible relic biological activity in Martian meteorite ALH84001. *Science* 273:924-930.

_____ Christopher F. Chyba

BELTON, M. J. S., HEAD, J. W., PIETERS, C. M., GREELEY, R., MCEWEN, A. S., NEUKUM, G., KEASEN, K. P., AGER, C. D., CARR, M. H., CHAPMAN, C. R., DAVIES, N. E., FANAE, F. P., GIERASCH, P. J., GREENBERG, R., INGERSOLL,

A. P., JOHNSON, T., PACZKOWSKI, B., PIECHER, C. B., VEVERKA, J. 1992 - Lunar impact basins and crustal heterogeneity: New western limb and far side data from Galileo. *Science* 255:570-576. BOSTON, P. J., IVANOV, M. V., MCKAY, C. P., 1992. On the possibility of chemosynthetic ecosystems in subsurface habitats on Mars. *Icarus*, 95:300-308. CECH, T. R. 1993. The efficiency and versatility of catalytic RNA:

Implications for an RNA world. *Gene*, 135:33-36. CHYBA, C. F., MCDONALD, G. D. 1995. The origin of life in the Solar System:

Current issues. *Annu. Rev. Earth Plane Sei.* 24:215-249. CHYBA, C., Sagan, C., 1992. Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: An inventory for the origin of life. *Nature*, 355:125-132. CHYBA, C. F., Sagan, C., 1997. Comets as a source of prebiotic organic molecules for the early Earth. *Comets and the Origin and Evolution of Life*. In P. J. THOMAS, C. F. CHYBA, C. F. MCKAY, ed., Nova York: Springer-Verlag, 47-173. CHYBA, C. F., THOMAS, P. J., BROOKSHAW, L., SAGAN, C., 1990. Cometary delivery of organic molecules to the early Earth. *Science*, 249:366-373. CHYBA, C. F., Owen, T. C., Ip. W.-H. 1995. Impact delivery of volatiles and organic molecules to Earth. In T. Gehreis, ed. *Hazards Due to Comets and Asteroids*. Tucson: Editora da Universidade do Arizona, 9-58. DAVIES, R. E. 1988. Panspermia: Unlikely, unsupported, but just possible. *Acta Astron.* 17:129-135. DELSEMME, A. H. 1991. Nature and history of the organic compounds in comets: An astrophysical view. In R. I. Newburn, M. Neugebauer, J. Rahe, eds. *Comets in the post-Halley era*. Dordrecht: Kluwer, 377-428. DELSEMME, A. H. 1992. Cometary origin of carbon, nitrogen and water on the Earth. *Orig. Life Evol. Biosph.* 21:279-298. DYSON, F. 1985. *Origins of Life*, Cambridge: Cambridge University Press. GILBERT, W. 1986. The RNA world. *Nature* 319:618. GOL, T. 1992. The deep, hot biosphere. *Proc. Natl. Acad. Sei. USA* 89:6045-6049. HARTMAN H., LAWLESS, J. G., MORRISON, P., eds. 1985. *Search for the Universal Ancestors*. Washington: NASA SP-477. JOYCE, G. F. 1991. The rise and fall of the RNA world. *New Biol.* 3:399-407. KARLSSON, H. R., CLAYTON, R. N., GYBSON, E. K., MAYEDA, T. K. 1992. Water in SNC meteorites: Evidence for a martian hydrosphere. *Science*, 255:1409-1411. MAHER, K.A., STEVENSON, D. J. 1988. Impact frustration and the origin of life. *Nature*, 331:612-614. MCDONALD, G. D., BADA, J. L. 1995. A search for endogenous amino acids in the martian meteorite EETA 79001. *Geochim. Cosmochim. Acta* 59:1179-1184.

#A origem da vida em um contexto cósmico

MELOSH, H. J. 1988. The rocky road to panspermia. *Nature*, 363:498-499. MELOSH, H. J. 1989. *Impact Cratering: A Geologic Process*. Nova York: Editora da Universidade de Oxford. SAGAN, C. 1961. On the origin and planetary distribution of life. *Radia. Rés.* 15:174-192. SAGAN, C. 1970. Life. *Encyclopaedia Britannica*. SAGAN, C. 1974. The origin of life in a cosmic context. *Orig. Life Evol. Biosph.* 5:497-505. SCHIDLÓWSKI, M. A. 1988. 3,800-million-year isotope record of life from carbon in sedimentary rocks. *Nature* 333:313-318. SCHOPE, J. W. 1993. Microfossils of the early Archean apex chert: New evidence for the antiquity of life. *Science*, 260:640-646. SCHOPF, J. W., WALTER, M. R. 1983. Archean microfossils: New evidence of ancient microbes. In J. W. Schopf, ed., *Earth's Earliest Biosphere: Its Origin and Evolution*. Princeton: Editora da Universidade de Princeton, 214-239. SHARPTON, V. L., DALRYMPLE, G. B., MARIN, L. E., RYDER, G., SCHURAYTZ, B. C., URRUTIA-FUCUGAUCHI, J. 1992. New links between the Chicxulub impact structure and the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*,

359:819-821. SHKLOVSKII, I. S., SAGAN, C. 1966. Intelligent Life in the Univers. Nova York: Deli. SLEEP, N. H., ZAHNLE, K. J., KASTING, J. E, MOROWITZ, H. J., 1989. Annihilation of ecosystems by large asteroid impacts on the early Earth. Nature, 342:139-142. THOMAS, P. J ., BROOKSHAW, L. 1997. Numerical models of comet and asteroid impacts. In P. J. Thomas, C. F. Chyba, eds., McKay, C. P., Comes and the Origin and Evolution of Life. Nova York: Springer-Verlag, 131-145. VEIZER, J. 1983. Geologic Evolution of the Archean-early proterozoic Earth. In J. W. Schopf, ed., Earths Earliest Biosphere. Princeton: Editora da Universidade de Princeton, 240-259. WILHEEMS, D. E., 1987. The Geologic History of the Moon. Washington: U.S. Geological Survey SP 348. WOESE, D. R. 1987. Bacteria evolution. Microbio. Rev. 51:221-271. ZHAO, M., BADA, J. L., 1989. Extraterrestrial amino acids in Cretaceous/Tertiary boundary sediments at Stevns Klint, Denmark. Nature 339:463-465.

#- -- -----

#Impactos e vida: vivendo em um sistema planetário em risco
DAVID MORRISON

Centro de Pesquisa Ames da NASA Divisão de Ciência Espacial
Em julho de 1994, os habitantes do planeta Terra testemunharam uma colisão interplanetária. Desde a época de Newton, a maioria dos cientistas havia pensado no Sistema Solar como uma máquina determinista, obedecendo às leis da natureza com a precisão de um relógio. Havia pouco espaço em nossa cosmologia para colisões violentas. com certeza, as superfícies com crateras, da Lua e dos planetas, testemunham colisões desde o início da história do Sistema Solar, mas a maioria das pessoas considerava que tais eventos ou eram restritos a tempos antigos, quando os planetas eram jovens, ou aconteciam com tão pouca frequência que não causavam preocupação nos dias de hoje. Mesmo assim, no verão de 1994, nos encontramos assistindo a um evento como aquele em que os fragmentos do cometa Shoemaker-Levy 9 fS-L 9) mergulhavam, um depois do outro, na atmosfera de Júpiter. Essa série de impactos sem precedentes apagou a ilusão de que o Sistema Solar estaria livre de colisões catastróficas. Os impactos do S-L 9 com Júpiter vieram quando estavam ocorrendo mudanças fundamentais em nossa concepção sobre o papel das colisões cósmicas. Nos últimos trinta anos, nosso entendimento sobre o papel das colisões aumentou, à medida que as espaçonaves exploravam as superfícies planetárias em todo o Sistema Solar, demonstrando que os impactos que formavam as crateras eram uma força dominante na história planetária. As mesmas três décadas revelaram a presença de mais de 150 crateras de impacto na Terra, marcas do contínuo bombardeamento de nosso planeta. No entanto, a contribuição mais importante para essa revolução aconteceu em 1981, quando LUÍS e Walter Alvarez e seus colegas (na Universidade da Califórnia, em Berkeley) descobriram que um impacto extraterrestre havia sido responsável pela

#extinção em massa que ocorreu há 65 milhões de anos, ao final do período Cretáceo da história geológica. Até então, os impactos e as crateras produzidas por eles eram de interesse apenas dos geólogos. O que a equipe de Alvarez descobriu foi que mesmo impactos relativamente modestos podem modificar o ambiente de uma forma tão severa que o curso da evolução biológica fica profundamente alterado. Assim, a história da vida neste planeta e, por implicação, a origem dos humanos, está muito ligada à história dos impactos do Sistema Solar.

Este ensaio lida com um novo paradigma: que a vida se desenvolveu na Terra em um ambiente pontuado de catástrofes de impacto. Aprendemos que nosso planeta vive em uma "má vizinhança", com ocasionais surtos de violência que influenciaram drasticamente a nossa história. Estamos particularmente interessados nos danos contemporâneos impostos pelos impactos, bem como em propostas sobre como lidar com tais riscos.

Carl Sagan desempenhou um importante papel na revolução que estamos discutindo. Como o principal expoente mundial da exploração planetária, ele fez muito para incentivar missões aos planetas, planejar a ciência crítica que era feita em tais missões e interpretar os resultados para o público mais abrangente possível. Carl também teve um papel de liderança no reconhecimento da importância dos impactos e da existência de uma ameaça nos dias de hoje. Ele foi especialmente sensível às implicações geopolíticas do risco do impacto e ao impulso que essa ameaça deu a possíveis esquemas de defesa, muitos dos quais são potencialmente mais perigosos do que o risco natural que levou à elaboração deles. Sua combinação única de conhecimento técnico e sabedoria humana será importante para os debates de política pública que surgirão ao redor do risco do impacto e os potenciais sistemas de defesa. Lições da colisão do cometa

Quando o cometa S-L 9 foi descoberto, alguns meses depois de ter se partido durante um recente encontro com Júpiter, ele era formado por mais de vinte fragmentos, todos em órbita de Júpiter (Prancha VIII). Como resultado das perturbações introduzidas pela gravidade solar, essas órbitas foram distorcidas para gerar uma colisão planetária na volta seguinte. Por um período de cerca de uma semana, em julho de 1994, cada um dos fragmentos foi condenado a ter um impacto com o planeta à latitude de 44° sul, exatamente sobre o horizonte, quando visto da Terra. Apesar de os telescópios terrestres não poderem captar a verdadeira entrada e a explosão de cada impacto, eles estavam bem posicionados para ver qualquer grande projeção de material expelido sobre o local do impacto. E alguns minutos após cada evento, o local

do impacto ficava à vista por causa da rápida rotação do planeta. Nos meses anteriores aos impactos, foram desenvolvidos diversos modelos para prever as consequências do choque de material despedaçado, no #Impactos e vida: vivendo em m sistema planetário em risco_____95 planeta, a uma velocidade de setenta quilômetros por segundo, mais do que três vezes a velocidade de reentrada das cápsulas lunares Apollo. A tensão da desaceleração

na atmosfera de Júpiter levaria ao rápido rompimento de cada corpo. Infelizmente, no entanto, os tamanhos dos fragmentos não puderam ser medidos, levando a previsões bastante divergentes para o fenômeno observável. Os modelos de fratura pelas forças de marés no cometa durante seu sobrevoo, em 1992, por Júpiter, sugeriram que os maiores fragmentos não tinham mais do que um quilômetro de diâmetro. Na véspera dos impactos, muitos observadores (talvez a maioria deles) estavam com medo de que os cometas fossem engolidos por Júpiter sem traços visíveis. Esses receios não se concretizaram e mesmo os menores impactos do S-L 9 produziram consequências surpreendentes, com implicações diretas para o risco de impacto na Terra. Cada um dos fragmentos maiores aparentemente penetrou a uma profundidade que quase não alcançava as nuvens de água jovianas, onde se desintegraram liberando uma energia total de aproximadamente 100 mil megatons consideravelmente maior do que o arsenal de armas nucleares da Terra. Grande parte dessa energia foi direcionada para cima, junto com a trilha do meteoro, para produzir uma projeção de gás quente que se elevou a uma altitude de quase 4 mil quilômetros acima do nível mais alto das nuvens. Uma vez que as projeções do impacto estavam se movendo muito devagar para escapar de Júpiter, elas logo entraram em colapso. Qualquer poeira ou outro material sólido nas projeções entrou novamente na atmosfera a velocidades na ordem de dez quilômetros por segundo e ficou incandescente. A intensa chuva de meteoros resultante aqueceu o gás e a poeira e iluminou os céus de Júpiter com radiação infravermelha. Uma vez que a essa hora o local do impacto havia entrado no campo de visão, o pulso infravermelho foi amplamente observado pelos astrônomos da Terra. Uma tempestade de meteoros semelhante ocorreria na Terra em seguida a um grande impacto, mas no nosso caso o pulso de calor seria distribuído por quase todo o planeta, incendiando florestas e vegetações em uma escala mundial. Provavelmente, foi uma conflagração assim a responsável pela extinção dos dinossauros e de muitas outras espécies da flora e da fauna terrestres há 65 milhões de anos. O material da projeção que caiu em cascata de volta na atmosfera de Júpiter permaneceu suspenso para produzir grandes nuvens escuras que pareciam manchas ou machucados na face do planeta (Prancha IX). Essas nuvens escuras eram facilmente vistas, mesmo em pequenos telescópios amadores, e tornaram-se as formações mais destacadas do disco. Normalmente, essas nuvens escuras tinham cerca de 15 mil quilômetros de diâmetro; maiores do que a Terra. De forma semelhante, os impactos terrestres produziram escuras nuvens estratosféricas. No entanto, no caso de um impacto no nosso planeta, uma fração muito maior da energia é canalizada para a produção de pó, uma vez que o corpo que causa o impacto se despedaça em um terreno sólido. Estima-se que a nuvem de poeira seguinte a um grande impacto mergulharia toda a superfície em

uma profunda escuridão, trazendo temperaturas congelantes e uma quebra na cadeia alimentar oceânica. Provavelmente foi a nuvem de poeira que levou às mortes marinhas, que definiram a extinção em massa que fechou o período Cretáceo. Em Júpiter, as nuvens escuras continuaram por meses e pode-se esperar que o mesmo aconteceria na Terra. Uma terceira observação de Júpiter leva aos efeitos terrestres dos impactos. Ao redor de cada um dos grandes impactos, os astrônomos mediram nuvens atmosféricas externas que se espalhavam. Nuvens semelhantes, mas muito mais destrutivas, ocorreriam na Terra se o impacto acontecesse no oceano. Se um objeto com a energia de um dos fragmentos do S-L 9 batesse no Atlântico Norte, uma onda enorme, de mais de cem metros de altura, atingiria tanto a América do Norte quanto a Europa, devastando as costas e destruindo as maiores cidades do mundo. Assim, as observações do S-L 9 exemplificam uma série de fenômenos catastróficos que acompanham os impactos. Entre eles, uma projeção de vapor, um pulso de calor gerado pelos destroços da projeção quando reentra na atmosfera cerca de vinte minutos depois do impacto, uma nuvem estratosférica de poeira, com longa duração, e ondas (tsunami) que podem viajar milhares de quilômetros desde o local do impacto. Nenhum desses impactos causou estragos em Júpiter como um todo; sua órbita e rotação não foram afetadas. Mesmo assim, ocorreram importantes mudanças em sua atmosfera, produzindo novas formações maiores do que a Terra. De forma semelhante, os impactos de objetos quilométricos sobre a Terra não teriam consequências para a órbita ou para a superfície sólida do planeta, mas podem produzir mudanças ambientais transientes que são catastróficas para a vida. E a sensibilidade da atmosfera aos impactos, bem como a sensibilidade da vida a mudanças na atmosfera, que muda o fenômeno do impacto de puramente acadêmico para os domínios da política pública.

Impactos terrestres

Tanto os cometas quanto os asteróides podem atingir a Terra. O primeiro passo para analisar os impactos cósmicos é determinar os números de tais impactos. A taxa média total de impacto nos últimos 3 bilhões de anos pode ser descoberta a partir da densidade de crateras nas mares lunares, que foram formadas por vulcanismo generalizado que apagou os relevos anteriores e criou uma chapada limpa para registrar os impactos. A Terra está sujeita à mesma taxa de impacto que a Lua, apesar de a nossa atmosfera ltrar os projéteis menores. Também podemos estimar a taxa atual de impacto sobre a Terra com um censo dos asteróides e cometas existentes que cruzam a Terra, gerando um resultado que é compatível com a taxa média registrada na Lua. Para a maioria dos fins, não importa se o impacto é de um cometa ou de um asteróide; o que interessa é o poder da explosão, não a composição do martelo. A figura 7 resume a taxa média de impacto na Terra como uma função da energia cinética do projétil, medida em megatons (1 megaton = energia de um milhão de toneladas de TNT [trinitrotolueno] = $4,2 \times 10^{12}$ joules).

#Impactos e vida: vivendo em um sistema planetário em risco com base na taxa média de cometas e asteróides que atingem a Terra, podemos avaliar o perigo apresentado pelos impactos de diferentes magnitudes. Dois tamanhos-limite são particularmente interessantes: o limite para penetração na atmosfera e o limite no qual os impactos têm maiores efeitos globais e locais. A atmosfera protege-nos dos projéteis pequenos. A figura 7.1 indica que um impacto com a energia da bomba nuclear de Hiroshima ocorre, grosso modo, anualmente, enquanto um choque de um megaton é esperado pelo menos uma vez por século. No entanto, é óbvio que tais explosões meteóricas relativamente comuns não estão destruindo cidades ou matando pessoas. Mesmo com megatons de energia, a maioria dos projéteis se parte e é consumida antes de atingir a baixa atmosfera. No caso da maioria dos bólidos, o diâmetro limite para atingir a superfície é de cerca de cem metros (o tamanho de um campo de futebol) e o limite para penetração na baixa atmosfera é de cerca de cinquenta metros. Os objetos menores do que esses limites não apresentam riscos, apesar de suas explosões a elevadas altitudes serem rotineiramente detectadas pelos satélites militares de vigilância; o maior bólido registrado explodiu 21 quilômetros acima do Oceano Pacífico Ocidental em 1 ° de fevereiro de 1994, com uma energia estimada equivalente a diversas bombas do porte da de Hiroshima.

10 10 10 10 10 10
 Equivalência em TNT (MT)

FIGURA 7.1

Gráfico da frequência média, a longo prazo, dos impactos de diferentes energias sobre a Terra, derivado de estudos do registro de crateras lunares e observações de asteróides e cometas contemporâneos, próximos à Terra. A curva mostra o intervalo médio entre os impactos de um dado tamanho (medidos em megatons de energia)

ou maiores para toda a área do planeta.

Se o projétil for grande e forte o bastante para penetrar abaixo de quinze quilômetros de altitude antes de explodir, a explosão pode ser significativamente destrutiva.

Um exemplo histórico é dado pelo evento Tunguska, de 1908, no qual um asteróide rochoso, de cerca de sessenta metros de diâmetro, penetrou até oito quilômetros da

superfície antes de explodir. O resultado do deslocamento de ar do Tunguska foi estimado em quinze

#megatons e destruiu uma área de 2 mil quilômetros quadrados. Se tal impacto acontecesse em uma área muito povoada, os resultados seriam catastróficos. No entanto,

um impacto com o resultado do Tunguska acontece na área continental da Terra apenas uma vez por milênio e não há exemplo histórico da destruição de uma cidade por

um impacto desse tipo. Obviamente, o risco de tais eventos é muito menor do que o risco de desastres naturais mais bem conhecidos, tais como terremotos e tempestades

fortes, cada um destruindo, ou danificando bastante, diversas cidades em algum lugar, no decorrer da vida humana.

com energia grande o suficiente, um impacto tem consequências globais. Um exemplo óbvio, e extremado, é o impacto cretáceo há 65 milhões de anos, que rompeu o ecossistema

global e levou a uma grande extinção em massa. Esse impacto de um objeto de quinze quilômetros liberou mais de 1 08 megatons de energia e escavou uma cratera (Chicxulub, no México) de aproximadamente duzentos quilômetros de diâmetro. Entre as consequências ambientais, houve incêndios devastadores e drásticas perturbações transientes no clima, produzidas por cerca de 10¹³ toneladas de poeira fina jogada na estratosfera. No entanto, sabemos por meio do registro fóssil que as grandes extinções em massa ocorrem em intervalos de muitos milhões de anos. As chances de um evento assim ocorrer, digamos, no próximo século, são extremamente baixas.

No entanto, mesmo projéteis bem menores do que quinze quilômetros podem perturbar o clima global injetando poeira na estratosfera, produzindo mudanças climáticas suficientes para reduzir safras e precipitar a fome em massa (mas não uma extinção em massa). com base no trabalho de Brian Toon e Kevin Zahnle (Centro de Pesquisa

Ames, da NASA), podemos estimar que um impacto de um asteroide ou cometa com uma energia de um milhão de megatons (diâmetro de cerca de dois quilômetros) produziria uma calamidade global que poderia matar mais de um bilhão de pessoas. Utilizando esse valor e a taxa conhecida de impacto (da figura 7.2), Clark Chapman (Instituto

de Ciência Planetária) e eu calculamos que há cerca de uma chance em 4 mil de que tal impacto globalmente catastrófico aconteça no próximo século e que, para um indivíduo médio, as chances de morrer em consequência de um impacto são de cerca de uma em 20 mil. Colocada em termos de risco anual de morte, essa chance chega

a um pouco menos do que uma chance em um milhão por ano, ou cerca de as mesmas chances de morte em uma viagem aérea de ida e volta (Figura 7.2) Descobrimos que o risco total de impacto é dominado por objetos de poucos quilômetros de diâmetro, próximos do limite para o colapso agrícola mundial; objetos menores

apresentam menos risco, apesar de existirem em maior quantidade. A abordagem do risco total de impacto, associado a outros desastres naturais como terremotos ou

fortes tempestades, sugere que ele é grande o bastante para gerar preocupação pública (e do governo). Além do mais, há a diferença qualitativa entre o impacto globalmente catastrófico e todos os outros perigos naturais, uma vez que apenas o impacto tem o potencial de matar bilhões e desestabilizar a civilização.

#Impactos e vida: vivendo em um sistema planetário em risco

10 10 10 10

Equivalência em TNT (MT)

FIGURA 7.2

A mesma curva de frequência de impacto da figura 7. 1 com a adição do impacto Tunguska de quinze megatons, ocorrido em 1908, e o impacto com mais de 100 milhões

de megatons, há 65 milhões de anos. Também é apresentado o limite calculado de penetração na troposfera para um objeto rochoso, como os asteroides, (de Chyba e

K. Zahnle) e o limite estimado para uma catástrofe ambiental global, como definida no texto. Para esse valor limite, uma catástrofe

global ocorre, grosso modo, uma vez a cada milhão de anos, em média.

Apesar de haver uma disputa entre os peritos sobre a precisão dos números de risco apresentados, as tendências gerais são claras. Voltando aos cálculos detalhados,

podemos afirmar as seguintes conclusões sumárias, com bastante certeza:

1. Os impactos cósmicos representam um exemplo extremo (e relativamente desconhecido) da classe de riscos com baixa probabilidade, mas grandes consequências.

2. O risco estatístico de impacto é substancialmente maior do que o risco de morte de um-em-um-milhão, geralmente utilizado como um limite para o interesse do governo e das autoridades.

3. Diferente de qualquer outro risco conhecido, os impactos podem matar bilhões de pessoas e colocar em risco a sobrevivência da civilização.

4. O risco total aumenta com o tamanho (energia) do projétil; assim, qualquer esforço para redução do risco naturalmente dá enfoque aos eventos muito raros, associados aos maiores bólidos.

Redução e mitigação do risco

A reação humana às estimativas dos riscos varia muito, especialmente porque o risco de impacto representa uma combinação tão extrema de baixa probabilidade com

alta consequência. Uma vez que ninguém foi morto por um impacto em toda a história registrada, é fácil rejeitar o risco como

negligenciável e referir-se aos que manifestam preocupação como alarmistas. Além disso, o risco anual calculado de cerca de um em um milhão está quase naquele nível

no qual muitas pessoas consideram que os riscos são efetivamente zero.

Por outro lado, as modernas sociedades industriais gastam grandes somas para proteger as pessoas

de riscos muito menos prováveis, desde ciclones e ataques terroristas, até traçar a quantidade de toxinas carcinógenas na comida e na água.

No caso da maioria dos desastres naturais, as estratégias de redução ou mitigação do risco podem lidar apenas com as consequências do desastre.

Assim, por exemplo,

não podemos parar um terremoto ou mesmo reduzir sua força, mas podemos exigir melhores padrões de construção e desenvolver planos para lidar com as eventualidades

e restaurar os serviços públicos depois do evento. Se o impacto pudesse ser previsto com antecedência de semanas ou meses, poderíamos adotar abordagens semelhantes,

inclusive a evacuação da população da área alvo. Além disso, no entanto, existe a possibilidade de evitar o impacto inteiramente, defletindo ou destruindo o projétil

antes que ele nos atinja.

Discutimos as probabilidades de um grande impacto, mas na verdade isso não é um jogo de azar de Las Vegas. Ou há um objeto lá fora dirigido para a Terra ou não há.

Qualquer abordagem a esse problema deve, portanto, levar em consideração primeiramente a busca por asteróides e cometas potencialmente perigosos.

Os planos para

aumentar os trabalhos de pesquisa atuais foram apresentados, mas seu financiamento é moroso. Conseqüentemente, apenas um punhado de astrônomos está ativamente envolvido

na busca por asteróides ou cometas potencialmente catastróficos. Na verdade, a mão-de-obra total dedicada a essa tarefa em todo o planeta é menor do que os funcionários

de um restaurante McDonald's. Posto que estamos tratando da sobrevivência de nossa civilização (inclusive do McDonald's), nossas prioridades talvez precisassem ser reconsideradas.

Uma busca por objetos ameaçadores é justificável apenas se pudermos fazer algo para evitar uma colisão, caso seja prevista. Dado o aviso prévio de diversos anos, parece que nossa tecnologia atual é capaz de evitar a colisão, defletindo o objeto ou destruindo-o.

A abordagem mais direta para a deflexão de um objeto em uma órbita de curto período é aplicar um impulso que mude o período orbital. Se tal impulso for aplicado

diversos anos antes da colisão ameaçadora, apenas uma mudança muito pequena na velocidade (alguns centímetros por segundo) é necessária. com base nas discussões

em diversas oficinas de trabalho que estudaram o problema, a melhor forma de criar tal impulso, sem arriscar um rompimento acidental do corpo, parece ser a explosão

de uma bomba de nêutrons. Bombas adequadas existem nos arsenais nucleares de hoje e, em muitos modelos estudados, quando o aviso é bastante antecipado, as cargas necessárias são bastante modestas (menos de um megaton).

Antes de tentar defletir um asteróide, nós certamente desejaríamos estudá-lo detalhadamente com um sobrevoo científico ou com uma sonda.

Seria bastante útil determinar

o tamanho, a forma e a rotação do asteróide com a maior precisão possível, antes de tentar o impulso de deflexão. Dado

#Impactos e vida: vivendo em um sistema planetário em risco 101 o alarme, seria possível fazer essa investigação prévia e, na verdade, a própria deflexão poderia ser feita em estágios, aplicando-se diversos impulsos.

A abordagem alternativa de destruir um projétil requer a aplicação de muito mais energia. Para evitar tomar a situação pior, ao transformar uma bala de canhão em

um monte de bombas, é necessário fazer mais do que simplesmente fragmentá-lo. Deve-se aplicar energia o bastante para pulverizá-lo (assegurando que nenhum fragmento

fique grande o bastante para sobreviver à entrada atmosférica) ou dispersar todos os fragmentos de modo que nenhum deles atinja a Terra. A destruição é a estratégia

de escolha apenas quando o alarme é dado tão próximo ao choque que a deflexão é impraticável. Isso é mais provável no caso de um cometa do que no caso de um asteróide.

As propostas para desenvolver sistemas de defesa contra asteróides e cometas levantam diversos problemas, tanto filosócos quanto políticos. No nível mais básico,

precisamos decidir se queremos interferir em um processo natural que tem sido importante para a evolução e que, na forma do impacto de 65 milhões de anos atrás,

foi essencial para a nossa existência. A maioria das pessoas concordaria que os esforços e a autoproteção e a autodefesa são justificáveis, e é essa a postura que

adotamos aqui. Mas que tipo de sistema de defesa é adequado para um risco de tão baixa probabilidade?

No caso de asteróides e de cometas de curto período, os de maior risco, está claro que uma pesquisa de baixo custo é o primeiro passo. Apenas no improvável caso

de a pesquisa descobrir um projétil em curso de colisão, será necessária uma ação futura. Uma vigilância como a do Programa de Guarda do Espaço, proposto pela NASA, é uma forma de seguro, que protege nossa civilização contra a maioria das ameaças cósmicas. Mas não todas. O que devemos fazer em relação ao risco de um cometa, vindo de grande distância e dirigido-se à Terra, com um aviso prévio de um ano ou dois? Quanto gastaríamos com o seguro extra para cobrir essa contingência adicional?

Não há uma resposta clara para essa questão, que é o foco de boa parte do debate político atual. Há aqueles, entre os quais Edward Teller (Instituto de Pesquisa

de Stanford), que advogam o desenvolvimento e o teste imediatos da tecnologia de deflexão nuclear, levando em direção à disposição de um sistema de defesa planetária

no começo do próximo século. Têm sido levantadas duas classes de argumentos em contrário:

(1) argumentos (aos quais eu mesmo me associo) baseados na efetividade dos custos, questionando se podemos arcar com o gasto de bilhões de dólares em um sistema de defesa que não parece ser provável que será usado; e (2) argumentos (com os quais Carl Sagan se associava), baseados nas estimativas que tal sistema de defesa apresenta riscos de acidente ou mal uso que são maiores do que o perigo

do impacto que eles objetivam mitigar. Esse é um debate contínuo que provavelmente será

intensificado à medida que mais pessoas e eleitores participarem. Por exemplo,

os ativistas ambientais ainda não se juntaram à discussão e não está claro se eles darão mais peso para proteger o planeta contra a catástrofe ambiental na provocada por

#102 David Morrison

um grande impacto, ou a proteger-nos dos riscos progressivos, mas mais imediatos, de acidentes nucleares associados com o desenvolvimento e disposição de um sistema de defesa.

A vida em um planeta alvo

Enquanto debatemos sobre como nos proteger de futuros impactos, a Terra gira em seu caminho por um minicampo de catástrofes potenciais. Os impactos têm sido importantes

para a Terra no decorrer de sua história. A Terra deve ter sido formada dos escombros rodopiantes da nebulosa solar, por meio de um processo de crescimento de corpos

menores. Impactos de alta velocidade geraram calor e, eventualmente, as camadas superiores do planeta se fundiram para formar um oceano global de rocha líquida.

Em algum ponto no período de crescimento, fomos atingidos por outro mundo coalescente, mais ou menos do tamanho de Marte hoje - ou seja, com uma massa de cerca

de 10% da massa da Terra. O planeta menor, com o tamanho de Marte, foi completamente destruído e mesmo a Terra, maior, foi fragmentada até seu núcleo. Parte da

matéria expelida continuou a orbitar a Terra, como um anel gigante, onde resfriou e colapsou, formando a nossa Lua.

Se o impacto que formou a Lua tivesse sido um pouco maior, a própria Terra teria se rompido. Pode haver exemplos de tais colisões planetárias durante os primórdios da história do Sistema Solar, mas caso haja, a prova direta já se foi há muito tempo. Nós vemos outros exemplos de peculiaridades planetárias que, no entanto, são mais bem entendidos como o produto de colisões aleatórias. Vênus gira no sentido oposto ao seu movimento orbital ao redor do Sol, provavelmente como resultado de uma colisão mais recente que reverteu o sentido de sua rotação; e o pequeno planeta Mercúrio parece ser o remanescente rico em metal de um pai maior, despido da maior parte de seu manto rochoso por outra colisão gigante. É muito por sorte que o produto final desse caos tenha sido os quatro planetas internos que temos hoje: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, mais a Lua.

Os blocos de construção da vida vieram para a Terra por meio de impactos, como os estudados por Chris Chyba (à época na Universidade Cornell) e seus colegas. Nas partes externas da nebulosa solar, distante do Sol, as temperaturas eram muito mais baixas, levando a uma abundância de gelo de água e de outros gases congelados, tais como metano, amônia, dióxido de carbono, monóxido de carbono e até mesmo álcool etílico. Os voláteis na Terra devem ser derivados desse reservatório distante no Sistema Solar Externo, por meio de bombardeamento de cometas nos últimos estágios do crescimento, que pode ter se estendido por centenas de milhões de anos.

No Brasil e na Europa somente Mercúrio e Vênus são considerados planetas internos. Para nós, o referencial é a Terra, o que se encontra entre a Terra e o Sol é interno, os outros são externos. (N. do R.T.)

_____ Impactos e vida: vivendo em um sistema planetário em risco _____ 103

depois do nascimento de nosso planeta. A maioria do material da biosfera e de nossos próprios corpos - é material de cometa, um presente do Sistema Solar Externo.

Não fosse por essa chuva de gelo e compostos carbônicos, nosso planeta seria tão seco e sem vida quanto a Lua. A vida é um presente dos cometas. Mas o presente não vem sem um preço a pagar.

Como a chuva de material dos cometas persistiu, a Terra (e provavelmente também Marte e Vênus) construiu uma fina atmosfera de dióxido de carbono e outros compostos e desenvolveu oceanos rasos de água líquida, ricos em materiais orgânicos dissolvidos. Tal ambiente é exatamente o que a maioria dos cientistas imagina ser necessário para a origem da vida. As primeiras moléculas auto-replicantes devem ter sido formadas nesses mares primitivos, talvez nos três planetas. Se todos os cometas que se chocaram fossem pequenos, esse ambiente teria aproximadamente o "pequeno lago momo" que Charles Darwin apresentou como hipótese para a origem da vida. No entanto, a prova conservada nas crateras densamente comprimidas das terras altas da Lua sugere outra coisa. Pelo menos alguns dos bólidos daquele primeiro meio bilhão de anos

da história tinham centenas de quilômetros de diâmetro - o tamanho dos maiores asteróides e cometas de hoje. Kevin Zahnle (Ames da NASA) e seus colegas descobriram, há alguns anos, que esses grandes impactos eram capazes de alterar drasticamente o ambiente terrestre.

O que aconteceu quando um asteróide ou um cometa de duzentos quilômetros se espatulou na Terra primitiva? Zahnle calculou que a energia de tal impacto fundiu e evaporou tanto da crosta próxima ao ponto de impacto, que o planeta adquiriu uma atmosfera temporária de vapor de rocha a uma temperatura de cerca de 1000 °C. Sob esse terrível cobertor encandescente, os oceanos foram completamente evaporados, matando qualquer forma de vida que pudesse ter surgido. De fato, tais impactos esterilizaram o planeta. Após algumas centenas de anos, a rocha quente se esfriou e os oceanos condensaram novamente, mas o relógio voltou ao zero no que tange à origem da vida.

Por motivos óbvios, isso é chamado de frustração do impacto da vida. Extrapolando o registro lunar, parece que a Terra foi atingida por uma porção desses impactos esterilizantes durante seu primeiro meio bilhão de anos. Vênus provavelmente recebeu o mesmo número de choques, enquanto Marte, sendo menor, pode ter escapado dessa catástrofe. O último impacto desse tipo provavelmente ocorreu há cerca de 3,9 bilhões de anos. É extraordinário - e talvez não seja coincidência - que a evidência química mais remota de vida na Terra date de não muito tempo depois, cerca de 3,8 bilhões de anos atrás. Parece que nosso tipo de vida se formou não muito tempo depois do fim desse período de frustração. Não é difícil inferir dessa evidência que a vida tenha se formado várias vezes antes, apenas para ser varrida por um impacto esterilizante.

Depois do fim do pesado bombardeio, a Terra continuou a vivenciar impactos ocasionais. Alguns deles, como o impacto cretáceo de 65 milhões de anos atrás, desintegrou gravemente o meio ambiente e redirecionou o curso da evolução biológica. Impactos, acontecendo no nível certo, podem ter desempenhado um importante papel na história da vida. Muitos impactos, e o planeta está esterilizado. Poucos impactos, e a evolução pode estar estagnada em um ambiente estático e benigno. O número exato de impactos, e nós temos o desenvolvimento do Homo sapiens.

Assim, somos levados a um marcante quadro sobre o papel dos impactos na história da Terra, um papel reconhecido apenas na década de 1980. Nosso planeta foi formado pelo acréscimo de escombros; a Lua foi expelida da superfície da Terra por um impacto gigante, não muito tempo depois do planeta ter se formado; a chuva de cometas do Sistema Solar Externo posteriormente carregou água e compostos orgânicos que davam vida ao Sistema Solar Interno, mas ao mesmo tempo submeteu a Terra a um terrível bombardeio de projéteis, dos quais o maior fez evaporar os oceanos e esterilizou a superfície; e os impactos contínuos de objetos com menos de dez quilômetros de diâmetro causaram extinções em massa e criaram oportunidades para a mudança e a diversificação evolucionária. O atual debate sobre proteger a Terra contra os impactos

é apenas o mais recente capítulo da longa e violenta história do planeta.

#8

Inteligência extraterrestre: o significado da pesquisa

FRANK D. DRAKE

Universidade da Califórni em Santa Cruz

Meu tema é o significado da Busca por Inteligência Extraterrestre (Search for Extraterrestrial Intelligence - SETI) e também

vou explicar como estamos realmente avançando

com a pesquisa. Para muitos de nós, o significado da detecção de outra civilização, extraterrestre, é na verdade bem conhecido. Obviamente, o significado de tal

contato

depende de que tipo de pessoa você é e quais são seus interesses. Se você é parte do público leigo, talvez o mais atraente seja a aventura que ocorreria, a aventura

do contato com outra espécie, que tenha uma história completamente diferente e uma diferente fisionomia, que viva em um planeta diferente, com tecnologia diferente,

diferentes formas de governo. Que aventura! Por toda a história da humanidade ficamos excitados quando diferentes culturas humanas entram em contato. O sucesso do

SETI teria o mesmo efeito, mas em um nível muito mais elevado e mais excitante do que qualquer coisa que já tenhamos vivido. É claro que isso é muito proveitoso

para vários filmes e livros de ficção científica.

Sob um ponto de vista muito mais filosófico, tal contato iria muito além

ao responder a pergunta: Que lugar os seres humanos ocupam no Universo?

Até que ponto somos,

em média, normais? Qual é o nosso potencial? Qual é o nosso destino? O

que conseguiríamos realizar? São coisas que podemos aprender a partir do contato com outras

civilizações e do estudo delas, particularmente das mais desenvolvidas do que nós. Da

mesma forma, tal contato abrirá nossos olhos para possíveis futuros para nós

humanos, bem como para perigos semelhantes aos que David Morrison

descreveu. Qual é o destino das civilizações inteligentes? Elas colonizam o espaço? Elas interferem

no ambiente de todo o sistema planetário, para criar uma sala de estar para seus habitan-

#106Frank D. Drake

tes? Como eles agem para atingir, nós esperamos, níveis de vida mais elevados para suas criaturas?

Possíveis futuros: esse é um dos grandes impactos significativos de uma eventual detecção. Mas para os cientistas, é claro, é muito significativo o fato de que tal

contato abriria-nos a grande biblioteca do conhecimento que deve existir entre as civilizações inteligentes de nossa galáxia e de outras galáxias - informação de

natureza científica e técnica, bem como filosófica e biológica, reunida não só por centenas de anos, como é nossa experiência, mas por, literalmente, milhares, milhões,

mesmo (não usarei a palavra com "B") milhares de milhões de anos.

com certeza, a partir daí viria uma riqueza de conhecimento, até mesmo sabedoria, que nos ajudaria a alcançar uma melhor qualidade de vida, economizar nossos recursos;

poderia nos fornecer informações sofisticadas, que gostaríamos de ter, em poucos anos, em vez de centenas ou milhares de anos que levaríamos para chegar a esses mesmos resultados somente com nossa própria pesquisa. São esses, portanto, resumidamente, os possíveis resultados significativos do SETI e que, é claro, são da mais profunda consequência e importância para todos nós. É por isso que nós, que temos o privilégio de trabalhar no SETI, vemos nele um importante projeto, e dedicamo-nos a ele. Essas ideias não são novas. Elas estão por aí há muito tempo, desde que as pessoas começaram a entender, como Galileu fez, que os outros planetas eram, de alguma forma, parecidos com a Terra. As ideias foram ainda mais divulgadas quando reconhecemos que as estrelas eram objetos parecidos com nosso Sol. No decorrer do tempo, as pessoas especulavam ou fantasiavam sobre a vida no Universo, especialmente a vida inteligente. Um exemplo da excitação inicial sobre esse assunto está na capa do The New York Times de 17 de agosto de 1924. (Walter Sullivan não é responsável por isso). Ela contém desenhos, completamente errados, feitos por Percival Lowell, e essa afirmativa muito chauvinista de que Marte convida a humanidade a desvendar o segredo "dele". No sábado seguinte, haveria uma aproximação de Marte com a Terra e todo o mundo assistiu a esse fato. Entre todas essas observações, houve muitas tentativas de detectar sinais de vida inteligente em Marte. Lemos, por exemplo, que do topo de Jungfrau, os astrônomos suíços lançariam um sinal de luz para o planeta com um grande helioscópio. Ao mesmo tempo, houve muitas tentativas de detectar sinais de rádio provenientes de Marte. As buscas por sinais de rádio extraterrestres não são algo exclusivo de nossa era; na verdade elas tiveram início na década de 1890 e atingiram seu ápice em 1914. Em outra capa do The New York Times, sete dias depois, publicou-se: "O rádio capta algo como Marte próximo de nós". Deveríamos nos impressionar, porque a notícia nos diz que foram necessários 24 conjuntos de válvulas na Inglaterra para captar os fortes sinais e que Vancouver, por algum motivo, era de especial interesse para os marcianos! Não sabemos o motivo e, na verdade, o grande criptógrafo William Friedman, que havia decifrado os códigos alemães na 1ª Grande Guerra Mundial, estava em Washington para decodificar a mensagem. No-#Inteligência extraterrestre: o significado da pesquisa_____107 tícia de capa mas, como é de costume, quando se descobriu que aqueles pontos e traços eram de um rádio transmissor em Seattle, fizeram uma mera nota na página trinta, onde se lia: "Marte passa por nós sem uma palavra. Desilusão". Esses acontecimentos produziram um dos alarmes falsos que desacreditaram não só a busca por vida no Universo, mas a ciência planetária como um todo, por muitas, muitas décadas. Essa ciência só recuperou seu prestígio e quebrou esse tipo de tabu com a chegada da Era Espacial. É interessante destacar que exatamente nessa época estava acontecendo algo muito importante no SETI. Novamente, na capa do The New York Times, com a legenda: "Conversa

por rádio com avião a uma milha sobre o Central Park" e "Experimentador capta palavras acima do barulho da aeronave". Hoje em dia isso pode não parecer muito alarmante, mas se dermos uma olhada nos livros de engenharia da época, veremos que a física dos contatos por rádio era muito vaga. Os engenheiros acreditavam que um projeto de comunicação eletromagnética necessitaria de um transmissor e de um receptor conectados à terra. Havia esse falso conceito de que, de alguma forma, os sinais de rádio eram conduzidos em uma espécie de circuito elétrico, no qual uma perna do circuito estava na Terra e a outra na atmosfera; assim sendo, sem essa conexão-terra não poderíamos nos comunicar. É claro que se isso fosse verdade, traria terríveis consequências para o SETI, porque não haveria como uma estrela comunicar-se com outra. Mas vemos que o avião se comunicou diretamente do avião. Quando se lê isso, descobre-se que havia um tenente, Connell, de gatinhas na cabine aberta desse avião, gritando em um microfone de forma que podia ser ouvido acima do barulho da máquina, Liberty. Foi um grande momento para a busca por extraterrestres. Ele conseguiu sem fios terra! Foi uma descoberta muito importante porque mostrou que o rádio não precisava de fios terra, então o rádio podia comunicar-se entre as estrelas. Estava estabelecida a base tecnológica para o SETI. Percebemos novamente o interesse na possibilidade de comunicação eletromagnética entre as estrelas na capa do The New York Times em 1933, anunciando a descoberta da emissão de rádio cósmica. Surpreendentemente, os repórteres e editores reconheceram o significado da descoberta de Kari Jansky sobre a emissão cósmica de rádio e a colocaram na capa. A manchete dizia: "Novas ondas de rádio no curso do centro da Via Láctea Misteriosa estática gravada por K. G. Jansky é para diferente dos raios cósmicos". A manchete mais abaixo dizia: "Apenas um receptor sensível é capaz de registrar - não há provas de sinalização interestelar". Ainda assim, eles imaginavam se seria o rádio o meio pelo qual poderíamos fazer contato com outras civilizações. Todas essas ideias antigas eram muito especulativas e não eram devidamente científicas porque não havia cálculos quantitativos feitos sobre, digamos, os níveis de potência necessários para produzir um sinal detectável àquela distância. Eram ideias realmente sinalizadoras. Foi só na década de 1950 e no início da década de 1960 que as pessoas começaram a abordar o assunto de uma forma científica adequada, da maneira feita pela primeira vez na publicação de Philip Morrison e Giuseppe Cocconi em Cornell. Um outro evento crucial àquela época foi a publicação do livro de Carl Sagan e Iosef Shklovskii sobre o SETI, um livro monumental que se tomou um clássico. Nele, Carl pegou um livro bastante estrito de Shklovskii, escrito no contexto do limitado estado de conhecimento da União Soviética, e acrescentou amplos conhecimentos tecnológicos e científicos. Com isso, criou o que hoje em dia é um guia para a análise quantitativa do que pode levar a detectar a vida em algum outro lugar no Sistema Solar. Então, ao final da década de 1950, início da década de 1960, finalmente esse assunto veio a ter

uma base científica quantitativa adequada. Entramos no que poderíamos chamar de a era moderna do SETI. Agora, ao longo do caminho, muitas descobertas estimularam o interesse nesse assunto e mostraram, ou deram provas crescentes, de que se pode esperar que a vida inteligente seja onipresente na Via Láctea e em outras galáxias. Aprendemos que a Galáxia tem 15 bilhões de anos, que há 400 bilhes de estrelas, muitas das quais parecidas com o Sol. Também aprendemos como se dá a formação das estrelas e que nas nuvens de gás e poeira que as formam, temos os precursores químicos da vida na Terra. Discutiu-se, nos capítulos anteriores, sobre esses materiais trazidos à Terra pelos cometas. Vimos evidências de outros sistemas solares, apesar de ainda não termos visto outro Sistema Solar igual ao nosso. Uma grande parte das provas circunstanciais indica que os sistemas planetários e planetas como a Terra são extremamente comuns. Vimos nos próprios planetas do Sistema Solar uma grande abundância de moléculas orgânicas e outros materiais que provavelmente deram origem à vida, e até mesmo à vida inteligente. Sabemos sobre o intrigante Titã, que nos excita, ao sugerir que a Via Láctea tem muitos abrigos para a vida e, portanto, que as buscas pela vida são de grande valor. O SETI tem significado em áreas que são menos profundas do que as primeiras que mencionei. Ele tem sido proveitoso para a indústria de entretenimento. Os filmes de maior sucesso de todos os tempos foram baseados nas ideias do SETI. Agora mesmo, Carl está trabalhando em um filme desse tipo, Contato, que será uma fonte de diversão, mas também fará com que a população entenda melhor muito das possibilidades de contato com a vida extraterrestre. Isso nos ajuda a continuar nossa pesquisa. O SETI também se transformou em um maravilhoso imã para atrair o interesse dos jovens para a ciência. Em muitos lugares, inclusive no Instituto SETI, estão sendo desenvolvidos materiais curriculares com base no SETI. Eles funcionam maravilhosamente bem com os jovens no mundo real, porque os jovens se interessam muito pela vida no Universo. Quando descobrirem que para entender o SETI é necessário aprender sobre química orgânica, ou estruturas atmosféricas, e coisas assim, eles terão vontade de estudar essas coisas que, de outra forma, seriam entediadas. Atividade do SETI tem incentivado muito trabalho teórico sobre a propagação das ondas de rádio na Galáxia, bem como trabalhos teóricos mais especulativos, alguns bons, alguns não tão bons, relacionados com a natureza e o comportamento da vida no Universo.

#Inteligência extraterrestre: o significado da pesquisa _____

109

O SETI é uma fonte de orgulho nas culturas e nos países, porque nós reconhecemos que a busca pela vida inteligente extraterrestre é uma das mais nobres, se podemos usar essa palavra, das tarefas humanas. Tanto os Estados Unidos quanto a União Soviética têm grande orgulho dele, tal qual o têm estados como Virgínia Ocidental.

Um panfleto dirigido a turistas potenciais para aquele estado enfatiza "tesouros escondidos". Ele descreve o Observatório Nacional de Radioastronomia como um lugar onde "eles ouvem os sinais de vida do espaço exterior." Você pode achar que eles não fazem mais nada lá, de acordo com esse panfleto! Eles apenas ouvem sinais de vida no espaço! Na verdade, nos últimos vinte anos, não foi feito nenhum grande projeto desse tipo lá!

Outros significativos impactos: O SETI traz à tona o melhor nas pessoas e atrai alguns dos nossos cientistas e engenheiros mais talentosos. Entre eles está a dra. Jill Tarter, que é a cientista sênior para o Projeto Phoenix, o novo nome para o que era o projeto SETI da NASA. Essa pesquisa, tendo perdido seu financiamento federal, tornou-se um projeto privado operado pelo Instituto SETI. O nome original de Jill Tarter era Jil Cornell e, na verdade, ela é uma descendente direta do fundador da Universidade Cornell, Ezra Cornell, e estudou física de engenharia nessa Universidade. O dr. Kent Cullers, Ph.D. em física, é o encarregado dos sistemas de detecção de sinal no Projeto Phoenix, uma tarefa muito assustadora. No Projeto Phoenix há cerca de 56 milhões de canais de informação fornecendo dados. A tarefa de Kent Cullers é descobrir algoritmos que possam buscar nesses dados, em tempo real, indícios de sinais inteligentes, de forma administrável. Ele é cego de nascença e, mesmo assim, traz na mente a matemática mais obscura, difícil, toda a matemática relativa à teoria da comunicação e algoritmos de computador. Dale Corson pode se surpreender por ser mencionado em relação ao SETI, mas ele tem sido muito importante pelo seu papel na construção e modernização do telescópio refletor de Arecibo. Ele ajudou a transformá-lo no que é hoje e, provavelmente, ainda será pelas próximas décadas, o maior radiotelescópio do mundo. Esse é o telescópio que mais se destaca no SETI, o que nos dá a maior potência, o que mais queremos usar. O Projeto Phoenix contribuiu com cerca de 2 milhões de dólares para a futura modernização do Arecibo, agora em andamento.

Dale Corson e as outras pessoas de Cornell ajudaram de outras formas. Por exemplo, Jill Cornell queria estudar física de engenharia em Cornell. No testamento de Ezra Cornell estava especificado que todos os seus descendentes masculinos deveriam ser admitidos em Cornell e fazer o curso gratuitamente. Jill questionou isso como não sendo politicamente correto e, é claro, houve muita discussão nos bastidores sobre o que fazer. Por fim, Dale Corson, como presidente, reconheceu a injustiça daquela estipulação no testamento e, sem alarde, cuidou de tudo. Como resultado, Jill frequentou Cornell com uma bolsa integral e isso foi um ponto crucial para o SETI, porque sem Jill, o SETI seria um empreendimento muito mais fraco.

Como está claro, o nome Cornell aparece diversas vezes. Muitas das pessoas ativas no SETI têm suas raízes lá: Phil Morrison, Carl Sagan, Jill Tarter, eu e outros.

Isso quer dizer, se pararmos para pensar, que realmente

#110Frank D. Drake

FIGURA S.1

Receptores de rádio usados durante o Projeto Ozma em 1960.

não é por acaso que o resultado da criatividade e das ideias originais da Universidade Cornell tenha sido alimentado e protegido. A Cornell tem protegido e alimentado

os pioneiros, as pessoas que têm ideias interessantes mas incomuns, e é daí que vem boa parte da grandeza da universidade, não só no SETI, mas em muitas outras áreas.

Qual seria outro significado do SETI? O SETI funciona como um estimulante para o desenvolvimento do que se tem de melhor na tecnologia de fronteira, especialmente

nos sistemas de recepção de rádio. O primeiro sistema moderno SETI, usado em 1960 no Projeto Ozma, era bastante simples. Mesmo assim, custou 2 mil dólares e ocupava

quatro conjuntos de equipamento, todos usando válvulas, por sinal. Veja a figura 8.1. Isso foi antes de o transistor ser inventado. Ele podia monitorar um canal

por vez. As pessoas que fizeram esse experimento aparecem na figura 8.2, em uma reunião há alguns anos, em frente ao telescópio de 26 m, onde tudo aconteceu. Nesses

34 anos desde o Projeto Ozma, outras atividades juntaram-se ao SETI na motivação do desenvolvimento de uma tecnologia muito

c-

#Inteligência extraterrestre: o significado da pesquisa

FIGURA 8.2

O radiotelescópio de 26 m, Tatel, em Green Bank, Virgínia Ocidental, e a equipe que esteve envolvida no Projeto Ozma em 1960 (o autor deste artigo é o segundo em

pé da direita para a esquerda).

melhor, tal como o telescópio de Arecibo, que tem cem vezes a área de captação do telescópio Ozma. A figura 8.3 mostra uma fotografia desse grande refletor, que focaliza

os raios na plataforma suspensa, e que agora está passando por algumas alterações.

com a construção desses telescópios, o SETI adquiriu capacidade de detectar sinais provenientes de qualquer outro lugar na Galáxia, sinais não mais fortes do que

os emitidos por nós. Há muitos anos reconheceu-se que o verdadeiro desafio para o SETI não era tanto a sensibilidade, mas a capacidade de pesquisar todos os possíveis

canais de frequência no espectro de

#Frank D. Drake

FIGURA 8.3

O radiotelescópio/radar de Arecibo com um diâmetro de 303 metros.

Localizado em Porto Rico, o telescópio gigante é operado pela Universidade Cornell para a

Fundação

Nacional de Ciência.

#Inteligência extraterrestre: o significado da pesquisa

113

microondas onde os sinais se apresentam. Isso levou à aplicação de algumas das mentes mais brilhantes do planeta, e no próximo capítulo é apresentado um artigo de um deles, para o desenvolvimento de sistemas gerenciáveis, que possam realizar a tarefa. A fotografia de um dos mais antigos é mostrada na figura 8.4, usando um circuito digital, nesse caso, para desenvolver um sistema que monitorasse cerca de 68 mil canais ao mesmo tempo. Esse sistema foi produzido por Paul Horowitz, usando principalmente componentes comerciais muito simples. Com o passar dos anos, isso levou a sistemas muito mais poderosos e complicados. Eles precisam de chips de computador para fins específicos, que foram desenvolvidos ao custo de cerca de 300 mil dólares. Depois, eles passam a custar cinquenta dólares e têm o tamanho aproximado de um selo postal. Eles fazem 80 milhões de flops¹ e transferência de 220 milhões de dados por segundo, tudo para simular um receptor de rádio multicanal. Um chip desses tem o mesmo poder que o supercomputador Cray 1, programado para fazer a mesma tarefa. Hoje incorporamos esses chips em nossos sistemas, 47 deles; então temos, efetivamente, 47 supercomputadores Cray para atender o Projeto Phoenix. Mais uma vez o equipamento está em quatro conjuntos, exatamente como ocorria com o receptor Ozma, mas nesse caso o número total de canais é 56 milhões. Veja a figura 8.5. Esse sistema é 100 trilhões de vezes mais poderoso do que o que tínhamos há 34 anos. Na verdade, o tempo de aperfeiçoamento tem sido consistentemente 250 dias; o crescimento exponencial tem continuado. O equipamento do Projeto Phoenix está em um reboque que pode ser carregado em um grande avião de carga. Veja a figura 8.6. Ele está sendo preparado para ser enviado à Austrália para Sigla em inglês para "operações de ponto flutuante por segundo". Um número de ponto flutuante é um número real, em que a virgula pode "caminhar" ao realizarmos operações matemáticas. (N. do R. T.)

FIGURA 8.4

Um sistema digital que pode monitorar 68 mil canais espectrais ao mesmo tempo.

#FIGURA 8.5

O receptor de 56 milhões de canais usado no Projeto Phoenix.

O reboque da NASA com os complexos instrumentos do Projeto Phoenix.

..

embarcados para Austrália

#Inteligência extraterrestre: o significado da pesquisa _____ 115

seis meses de observação com o Telescópio Parkes, a última chance, por muitos anos, para observar as estrelas candidatas do hemisfério sul, na expectativa de encontrar

um sinal de inteligência extraterrestre.

Os membros do SETI são estimulados a sonhar com sistemas muito maiores. Sonhamos com sistemas grandes na Terra, como podem vir a ser construídos algum dia à medida

que o SETI se torne mais amplamente reconhecido. Talvez venha a existir SETI no espaço; já faz tempo que os sistemas estão na fantasia dos projetistas. O sonho final

é que alcancemos os importantes resultados que mencionei anteriormente.

Por fim, há um outro aspecto significativo do SETI que Carl enfatizou muitas vezes, que surge quando fazemos buscas e construímos mensagens tais como a da placa

da Pioneer 10. Carl e eu a inventamos um dia, durante um café, nos corredores de uma reunião da Sociedade Astronômica (talvez não devesse revelar isso; eu deveria dizer que eram reuniões infundáveis do comitê e burocracia e documentos de planejamento, mas não é assim; tudo aconteceu durante o café em um hotel). Quando não só buscamos, mas também enviamos mensagens para o espaço, estamos na verdade enviando mensagens para nós mesmos, lembrando-nos sobre o que os seres humanos podem realizar se trabalharem juntos e utilizarem seus talentos da melhor forma possível. O SETI nos manda uma mensagem que diz: os humanos podem realizar grandes feitos. Se nós trabalharmos o bastante, podemos desfrutar da companhia de outras criaturas no espaço e receber toda a grande recompensa que se acumulará quando, finalmente, a descoberta for feita.

#9

Inteligência extraterrestre:

os programas de pesquisa

PAUL HOROWITZ Universidade de Harvard

O tópico "Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa", também deveria incluir os pesquisadores - na verdade não se pode separar as personalidades que motivaram essas pesquisas, bem como as pessoas que as conduziram, das próprias pesquisas. Eu gostaria de destacar alguns dos gigantes do SETI e seus predecessores - Hertz, Jansky, Purcell - nomes que não ouvimos muito hoje em dia. Isso significa muitas fotografias deles, suas antenas e equipamentos e apenas poucas equações ou gráficos.

Na verdade, vamos deixar as equações de lado; a figura 9.1 ilustra o fato número um do SETI; o SETI é possível porque, como cada um de nós que ficou maravilhado

com o assunto descobriu bem cedo, a comunicação por rádio é extraordinariamente eficiente. Todas as equações chegavam a um número. É um velho cálculo que nós, envolvidos nessa área, já fizemos, de uma forma ou de outra. Você pega um par de radiotelescópios de tamanho modesto, algumas centenas de metros de diâmetro (menor do que o prato de Arecibo, apesar de não muito); direciona-os a uma distância modesta, digamos, mil anos-luz; transmite uma onda de três centímetros, por exemplo; e você

pergunta, para uma certa quantidade de energia transmitida, quanto é recebido? Esse plano maluco vai funcionar?

Você calcula a energia transmitida, as áreas, os ganhos e todo esse tipo de coisa. E quando você termina, descobre que um dólar de energia transmitida resulta em

4×10^{-12} ergs de energia recebida lá fora. Agora você deve se perguntar: "Bem, dez elevado a menos doze ergs, não muitos ergs, e ergs são muito pequenos; isso

é detectável?" Bem, você estaria certo, não é muita energia; mas o ponto crucial é que a energia com a qual ela tem de competir é ainda menor. O sinal recebido

telegramas interestelares são baratos (Figura 9.2, um velho slide de Ed Purcell). Esse é um fato notável e essencial do SETI - que um telegrama interestelar para mil anos-luz de distância custe apenas um dólar por palavra, e isso usando apenas a tecnologia que temos na Terra hoje.

05 TELERAMAS INTERESTELARES SÃO BARATOS

ENERGIA IRRADIADA POR BIT TRANSMITIDO = 0,4kWh CUSTO POR PALAVRA: U\$ 1.00

Na verdade, temos pratos ainda maiores. O maior é o grande prato de Arecibo, de 330 metros, com o dobro da área daqueles sobre os quais eu estava discutindo. com

transmissores e receptores similares aos que temos atualmente, duas dessas coisas poderiam se comunicar em qualquer lugar da Galáxia (presumindo, é claro, que eles soubessem apontar um para o outro e usar o mesmo comprimento de onda). Esse fato, para muitas pessoas, vai contra o bom senso.

Felizmente para o SETI, a nossa Galáxia é dotada de um amplo estoque de locais candidatos à vida; isso é apresentado na figura 9.3 de forma um pouco simplificada.

Ela contém algo em torno de 400 milhares de milhões de estrelas, de diversas cores. É um disco achatado com 100 mil anos-luz de diâmetro; estamos nos subúrbios da Galáxia, por assim dizer, a cerca de 30 mil anos-luz. O Sol está no disco, como é mostrado no meio de

FIGURA 9.2

Mesmo sem uma tecnologia melhor do que a que temos agora, a comunicação galáctica é uma pechincha (depois de E. M. Purcell).

#120

Paul Horowitz

100.000 anos-luz

v K.I . f,K-r<-: s.WSitr. "iS.if|i-],...3_.,w.-.>;:: /,

-. •,, Y

/ k 30.000 anos-luz H V

' ' 400.000.000.000 de estrelas

•'i'' .'''.• '•'."••"- ' '• •••' ••'•y' '••'.

1.000.000 de estrelas parecidas com o Sol

FIGURA 9.3

A Via Láctea simplificada.

uma distribuição mais ou menos uniforme de estrelas; há quase um milhão de estrelas parecidas com o Sol, em uma distância de mil anos-luz. Esse é o alcance no qual

podemos nos comunicar a um dólar por palavra.

Nós, otimistas, sentimos que o SETI é bastante promissor, porque achamos que são muito boas as chances de existir vida avançada em outro lugar da Galáxia. Muitos

de nós esperamos que o mais perto que tais civilizações possam estar seja dentro dessa vizinhança de mil anos-luz. Já é tradição que se fale desse problema em termos

da conhecida equação de Drake, com suas estimativas de sistemas planetários habitáveis, origens da vida, evolução da tecnologia e assim por diante.

Gostaria de evitar tudo isso e mostrar a figura 9.4, desenhada por meu sempre criativo colega Purcell. Ele plotou as linhas do mundo em um modelo simples de demografia

galáctica, no qual uma estrela do tipo do Sol em 1 0 mil tem a tecnologia de rádio há 10 mil anos, em alguma época nos últimos

10 bilhões de anos. O tempo aumenta para cima, com o canto superior esquerdo sendo o aqui e agora. Parte das linhas representa planetas que sustentam vida. Essas partes ainda não desenvolveram tecnologia. Em algum ponto eles se tornam "rádio ativos" e, por 10 mil anos, eles transmitem e depois param. Não pergunte o porquê

- talvez eles todos tenham se transformado em filósofos ou qualquer outra coisa. Agora a questão interessante

- algum deles está, no passado, em nosso cone de luz? Em outras palavras, podemos ouvir algo de algum deles? Como se pode ver, mesmo com esse cenário de alguma

forma pessimista, captariamos meia dúzia de civilizações transmitindo em nossa rede.

Então, nessa questão especulativa de outra vida avançada, muitos de nós acreditam ser possível, e até mesmo bastante possível, que haja outras civilizações além

da nossa. E, como demonstramos no princípio, não é abso-

#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa

121

DISTNCI

5./0

ANOS-LUZ

FIGURA 9.4

Demografia galáctica, no modelo Minkowski.

lutamente uma questão de especulação, mas de fato técnico, que já temos tudo o que precisamos para nos comunicar com eles, desde que adivinhemos corretamente como eles estão transmitindo.

É curioso que os aspectos especulativos pareçam dominar tanto a literatura! Muito (muito mesmo) tem sido dito e escrito sobre a "Drakeologia". É oportuno nessa

ocasião observar que o trabalho que é um marco divisório no assunto é provavelmente Vida

inteligente no Universo (Intelligent Life in the Univers), um livro extraordinário

de Shklovskii e Sagan, de 1966. Há três grandes áreas. A primeira chama-se "O Universo" e tem onze capítulos. Depois vem "Vida no Universo" - mais onze capítulos.

E, por fim, "Vida Inteligente no Universo" - os últimos onze capítulos. Esse é nosso guia básico para tudo o que você quiser saber. Trinta e três capítulos, feitos

a 16000 km de distância, sem FedEx ou correio eletrônico.

E claro que essas ideias estão circulando há muito tempo, há séculos, mesmo milênios, de uma forma bastante amena. Mas só recentemente elas foram tratadas de forma

quantitativa, por Cocconi e Morrison, em seu famoso artigo de 1959 e, experimentalmente, por Drake em seu projeto Ozma, de 1960. Isso leva-nos aos Programas de

Pesquisa.

Deixe-me mencionar alguns pioneiros que normalmente não residem no panteão do SETI. Heinrich Hertz, por causa de uma série de experiências ingênuas e maravilhosas entre 1886 e 1892, preparadas para tentar

Este projeto foi balizado Ozma em homenagem à rainha do país de Oz, de O Mágico de Oz, de Frank Baum. (N. do R.T.)

#DEPARTMENT OF PHYSICS

HARVARD UNIVERSITY

January 12, 1950

LYMAN LABORATORY OF PHYSICS CAMBRIDGE 38. MASSACHUSETTS

Dr. Harlow Shapley

Harvard College Observatory

Cambridge 38, Massachusetts

Dear Dr. Shapley:

This letter is an application for a grant from the Rumford Fund of the American Academy of Arts and Sciences. The research project for which assistance is sought is an effort to detect, in the microwave radiation from interstellar space, a sharp line at the frequency associated with the hyperfine structure of the ground state of

atomic hydrogen. The experiment has been undertaken as a Ph.D. thesis problem by Mr. Harold I. Ewen, a graduate student in the Department of Physics, under my direction.

I shall outline briefly the background of the problem, and the method we plan to use.

The ground state of the hydrogen atom is split into two "hyperfine structure" levels by the interaction between the spinning electron and the proton.

FIGURA 9.5

Um pouco de história: a candidatura de Purcell para um subsídio para a descoberta da radiação galáctica de 21 cm.

verificar ou refutar a então controversa teoria de Maxwell. Ele gerou ondas eletromagnéticas. Mediu sua velocidade de propagação e descobriu que era próxima da velocidade

da luz, então deduziu que a radiação eletromagnética e a luz eram, provavelmente, a mesma coisa. Mediu a refração, a reflexão, a polarização, as ondas estacionárias

- tudo com os aparatos do século XIX. Karl Jansky, no início da década de 1930, tornou-se o primeiro radioastrônomo do mundo; ele tinha um radiotelescópio. Isso

realmente marca a fundação do SETI, ondas de rádio detectadas do espaço exterior. Tudo de que precisamos é alguém que as envie para nós.

Recentemente descobri um maravilhoso pequeno pedaço da história.

Experimentei um pouco da emoção que os historiadores devem sentir quando abrem uma gaveta e descobrem

algumas páginas amareladas contando uma história sobre a qual ninguém tinha conhecimento por cinquenta ou cem anos. Dei uma bisbilhotada (com permissão) nos arquivos

de Ed Purcell, certa vez, e descobri o mais maravilhoso conjunto de cartas e quadros. A carta na figura 9.5 foi escrita em

1950, uma data que os radioastrônomos reconhecerão

como pouco antes da descoberta da linha de 21 centímetros. Ed está mandando sua candidatura para Harlow Shapley, chefe do Fundo Rumford no Observatório de Harvard.

É uma candidatura a um subsídio! Ele diz isso logo na segunda frase:

O projeto de pesquisa para o qual se busca auxílio é um esforço para detectar, na radiação de microndas do espaço interestelar, uma linha na frequência associada

à estrutura hiperfina do estado base do hidrogênio atômico.

Ele diz que essa será a tese de Ph. D. do sr. Harold Ewen. Mais abaixo, ele diz, de uma forma purcelliana maravilhosa:

#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa _____ 123

A radiação de microonda nesse comprimento de onda pode ser absorvida ou emitida por átomos de hidrogênio neutros livres, dos quais o espaço exterior tem um abundante estoque para nossos propósitos.

As pessoas não escrevem mais propostas de subsídio dessa forma. Bem, ele continua, mas apresento apenas alguns destaques aqui. "Calculei a probabilidade de transição e com base na prova astrofísica disponível, acredito que há boas chances para que a linha possa ser observada". E claro que sabemos, agora em retrospecto, que isso tornou-se uma prática comum da radioastronomia. "A própria antena consistirá de um alimentador eletromagnético montado no terraço do Laboratório Lyman". E ele diz, caso Shapley necessite ser convencido, "não preciso enfatizar para o senhor as implicações astrofísicas caso a experiência seja um sucesso". Talvez não precise, mas ele o fez de qualquer forma. Agora ele se preocupa um pouco com a competição: "Uma experiência do tipo descrito tem estado na mente de muitas pessoas, tenho certeza, e não é improvável que alguém nos bata nela" - ao mesmo tempo mostrando inclinação à dupla negativa. "No entanto, estabelecemos para nós mesmos o objetivo limitado de detectar a linha, se possível. É claro que uma vez que seja estabelecida a existência do efeito, muitas investigações mais elaboradas se apresentariam".

Isso é uma afirmação precária. E, por fim, ele dá a cartada final: "... e é para custear essas despesas que solicito um subsídio no valor de 500 dólares". Ele diz no final: "espero que o Comitê Rumford sinta que esse projeto é adequado para receber o apoio do Fundo Rumford, e que é digno da assistência solicitada". Em uma das maiores pechinchas na história da radioastronomia, 500 dólares é o custo para alcançar a linha de 21 centímetros!

Seis semanas depois temos a resposta (Figura 9.6) do secretário do Fundo Rumford (eles realmente tentavam controlar os subsídios àquela época), por meio da qual aprovava o subsídio solicitado. E o resto é história. Tenho algumas fotografias de alta qualidade. O como da antena, na figura 9.7, está do lado de fora do Laboratório Lyman, com o estudante graduado "Doe" Ewen como responsável.

Definitivamente, é um trabalho amador - 2 x 4s, compensado, as coisas penduradas. Do outro lado da parede, estava a engenhoca (Figura 9.8), tudo com válvulas, é claro, completadas com fones de ouvido, um VOM Simpson (para os tempos antigos) e outros equipamentos da tecnologia de comunicação de 1950 (tais como os indutores de interferência em radar da Segunda Guerra Mundial, usados como osciladores locais).

E aqui está o que eles descobriram (Figura 9.9). A detecção de hidrogênio galáctico é a linha sinuosa que cruza a base inclinada, acima e depois abaixo, em uma assinatura clássica diferenciada, causada pelo desvio Dicke. A publicação que se seguiu, na Nature, é digna de algumas notas. No curioso estilo da época, o humilde título "Observação

de uma linha no espectro de rádio galáctico" é seguido de um subtítulo "Radiação do hidrogênio galáctico a 1420 megahertz por segundo". Pode-se imaginar um subtítulo:

"Cientistas Surpresos"! No pequeno relatório, Ewen e Purcell dizem, após algumas preliminares: "Agora podemos dizer que tivemos sucesso ao observar essa

#124

Paul Horowitz

AMERICAN ACADEMY OF ARTS AND SCIENCES

2 NEWBURY STREET BOSTON

February 28, 1950

Dr. E. M. Purcell Lyman Laboratory Harvard University Cambridge 38, Massachusetts

Dear Dr. Purcell

I have the pleasure to inform you that the Council of the Academy at its meeting on February 8, 1950, voted to approve a grant of \$100 from the Rumford Fund to you

to assist in your microwave experiments on radiation from interstellar space.

Payment on this grant will be made to you in the manner you indicate upon your application therefor to the Treasurer of the American Academy of Arts and Sciences,

28 Newbury Street, Boston 16, Massachusetts.

FIGURA 9.6

A Academia Americana de Artes e Ciências faz uma doação histórica.

JHiff1C

Sincerely yours,

lo> v» i

John B. M. Bunker Secretary

linha" e, por fim, no final do seu artigo, apropriadamente, ele agradece à Academia Americana o subsídio Rumford, os 500 dólares que tomaram possível a descoberta.

O relatório foi entregue em 14 de junho, mas não foi publicado até setembro. Por que o atraso? E por que, curiosamente, o próximo artigo na mesma edição tem um título

similar "Detecção do hidrogênio neutro hiperfino"? O que está acontecendo aqui? Bem, acontece que o grupo holandês, sabendo da descoberta de Harvard, conseguiu repeti-la

seis semanas depois. Purcell e Ewen então insistiram que a Nature demorara em publicar o ensaio deles até que as outras descobertas tivessem a chance de escrever

seus resultados e de tê-los publicados simultaneamente. Um gesto bastante cavalheiresco.

Bem, não é o sexagésimo aniversário de Purcell, e sim de Carl, então deixem-me continuar o assunto. Isso foi em 1951. Em 1959, o ensaio histórico de Cocconi e Morrison

(ou, como gostamos de dizer em Cambridge, o

#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa

125

ensaio de Morrison e Cocconi) apareceu, sugerindo que a comunicação eficiente com civilizações extraterrestres por meio de microondas, é possível, por muitas das

boas razões que viemos a entender desde então.

Em 1960, Frank Drake fez história com sua pesquisa de duas estrelas, com um canal, chamado Projeto Ozma. Essa foi a primeira pesquisa da era moderna - subsidiada

pela radiociência e teoria da comunicação - a primeira pesquisa que poderia dar certo. Entre as diversas heranças da experiência de Frank, está o aparente mandamento de que o aparato do SETI sempre deve ocupar quatro estantes. Vou demonstrar esse curioso efeito nas fotografias subsequentes. Isso abriu as comportas (ou talvez eu deva dizer o conta-gotas) para pesquisas posteriores, a maioria sendo feita na frequência hiperfina do hidrogênio, ou em seus parentes próximos. O motivo tradicional disso, o que normalmente se ouve, é que os sinais são mais eficientes na região centimétrica do espectro (e são). Para sermos historicamente precisos, no entanto, devemos notar que Frank escolheu o hidrogênio por um motivo diferente: ele queria poder negar se fosse acusado de gastar o dinheiro do governo em uma pesquisa louca - isso era, afinal, um receptor de rádio astronomia. Mas, de fato, esse é o padrão eficiente de comprimento de onda. Drake mostrou que não há vantagens óbvias para comprimentos de onda, curtos ou longos, com base na potência recebida por um observador distante. O que interessa, é claro, é a competição - os ruídos de fundo da Galáxia e

Figura 9.7

A primeira antena na Terra para detectar ondas de rádio do hidrogênio neutro no espaço.

#126Paul Horowitz

FIGURA 9.8

O laboratório de radioastronomia mais moderno (1950). da atmosfera claramente favorecem comprimentos de onda centimétricos se você acreditar que adotar uma estratégia eficiente é o melhor. Fazemos agora uma pequena viagem por uma coleção de troços de pesquisadores. Palmer e Zuckerman eram pessoas persistentes que usavam o radiotelescópio NRAO de cerca de 91,4 metros. Eles fizeram quinhentas horas de pesquisa, 674 estrelas, em 21 centímetros, na década de 1960. Estavam bastante entusiasmados então, mas Ben, de alguma forma, ficou grisalho e enrugado e um tanto pessimista desde aqueles dias impetuosos. Ele agora é o rabugento (apesar de um rabugento amigável) do SETI; e como se para enfatizar a futilidade disso tudo, a antena deles chegou a cair. Enquanto a antena ainda estava de pé, Jill Tarter e JeffCuzzi fizeram uma pesquisa lá, usando um equipamento VLBI para registrar os dados. Essas pessoas observaram, por centenas de horas, duzentas estrelas, o que era um trabalho muito exaustivo. Se você for fazer longas observações SETI, você realmente não deve car sentado ali; deixe que seus computadores compulsivos façam o trabalho enfadonho.

Eis a pesquisa mais duradoura de todas. Essa vista incomum (Figura 9.10) mostra parte da antena Kraus na Universidade Estadual de Ohio. Um painel achatado inclinável combina-se com uma antena xa curva, formando um foco em um como sobre um vagão de trem móvel, a fim de fazer o acompanhamento enquanto a Terra gira. Essa é a maneira de conseguir uma abertura muito grande e barata - você contrata pessoas que se candidatam no quadro de avisos, pedindo que coloquem algo brilhante nele.

#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa

127

Esses caras nunca desistem - eles têm pesquisado desde 1973, novamente usando o comprimento de onda de 21 centímetros, por todo o céu, o tempo todo. Jill Tarter

e seus colegas usaram uma antena similar em Nancay, para uma série de pesquisas.

Ouvir rádio a longa distância atrai amadores também. Bob Stevens comprou, por um dólar, um radar aéreo de cerca de 18,3 metros no Noroeste: ele ficou ali inabalável,

vivendo em um barracão próximo até quando pôde, e finalmente deixou a cidade, cansado e quase congelado. E Bob Gray tem um pequeno prato em seu jardim em Chicago.

Todo mudo pode participar desse ato.

Agora, é visível que falta uma antena - Arecibo. Uma pesquisa interessante foi conduzida lá, mas não se ouve falar muito sobre isso. Em 1975, um certo Sagan e Drake

publicaram um artigo na Scientific American sobre "A busca por inteligência extraterrestre", no qual eles dizem que "há pouca dúvida sobre a existência de civilizações

mais desenvolvidas do que as da Terra em outro lugar do Universo" e que nós devemos procurá-las. E eles destacam que pode fazer sentido procurar em todas as galáxias

porque os sinais mais fortes observados da Terra podem não estar nas estrelas mais próximas: pode haver civilizações incrivelmente radioluminosas em outras galáxias.

O que eles não disseram, talvez por timidez, é que na verdade eles mesmos estavam fazendo exatamente aquela experiência! Aqui vai o breve relatório deles, integralmente,

de um Relatório Trimestral do Observatório de Arecibo em 1975:

"Busca por Sinais de Vida Extraterrestre" (F. D. Drake e C. Sagan)

Uma breve corrida na noite de 24/25 de março serviu como o primeiro teste do novo autocorrelator e um teste da sensibilidade de detecção. Sinais de comunicação terrestre

normais refletindo da Lua, próximo a 430 MHz foram captados com o telescópio de Arecibo e analisados com o primeiro quadrante de 252 canais do correlator. Mais

tarde, diversas fontes galácticas e extragalácticas foram observadas a 1.420 MHz. Nenhum sinal não terrestre de banda estreita foi captado.

Observe principalmente a primeira frase - era sempre necessário ter uma desculpa para fazer SETI naquela época! Busquei em todos os lugares por uma

fotografia de Carl

com a mão no interruptor. Tentei os arquivos de

FIGURA 9.9

Varredura do impulso do hidrogênio galáctico, duas semanas depois da descoberta inicial.

#FIGURA 9.10

Refletor plano inclinável da antena Kraus na Universidade Estadual de Ohio; sua área de coleta é equivalente a um prato de 53,3m.

Arecibo, os arquivos de Harvard, os arquivos do arquivo - não há fotografias de Carl com a mão no interruptor. Talvez ele nunca tenha posto sua mão no interruptor, exceto naquela noite.

Houve praticamente cinquenta pesquisas até hoje. A tabela 9.1 mostra a natureza delas. Começando com o Ozma, em 1960, o receptor de um único canal de Frank Drake (que era muito mais sofisticado do que aparentou em sua palestra. Realmente não foi justo! Ele usou um esquema Dicke com interruptor, com canos duplos, e detetores de banda larga/estreita, um trabalho adorável); passando pelo trabalho do Estado de Ohio, iniciado em 1973, e assim por diante, essas são as pesquisas de onda de rádio, principalmente na região de hidrogênio neutro. Mas houve outras pesquisas - o mundo não está totalmente preso a ondas de rádio centimétricas, apesar de elas parecerem incrivelmente boas. Buscam-se pulsos ópticos, linhas de laser ultravioleta, feixes gama, radiação hiperfina de trítio, artefatos nos #Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa pontos estáveis de libração dos sistemas Terra-Sol e Terra-Lua, tanto com sistemas ópticos quanto com sistemas de radar. Procuraram-se laser infravermelho e esferas Dyson no infravermelho (civilizações que se cercam com um casulo e assim podem usar toda a sua luz solar), linhas moleculares milimétricas, e linhas ópticas características de produtos de fissão (de civilizações que descarregam seus detritos radioativos e outros em seu sol, em parte para se livrar deles e em parte para nos dar um sinal).

TABELA 9.1 SETI EM MICROONDAS E OUTRAS PESQUISAS

21 cm(HI),etc.	Outras
•60Ozma canal, 2 estrelas	Pulsos de rádio
	Pulsos ópticos
	Linhas de laser UV
•73Estado de Ohio	50 canais, Feixes
todo o céu	("marcas de derrapagem")
50 pesquisas	Trítio hiperfino
1,5 GHz	
•85META8 x 10''	canais, Refugio e pontos de libração
todo o céu	Óptico
92Serendip III	4 X 1 0' canais, Radar
\	
maior parte do céu	
sferas vson xcsso de	
Agorainfravermelhos)	8-14 im
95?BETA240 x 1 0	canais, mm RF: HA ee-, etc. 15GHz
todo o céu	203 GHz
95?Serendip IV	130 x IO6 canais, Linhas espectrais de produtos
maior parte do céu	de fissão: óptico
95?Phoenix	56 x 1 0' canais,
1 .000 estreas,	salto de spin 8,6 GHz
todos os modos	
W-IO13 x OZMA	

Gostaria de resumir uma porção de pesquisas contemporâneas e duas ou três que estão planejadas.

Há quatro pesquisas significativas em andamento. Em Arecibo, o grupo de Berkeley (Stu Bowyer, Dan Werthimer e equipe) está conduzindo uma pesquisa engenhosa chamada

SERENDIP, um acrônimo distorcido para uma coisa ou outra. O grupo usa o prato de Arecibo de uma forma parasitária incomum - a saber, usando o vagão de alimentação

errado. Assim, o feixe não trilha a esfera celeste, mas ao invés disso, descreve divertidos

#Mapa Galáctico dos Eventos Candidatos de Setembro de 1994

- - Eventos observados em dois dias diferentes (estrutura de referência baricêntrica) A - Eventos observados em dois dias diferentes com 2 detecções por observação

(sem adoção de estrutura de referência)

FIGRA 9.11

Eventos candidatos de dois anos de operação parasita da SF.RENDIP In em Arecibo.

pequenos arabescos no céu (enquanto o usuário primário do outro vagão de alimentação trilha uma única fonte). No período de um ano, eles cobrem quase todo o céu

visível de Arecibo; na verdade, muitas posições são observadas três, quatro ou cinco vezes. O equipamento é um espectômetro Fourier de quatro megacanaís, observando

a 430 megahertz. Nessa frequência captase muita interferência.

A ideia é pegar esses setenta trilhões de sinais que chegam e procurar por regularidades na frequência, no espaço e no tempo, rejeitando tudo que não cheire bem:

sinais que permanecem por muito tempo enquanto a antena está se movendo, sinais que continuam a voltar na mesma frequência porque são de algum transmissor local,

e assim por diante, e no fim você acaba com um resíduo de algumas centenas de eventos interessantes. A figura

9.11 mostra o resultado de dois anos de trabalho; cerca de 250 eventos que foram vistos em mais de uma ocasião. As estatísticas estão exatamente no nível de chances

e nenhum deles foi visto três vezes (sendo um único exemplo disso extremamente improvável). Esse projeto foi realizado a baixo custo e com grande elegância na elaboração e execução.

Enquanto isso, na Universidade Estadual de Ohio (a antena que parece um campo de futebol americano), a pesquisa de longa duração aumentou sua contagem de canais

em um fator de 100 mil, ao receber um sistema de quatro megacanaís de Berkeley. Uma fotografia de seu receptor incrementado está na figura 9.2, pousado na prateleira

mais à esquerda das quatro prateleiras obrigatórias para o equipamento. Talvez o sinal candidato mais perturbador no SETI tenha vindo da pesquisa de Ohio, o famoso

sinal WOW, que mostrava uma misteriosa combinação com o perl do feixe da #Inteligência extraterrestre: os proramás de pesquisa

131

FIGURA 9.12

O espectômetro de quatro megacanaís de Bekerley no observatório da Universidade

Estadual de Ohio.

antena sob o efeito do arrasto. Esse evento agora ocupa centenas de horas de observação em infrutíferas tentativas de reaquisição. Esses maravilhosos sinais ocasionais

têm sido observados por quase todas as pesquisas, invariavelmente operando de modo a

tornar uma nova observação imediata impraticável. Ao final, comentarei sobre

o que deveria ser feito com relação a coisas assim.

Aqui temos outra experiência em andamento (Figura 9.13), o equipamento infravermelho de Charlie Townes e Al Betz, buscando um feixe de laser de dióxido de carbono.

Charlie sempre deu preferência ao infravermelho e acha que o resto de nós está perdendo uma boa aposta. Isso é física elegante - eles usam uma detecção verdadeiramente

coerente, em um sistema heteródino óptico.

Por fim, nossa pesquisa (META) em Harvard e Buenos Aires, patrocinada principalmente pela Sociedade Planetária. Meu filho Jake (Figura 9.14), quando tinha seis anos

de idade, está apontando para o domo Cassegrain do prato equatorial de cerca de 25,6m em Harvard, Massachusetts. Nosso equipamento é mostrado na figura 9.15, com

seu analisador de oito milhões de canais, ligado em 1985 com certa ostentação (Figura 9.16). O que se está vendo, da esquerda para a direita, é

1) o interruptor

que o ligaria caso alguém estivesse com a mão sobre ele; 2) o camarada que deu o dinheiro para construir a coisa que o interruptor liga; 3) o camarada que convenceu

essa pessoa a dar o dinheiro; e 4) um dos rapazes que construiu o equipamento.

Um segundo sistema idêntico (META II) foi construído pelos argentinos, que o levaram para seu prato de 30 metros, onde ele faz uma pesquisa do céu meridional e também

um conjunto de observações simultâneas da parte do céu visível nos dois observatórios.

#0 que descobrimos com essas pesquisas? Coisas como o evento WOW, fontes que têm pico à noite, fontes que nunca voltam. Por exemplo, na figura 9.17 está o resultado

da pesquisa META em Harvard, 1013 canais examinados, durante cinco anos de observações contínuas. Significativos eventos que sobrevivem a todos os testes de dubiedade

são marcados neste mapa do céu (apresentado no *Astrophysical Journal* 415, 218, 1993); os pontos maiores são muito mais significativos por serem devidos ao acaso,

enquanto os menores são consistentes com a previsão estatística de ruído.

O que pode ser bastante interessante é o agrupamento dos cinco sinais mais fortes em um

arranjo aparentemente não aleatório, relativo ao plano galáctico.

Gastamos muitos, muitos dias em cada um deles, em uma tentativa de nova observação, e não conseguimos

que nenhum deles voltasse. Colocamos os telescópios e não fizemos nada (nem mesmo construir pistas de pouso!) para fazer com que os sinais voltassem.

O que se pode concluir de três décadas de resultados negativos no SETI? É claro que seria muito melhor ter descoberto alguma coisa - nós todos no SETI desejávamos

ter tido resultados mágicos como aqueles que Ed Stone apresentou esta manhã em relação ao espetacularmente bem-sucedido programa de exploração planetária. Mas, no

SETI, ou você consegue resultados totalmente mágicos ou não consegue nada. Carl e eu fizemos um esforço para extrair o máximo do "nada" de nossa pesquisa, e acontece

algo assim: se você acredita que pode haver supercivilizações, no sentido Kardashev (aquelas que retiram toda a energia da luz do sol que incide sobre seu planeta

- Tipo I: ou toda a energia irradiada por seu sol -
#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa
133

FIGURA 9.14

Prato totalmente úirrii\ ei e 25,(
SETI em tempo integral em Harvard.
EdE

Tipo 11), e se você restringe sua atenção para aqueles que continuamente transmitem mensagens de rádio nas frequências de nossa pesquisa, usando uma significativa

fração de sua potência, então os resultados negativos do META excluem as civilizações do Tipo

1 em um raio de 700 parsecs, se elas transmitirem de forma isotrópica, ou para qualquer lugar da Galáxia, se elas transmitirem em nossa direção com 30 decibéis de ganho de antena. As civilizações do Tipo II são excluídas, nas mesmas

regras básicas, a partir de

22 mega parsecs, mesmo com antenas isotrópicas (incluindo o Grupo Local #Yi

au\ VioowV

FIGURA 9.15

STI META com oito megacanaís em Harvard.

e o aglomerado da Virgem). Mesmo civilizações tão primitivas quanto as nossas são excluídas, para 7 parsecs (transmissão isotrópica) ou para qualquer lugar na Galáxia

(70 decibéis de ganho de antena). Observe, no entanto, quão restritivas são nossas hipóteses iniciais - transmissão de feixe contínuo, à nossa escolha de frequência,

irradiado para nós se forem usadas antenas direcionais.

Outra forma de colocar isso é dizer que o SETI, até agora, mal e mal começou. Gostaríamos de pesquisar de forma que tivéssemos uma chance significativa de descobrir

transmissões de faróis não tão restritas. E que nos levem, nalmente, a pesquisas que estão agora em planejamento e em construção.

Os colegas da SERENDIP, que usam a antena de Arecibo como parasitas, estão aumentando para 120 megacanaís (SERENDIP IV), para cobrir o céu de Arecibo com uma faixa

de frequência bastante ampliada.

Em Harvard estamos construindo um sistema de trânsito de dois feixes (Figura 9.18), com um par de receptores leste-oeste no foco de nosso prato;

uma terceira antena de baixo ganho serve como um veto terrestre. A esperança é forçar qualquer fonte genuína em trânsito no céu a passar pelo corredor polonês e

depois nos dar segurança contra as fontes que dão um pico uma vez por noite. com esse sistema (BETA) um sinal precisa entrar em pico duas vezes, da forma certa

(leste, depois oeste e nunca tendo origem terrestre). O processador básico é uma placa de quatro megacanaís, faz uma complexa transformada de Fourier de 4 milhões

de pontos em dois

#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa

135

segundos, cerca de 300 milhões de instruções por segundo. É um primo do SERENDIP. Uma porção deles afixados em uma prateleira estão na figura

9.19, junto com os conversores e digitalizadores; você está vendo um receptor de 250 milhões de canais, cerca de vinte bilhões de operações por segundo. Esse sistema entrará no ar em 1995. com relação a esses sistemas de 100+ megacanal, gostaria de citar Frank Drake. Em 1985, no 25º aniversário do Ozma. Frank disse: "Hoje estamos fazendo os sistemas de oito milhões de canais com alta sensibilidade e, com certeza, daqui a vinte anos teremos um sistema de cem milhões de canais ou coisa assim". Bem, só se passaram nove anos e já chegamos a um quarto de um bilhão. Como Bohr disse uma vez, "É difícil prever, especialmente o futuro". Deixando o melhor para o final, o projeto NASA ressurgiu agora (Phoenix), com financiamento privado a prova de senadores. Esse projeto é realmente grande, com caixas que cabem em grandes aviões de carga. O sistema sabe como reconhecer encadeamento de pulsos fragmentários, gorjeios e diversas combinações, além de possuir um suave sistema de deslocamento, e buscará uma banda ampla - 2 gigahertz ou mais - com a sensibilidade das maiores antenas na Terra. Para mostrar como as coisas melhoram com o tempo, uma comparação que Kent Cullers elaborou, evidenciando o poder da pesquisa, é mostrada na tabela 9.2. com uma tabela dessas, nós podemos ir além até mesmo das projeções otimistas de Frank. Kent usou até as unidades Drakianas ozmas e ozmas/segundo (Ozma manteve Frank ocupado por dois meses,

FIGURA 9.16

Celebridades bloqueando a vista do prato de 25.6 m. (Cortesia de K. Beatty, Sky Pnhlihin, Cambridge, MA).

#136 Paul Horowitz
90° N

FIGURA 9.17

Eventos sobreviventes de cinco anos de M ETA. Os círculos preenchidos têm 1,4 GHz, os círculos abertos têm 2,8 GHz, os cinco eventos mais fortes são mostrados em grandes círculos. O centro da Via Láctea é indicado por um X. West) (following)

Es (preceding)

Apparent motion \of celesial rdio source

FIGURA 9.18

trânsito SETI de dois feixes. Um terceiro canal, alimentado por um disco de baixo ganho fornece um veto.

em 1960) - listadas como algoritmos, porque os ganhos foram muito espetaculares. Você pode ver que os sistemas atuais e os futuros estão melhorados em algo entre

sete e quatorze ordens de grandeza em relação ao Ozma, no que diz respeito à sensibilidade. Isso não é mal para trinta anos.

Um último comentário sobre essas pesquisas melhoradas: Todos aprendemos, com esses eventos que ocorrem uma vez ao mês ou uma vez no meio da noite, que precisamos

incluir planos muito melhores para mitigar a

#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa

137

FIGURA 9.19

Um espectrômetro de 250 milhões de canais para o SETI. A BETA funciona a

40 bilhões de operações por segundo, tem 3,4 gigabytes de RAM servindo mais de duzentos processadores e produz 250 Mbytes de dados espectrais por segundo, interferência da frequência de rádio, ocasionais erros nos processadores e coisas assim. Também precisamos incluir meios para o rápido acompanhamento, tanto se houver um operador nos controles quanto se não houver. Todos nós que nos ocupamos com a iniciativa SETI agora sabemos bem isso. Só para dar um exemplo, em nosso novo sistema BETA implementamos um sistema com três comos, de modo que o sinal precisa mostrar um sentido adequado por meio dos comos enquanto não é detectado pela antena terrestre; BETA também usa processadores redundantes e extensivas verificações de paridade. Se um sinal passar por esses testes, o sistema responde movendo a antena para o oeste em ângulo horário dando oportunidade à fonte de repetir o trânsito. Futuros SETI verão o uso crescente de tais truques.

#Paul Horowitz

TABELA 9.2

SENSIBILIDADE COMPARATIVA DA PESQUISA E TAXAS PARA SETI CONTEMPORÂNEO

Sensibilidade Comparativa (para uma direção no céu)

Tamanho da Pesquisa (log Ω)

Nome da Pesquisa CW sem CW com Pulsos sem Pulsos com deslocamento deslocamento deslocamento deslocamento

META8, 966, 368, 316, 36

SERENDIP7, 567, 567, 567, 56

OSU5, 515, 515, 55, 51

BETA9, 419, 419, 419, 41

AST. ÓPTICA4, 274, 274, 274, 27

RADIOASTRONOMIA6, 316, 316, 316, 31

NASA13, 6013, 6014, 9214, 92

Taxas Comparativas de Pesquisa

Taxa de Pesquisa (log Ω /seg)

Nome da Pesquisa CW sem CW com Pulsos sem Pulsos com deslocamento deslocamento deslocamento deslocamento

META7, 665, 067, 015, 06

SERENDIP7, 567, 567, 567, 56

OSU5, 515, 55, 515, 51

BETA9, 49, 419, 49, 41

AST. ÓPTICA4, 274, 274, 274, 27

RADIOASTRONOMIA6, 316, 316, 316, 31

NASA1, 221, 2212, 2312, 23

Finalmente, uma nota pessoal para Carl: Você marcou uma fase com seu livro histórico (com Shklovskii), *Intelligent Life in the Universe* [Vida inteligente no Universo],

para uma geração de pesquisadores. Foi isso (que você usou como notas do curso em Harvard na década de 1960 e que eu peguei com o meu colega de quarto sem pagar

qualquer taxa), junto com a influência de gigantes como Ed Purcell e Frank Drake, que me levaram ao SETI, onde eu pareço estar preso desde então. O SETI está vivo

hoje em dia, graças tanto à sua advocacia nos bastidores e à advocacia pública, tal como a peição que você organizou para a revista *Science*. Sua efetividade na educação

em ciência, na forma da liderança da Sociedade Planetária, no fórum sobre educação pública (que ajuda a gerar uma audiência entusiasmada que deseja pagar os dólares

para isso) e também em sua paciente educação de senadores, tem sido absolutamente crucial para o SETI. Você tem, e muito, posto sua "mão no interruptor" (Figura

9.20). Obrigado e feliz aniversário!

#Inteligência extraterrestre: os programas de pesquisa _____ 139

FIGURA 9.20

Cortesia de K. Beatty (Sky Publishing, Cambridge, MA) e John W. Forbes, Jr.

Nota adicionada na prova: Nos dois anos seguintes ao simpósio, as pesquisas BETA e Phoenix se tornaram totalmente operacionais, e a SERENDIP IV aguarda o Arecibo

atualizado; isso já era esperado. O inesperado é a descoberta de quase uma dúzia de planetas extra-solares, alguns circulando estrelas como o nosso próprio: um meteorito

de Marte que pode conter vida fóssil; e novas provas de água em estado líquido na lua Europa de Júpiter. O SETI está mais estimulante do que nunca, agora infelizmente

sem a participação dinâmica de Carl.

#10

As leis da física permitem buracos de minhoca para viagem interestelar e máquinas do tempo?1

KIP S. THORNE

Instituto de Tecnologia da Califórnia

Nosso amigo e homenageado Carl Sagan, não é apenas um bom sujeito, um grande cientista e um comunicador extraordinário; ele também é um talentoso romancista, como

vocês que já leram o livro Contato (Sagan, 1985) devem saber.

Agora, é um acontecimento raro e talvez único que um romance de ficção científica como Contato gere um novo sentido tão importante para a pesquisa científica. Então,

Carl é uma pessoa única. Descobrirei hoje como, por meio de Contato ele estimulou uma comunidade de físicos teóricos a estudar alguns desvios extremos de espaço/tempo

que haviam anteriormente sido evitados e como esses estudos estão produzindo novos pontos de vista sobre a natureza do espaço e do tempo.

Tudo começou há cerca de nove anos, com um telefonema de Carl para mim, no qual ele disse: "Acabei de escrever um romance sobre o primeiro contato humano com uma

civilização extraterrestre e quero ter certeza absoluta de que empreguei corretamente a relatividade geral". Isso é típico de Carl: ele quer fazer certo. Completamente certo.

Então Carl mandou-me o manuscrito de seu romance - uma história

fascinante na qual a heroína, Eleanor Arroway, viaja por um buraco negro (um tipo extremo de deformação

no espaço) até o centro da Galáxia, passa

Para uma explicação mais detalhada sobre esse tópico, basicamente no mesmo nível que essa palestra, consulte o último capítulo de Black Holes and Time Warps: Einstein

s Outrageous Legacy (Thorne, 1995). Para uma visão geral mais técnica, consulte (Thorne, 1993).

#142 _____ Kip S. Thorne

um dia lá e depois, passando por algum tipo de deformação no tempo, volta à Terra no exato momento em que partiu. Então aí está o desafio: Isso poderia se tornar respeitável em termos científicos? A respeitabilidade veio fácil, assim que foi lançado. Carl havia antecipado, de forma notável, muito da aplicação da teoria gravitacional de Einstein - apesar de não ser um perito na relatividade geral de Einstein - e das deformações no espaço-tempo. Agora, a tecnologia para manipular as deformações espaço-tempo como Carl havia imaginado está muito além de nossas capacidades, assim como a viagem espacial estava além da capacidade dos neandertalenses. É claro que Carl reconheceu isso, então em seu romance ele tinha uma civilização extremamente desenvolvida colocando em nossas mãos a tecnologia, por meio de uma longa mensagem de rádio que Eleanor Arroway recebe e decodifica. Não posso prever o que uma civilização tão desenvolvida será capaz de fazer ou capaz de nos ensinar a fazer. Mas posso perguntar: "O que as leis básicas da física permitem?" Suponha que essa civilização seja infinitamente desenvolvida. Suponha que seja limitada apenas pelo que as leis fundamentais da física não a deixam fazer e nada mais. Então, é possível criar e manipular tais deformações do espaço-tempo? Quando comecei a fazer esse questionamento, logo ficou evidente que aqui há uma forma poderosa de provar as leis fundamentais da física. Não pergunte o que ocorre na natureza, nem o que nós humanos somos capazes de fazer. Pergunte, ao invés disso, que limitações as leis da física impõem a uma civilização infinitamente desenvolvida? Há um precedente para perguntas como essa: no início do século XX, quando Albert Einstein estava desenvolvendo sua teoria da relatividade geral, os homens tinham poucas esperanças de medir a deformação do espaço-tempo na qual a teoria se baseava. Testes reais, quantitativos, só seriam possíveis na década de 1970, mais de cinquenta anos depois de ele ter formulado sua teoria, então ele não podia orientar-se por experiências reais. Ao contrário, ele usou experimentos imaginados - experimentos nos quais ele imaginava fazer coisas, tais como pular em um feixe de luz e viajar com ele aproximadamente na velocidade da luz, o que na verdade não podemos fazer por causa da nossa insignificante tecnologia. Ao pensar nesses experimentos hipotéticos e calculando quais os resultados previstos pelas leis da física, Einstein teve uma visão sobre as leis fundamentais, visão essa que orientou sua criação da teoria da relatividade. De forma semelhante, hoje em dia, ao tentar ir além da relatividade geral - ao tentar entender como a gravidade se comporta nos núcleos dos buracos negros ou na singularidade do Big Bang, onde o Universo começou - nós físicos entramos em um domínio onde não podemos fazer experiências reais e, então, usamos experimentos imaginados. Mas nos afastamos do que talvez seja o tipo mais poderoso de todos os experimentos imaginados, o que em meu círculo tomou-se conhecido como uma questão do tipo Sagan. São experimentos imaginados que perguntam:

"Que restrições as leis da física impõem às atividades de uma civilização infinitamente desenvolvida?" Nós não fizemos esse tipo de pergunta até agora porque se parece

#As leis da física permitem buracos de minhoca...

143

Leis da Relatividade Geral de Einstein (deformações de espaço-tempo)

1915

Leis da Mecânica Quântica e Campos Quânticos

1930

Leis

no e

i

de Campos Quânticos|

espaço-tempo distorcido|

-1975|

Leis da Gravidade Quântica início da década de 2000?

FIGURA 10.1

As leis da física que são provadas pelas perguntas do tipo Sagan. muito com ficção científica e, assim, de alguma forma, não parecia respeitável na séria comunidade científica.

No entanto, agora percebemos que se perguntarmos o que uma civilização infinitamente desenvolvida pode fazer, estamos nos perguntando sobre as leis fundamentais

da física em uma variedade muito grande de formas. E tanto é assim que, incentivados pelo desafio que Carl me apresentou, nós começamos a fazer perguntas do tipo

Sagan.

Deixem-me dizer algumas palavras sobre as leis da física que temos tentado provar dessa forma.

No século XX, houve duas revoluções que nos trouxeram dois novos conjuntos de leis físicas (Figura 10.1): a teoria da relatividade geral de Einstein, de 1915, na

qual ele nos diz que o espaço-tempo pode ser distorcido por densas concentrações de matéria e energia e que essa distorção se manifesta em parte como gravidade;

e as leis da mecânica quântica e dos campos quânticos, datada das décadas de 1920 e de 1930, que são as leis que governam os átomos, as moléculas, as partículas

de luz (fótons) e outras entidades em escalas muito pequenas.

Na metade do século desde essas revoluções, tomou-se claro para nós que, subjacente à relatividade geral e à mecânica quântica, deve haver um conjunto de leis unificadas.

Nessas leis unificadas, a distorção do espaço-tempo, que governa os entes em grande escala, deve fundir-se com a mecânica quântica, que governa os entes em escala

muito pequena. A distorção tempo/espaço e a mecânica quântica devem andar juntas, formando um novo conjunto de leis chamado gravidade quântica, e essas novas leis

da gravidade quântica devem governar o que acontece no núcleo de um buraco negro e na singularidade do Big Bang, onde nosso Universo nasceu. Os físicos teóricos têm lutado, desde a década de 1950, para descobrir a verdadeira natureza dessas leis da gravidade quântica, mas a batalha tem sido extremamente

frustrante, com apenas alguns sopros de sucesso. No entanto, houve um triunfo parcial por volta de 1975, quando alguns teóricos

- entre eles Leonard Parker, Bryce DeWitt, Stephen Hawking e Robert Wald
- formularam um casamento parcial, no qual o campo eletromagnético, o campo de neutrinos e outros campos são completamente governados pela mecânica quântica, vivendo no espaço-tempo distorcido de Einstein. Infelizmente, as leis de campo quânticos em tempo-espaço distorcido resultantes continuam a tratar o próprio espaço-tempo de forma clássica, ou seja, como mecânica não quântica. Os próprios campos agem de uma forma probabilista, característica da mecânica quântica, mas o espaço-tempo não é probabilista de forma alguma; ele tem forma e aspecto bem definidos.

E assim, a totalidade das leis da gravidade quântica ainda nos eludem. Como descreverei, nos últimos anos temos usado questões do tipo Sagan para provar todo o alcance das leis de distorção espaço-tempo (Figura 10.1):

a relatividade geral (que entendemos muito bem), as leis de campos quânticos em espaço-tempo distorcido (que entendemos razoavelmente bem, mas não completamente) e as leis da gravidade quântica (que ainda são muito obscuras para nós). No romance de Carl, sua heroína viaja através de um buraco negro. Um buraco negro é um tipo extremo de distorção do espaço-tempo. É um objeto que não é feito de matéria, mas unicamente de uma distorção do espaço e uma distorção do tempo. É um análogo tridimensional do que eu mostro na figura 10.2 em duas dimensões.

FIGURA 10.2

Representações da distorção do espaço ao redor e dentro de um buraco negro, com uma dimensão espacial suprimida.

Singularidade

Imagine que vivamos em um universo bidimensional; então somos como formigas que podem rastejar na superfície mostrada na figura 10.2. Essa superfície é todo o nosso universo. Agora, somos formigas cegas, então não podemos olhar de um lado da superfície para o outro e ver que ela está embutida em um espaço tridimensional que a cerca. No entanto, ao rastejar pela superfície, podemos medir a circunferência de um círculo, depois seu diâmetro, e podemos descobrir que o diâmetro é muito maior do que a circunferência dividida por π , e, portanto, podemos descobrir que o espaço de nosso universo está distorcido.

Agora, um buraco negro tem uma superfície, chamada de horizonte. Na figura 10.2, o horizonte é desenhado como um círculo, uma vez que a dimensionalidade do espaço foi reduzida de um: o próprio espaço parece

_____ As leis da física permitem buracos de minhoca... _____ 145

mais bidimensional do que tridimensional; o horizonte é mais um círculo unidimensional do que uma superfície esférica bidimensional. As leis da relatividade geral insistem que o horizonte é uma membrana unidirecional. As coisas que caem lá dentro, através do horizonte, nunca podem aparecer de novo. Em essência, isso acontece por causa da distorção de tempo do buraco. Dentro do horizonte, o tempo está correndo inexoravelmente para baixo, em direção a uma singularidade que se esconde no núcleo do buraco; e nós humanos somos sempre forçados a avançar no tempo, o que significa para baixo a partir do horizonte, inexoravelmente

para dentro da singularidade. Para fazer diferente - para contrariar a direção do fluxo do tempo - seria necessário uma aceleração infinita para fora, o que as leis da física proíbem.

Esse fluxo de tempo sela o destino de Eleanor Arroway, a heroína de Carl. Se ela mergulhar em um buraco negro, ela será inexoravelmente empurrada para baixo, para dentro da singularidade.

Quando Carl escreveu o romance, a maioria dos cientistas e não cientistas não entendia muito bem a natureza do núcleo do buraco negro. Havia diversos artigos na

literatura popular e alguns na literatura técnica, sustentando que você poderia viajar pelo núcleo do buraco e aparecer em algum outro lugar no Universo. Bem, você não pode. O fluxo de tempo para baixo evita que você se vire e reapareça pelo horizonte; e ele arrasta você para a singularidade, que é uma barreira impenetrável

contra a viagem para a frente.

A singularidade é um lugar onde o espaço-tempo é distorcido de forma tão extremamente forte que ela não é governada pela relatividade geral, mas pelas leis da gravidade

quântica. Uma vez que não conhecemos essas leis, pode-se esperar que elas permitissem que Eleanor Arroway sobrevivesse e voltasse a aparecer em algum outro lugar

do Universo. Não. À medida que Eleanor cai, antes de a relatividade geral falhar e a gravidade quântica tomar seu lugar, a distorção do espaço-tempo a esmaga com

uma densidade muito maior do que bilhões de toneladas por centímetro cúbico que caracteriza a matéria dentro das estrelas de nêutron e, definitivamente, ela morre.

Esse não é o destino que Carl imaginou para Eleanor, principalmente porque eu acho que a filha dele foi o modelo no qual ele se baseou para criar Eleanor.

Evidentemente, o romance de Carl precisava de uma pequena modificação. O buraco negro precisava ser substituído por algum outro tipo de distorção do espaço-tempo,

através do qual Eleanor pudesse viajar e sobreviver. Um buraco de minhoca era a escolha óbvia - óbvia para mim, apesar de não ser óbvio para pessoas exteas à comunidade

relativística, uma vez que àquela época os buracos de minhoca eram obscuros, objetos hipotéticos que apenas os aficcionados da relatividade conheciam.

Um buraco de minhoca tem duas bocas, sendo cada uma delas uma superfície esférica algo parecido com a superfície de uma bola de borracha, exceto por não ser feito

de borracha, mas de uma distorção de espaço. Se você enfiar sua mão em uma das bocas (uma das esferas), você pode ver seus dedos saírem da outra boca, apesar dos

9 metros de distância do lado oposto da sala. Pelo menos, isso é o que deveria acontecer se as bocas do

#Figura 10.3

Um buraco de minhoca que conecta duas giões separadas do espaço em nosso Universo.

buraco de minhoca fossem do tamanho de bolas de basquete e o próprio buraco de minhoca (a conexão entre as bocas) fosse pequeno, digamos, de 0,3 ou 0,6 centímetros de comprimento.

Em essência, o buraco de minhoca é uma alça na topologia do espaço. Ele oferece uma forma inesperada para seus dedos viajarem pela sala: através do buraco de minhoca (a alça: uma distância de 0,3 ou 0,6 centímetros) ao invés de através do espaço normal (uma distância de 9 metros). Pode-se entender isso a partir da analogia bidimensional da figura 10.3. O nosso Universo é como a grande superfície bidimensional mostrada na figura. Nós, sendo formigas cegas, não podemos ver que nosso Universo é curvado ao redor pelo hiperespaço que o cerca. (Na região de curvatura a margem esquerda da figura 10.3 - nós mediremos as circunferências como sendo n vezes diâmetros, exatamente como o normal e, então, vamos inferir que nosso espaço lá é plano.) No entanto, podemos descobrir que há um pequeno buraco de minhoca conectando duas diferentes localidades no Universo: nós podemos viajar pelo buraco de minhoca, usando-o como um atalho para chegar da boca superior à boca inferior. Surpreendentemente, os buracos de minhoca foram descobertos como uma solução das equações da relatividade geral de Einstein em 1916, por Karl Schwarzschild (1916), mas precisaram de uma reinterpretação da matemática de Schwarzschild, por Ludwig Flamm (1916) em Viena, no mesmo ano, para revelar a natureza do buraco de minhoca da solução de Schwarzschild. Essa solução do buraco de minhoca foi deixada na obscuridade por muito tempo, porque era tão bizarra que as pessoas relutavam em considerá-lo como algo que poderia existir no Universo real. No entanto, John Wheeler e diversos outros teóricos, no decorrer dos anos, investigaram matematicamente as propriedades de tais buracos de minhoca. Entre esses teóricos, estava Martin Kruskal que, em 1959, descobriu um problema fundamental com os buracos de minhoca de Schwarzschild-Flamm. Se você quiser viajar por um, você não pode, porque à medida que o tempo passa, a garganta do buraco de minhoca se estreita. Ela se estreita tão rapidamente que, enquanto você tenta passar, você é pego, esmagado e morto. Então, quando Carl pediu que eu o ajudasse a tornar seu romance cientificamente respeitável, surgiu o problema de como manter um buraco de minhoca aberto para que Eleanor Arroway pudesse viajar por ele, da Terra

_____ As leis da física permitem buracos de minhoca... _____ 17
para uma órbita ao redor da estrela Vega. E foi aí que as questões de física teórica fundamental surgiram. Brincando com as equações de Einstein, Mike Morris (um aluno meu) e eu (Morris e Thome, 1988) rapidamente deduzimos que, para manter o buraco de minhoca aberto, você deve passar um novo tipo de matéria por ele, algo que escolhemos chamar de matéria exótica, mas que no jargão padrão dos físicos teóricos é "uma matéria que viola a condição de energia média nula". Eu uso essa frase horrível para mostrar que posso ser respeitável; posso citar o jargão para o melhor de meus colegas (e faço isso em documentos técnicos). Mas eu prefiro chamá-la de matéria exótica.

(C)

Figura 10.4 (a) Um raio de luz de uma estrela distante é defletido pela distorção no espaço-tempo do Sol. (b) A distorção do Sol focaliza um feixe gigante de laser

(c) Uma distorção do espaço-tempo do buraco de minhoca desfoca um feixe de laser.

O experimento imaginado a seguir mostra por que a matéria exótica é necessária para manter um buraco de minhoca aberto:

Quando um raio de luz de uma estrela distante passa perto do Sol e sobre a Terra, a gravidade solar (sua distorção do espaço-tempo) deflete o raio como mostra a

figura 10.4a. Da mesma forma, parece razoável que se alguém com um gigantesco feixe de laser tivesse que iluminar através e ao redor do Sol, o feixe seria defletido

em todos os lados, e portanto seria focado como mostra a figura 10.4b. O que causa esse foco? É a distorção do espaço-tempo ao redor do Sol. A distorção, por sua

vez, é produzida pela energia ou massa do Sol (massa e energia são equivalentes, de acordo com Einstein) e também pela pressão ao longo da direção na qual o feixe

viaja. Acontece que a soma da densidade da energia e a pressão no Sol produzem a distorção que foca o feixe de laser.

Um buraco de minhoca, tal como o Sol, pode focar os raios de luz. Suponha que mandemos um feixe laser de forma radial por uma boca do buraco de minhoca, como mostrado

na figura 10.4c, onde uma dimensão é suprimida. A simetria circular do diagrama (a simetria esférica do buraco de

#18 _____ Kip S. Thorne

minhoca real, com a dimensão suprimida restaurada) garante que o feixe de laser continuará viajando de forma radial enquanto entra, atravessa e sai do buraco de

minhoca. Como resultado, os raios de luz que entram no buraco de minhoca convergindo, saem divergindo. O feixe laser, ao invés de ser focado como no caso do Sol,

fica desfocado. O buraco de minhoca faz o oposto do que o Sol faz e, assim, sua distorção deve ter o sinal oposto e o que causa a distorção deve ter o sinal oposto.

A densidade de energia do buraco de minhoca mais a pressão devem ser negativas ao invés de positivas. No jargão dos físicos, o buraco de minhoca deve ser atravessado

por "matéria que viole a condição de energia média nula"; na minha linguagem, ele deve ser atravessado por matéria exótica.

A matéria exótica é possível, de acordo as leis da física? Muitos físicos têm como certo que a resposta é não; a matéria exótica deve ser impossível. Por quê? Porque

em circunstâncias comuns, a pressão é pequena se comparada à densidade da energia,² e se a pressão é pequena, então a matéria exótica deve ter uma densidade negativa

de energia; e energia negativa parece desagradável aos físicos. Mas nós não devemos deixar que nossos preconceitos anuviem nossa razão. Os buracos negros também

pareceram

detestáveis um dia, mas agora estamos convencidos de que eles realmente existem em nosso Universo. O racional a se fazer, então, é perguntar às leis fundamentais

da física se elas permitem ou não a matéria exótica.

Essa questão tomou-se um tópico importante da pesquisa de física teórica, como resultado do romance de Carl. E sua importância aumentou em decorrência do reconhecimento, por parte dos teóricos, de que a matéria exótica não é apenas a chave para segurar os buracos de minhoca abertos, mas é também uma chave para construir máquinas do tempo, bem como para a natureza e, talvez, até mesmo para a existência de singularidades. (Thorne1993).

Então, as leis da física permitem matéria exótica em quantidade suficiente para manter um buraco de minhoca aberto? Não se tem ainda a resposta fina. Gunnar Klinkhammer, um estudante de graduação de meu grupo no Caltech, foi o primeiro a atacar essa questão em resposta ao romance de Carl. Klinkhammer (1991) conseguiu provar, bastante rapidamente, usando as leis dos campos quânticos, que quando o espaço-tempo é quase plano, dificilmente distorcido como nos laboratórios com base na Terra, não se pode ter matéria exótica de forma alguma.

Então, mudando para as leis dos campos quânticos no espaço-tempo distorcido, Klinkhammer descobriu um exemplo particular de uma distorção especial do espaço-tempo na qual a matéria exótica pode existir (Klinkhammer, 1991). Assim no espaço-tempo plano, a matéria exótica é proibida, mas no espaço-tempo distorcido - ou, pelo menos em um espaço-tempo distorcido - ela é permitida. Mais especificamente, a pressão é pequena se comparada à densidade da energia quando incluímos a massa da matéria como parte de sua energia de acordo com a equação de Einstein $E = Mc^2$ como devemos, nesse contexto.

_____ As leis da física permitem buracos de minhoca... _____ lt9

O exemplo de distorção de Klinkhammer é bastante fácil de explicar. Suponha que o espaço estivesse tão distorcido que, quando você se encaminhasse para a parede leste do seu quarto, você imediatamente se descobrisse saindo da parede oeste. E como se você vivesse na superfície de um cilindro, e ao se encaminhar para a parede leste e sair pela oeste e voltar para onde você começou, você viajasse pelo cilindro. Klinkhammer mostrou que, se você puser um campo eletromagnético comum nesse tipo de espaço distorcido e depois remover toda a energia que pudesse do campo eletromagnético de forma que ficasse no que se chama de estado de vácuo, então restaria pouco de comportamento irremovível, quântico-mecânico, probabiista e flutuacional no campo eletromagnético - esse pouco é exótico. Essas flutuações eletromagnéticas de vácuo, como são chamadas, teriam energia e pressão sumindo no espaço-tempo plano da experiência diária, mas o espaço-tempo distorcido de Klinkhammer permite que elas existam com densidade negativa de energia e pressão negativa, assim violando a condição de energia média nula. Elas se tornam exóticas.

Esse estonteante exemplo matemático de matéria exótica foi reforçado por Robert Waïd e Uivi Yurtsever (1991), na Universidade de Chicago. Eles provaram que um conjunto

muito amplo, e na verdade bastante genérico, de distorções do espaço-tempo dão às flutuações de vácuo um comportamento exótico. Nem toda distorção do espaço-tempo fará isso, mas muitas farão.

Esses belos resultados são apenas os primeiros passos no que está se tornando uma batalha sofrida e duradoura para tentar entender se os buracos de minhoca podem ser mantidos abertos. As vezes as respostas vêm rapidamente. As vezes elas vêm muito devagar e com grande esforço. Essa é do tipo vagarosa. O que queremos saber é se as flutuações de vácuo, que são feitas para se comportar exoticamente pela distorção do espaço-tempo na qual elas vivem, podem gerar -

por meio de sua energia e pressão - a distorção que lhes permite ser exóticas. E nós queremos saber se isso pode ser feito com vigor o bastante para manter um buraco de minhoca aberto. E necessário que elas sigam nos dois sentidos. A distorção deve fazer com que o vácuo se comporte exoticamente e o vácuo deve responder - e produzir

- exatamente àquela distorção que lhe permite ser exótico.

Nós não sabemos a resposta; então direi apenas o meu palpite. Meu palpite é que a volta pode ser fechada; e pode-se ter buracos de minhoca que possam ser atravessados

- se estivermos extremamente evoluídos. Mas isso é só um palpite. A verdadeira resposta está vindo tão devagar que é improvável que já esteja em mãos no verão de 1997,3 quando a versão em filme de Contato chegar aos cinemas. Assim, Carl provavelmente está seguro ao evocar os buracos de minhoca e a matéria exótica no filme, como ele fez na versão final de seu romance.

Esta previsão cumpriu-se plenamente. (N. do R.T.)

#150 _____ Kip S. Thorne

Na época em que Mike Morris e eu produzimos nosso primeiro manuscrito técnico sobre buracos de minhoca e o desafio de mante-los abertos (Morris e Thome, 1988), torn

Roman, na Universidade Central do Estado de Connecticut, assustou-nos com sua percepção: se uma civilização infinitamente evoluída pode fazer buracos de minhoca e mante-los abertos, então transformar tais buracos em máquinas do tempo seria um passo bem menor. Menor para uma civilização infinitamente evoluída, ou seja, não para os humanos do século XXI.

Uma forma de fazer isso envolve um experimento imaginado no qual minha esposa Carolee e eu progredimos bastante. Nós nos damos as mãos através de um buraco de minhoca que esteja com a boca pequena, ela do lado de fora de uma boca e eu da outra. Eu fico em casa com a minha boca, no conforto de nossa sala de estar, enquanto Carolee sai com sua boca quase à velocidade da luz, para o Universo, e então volta. Apesar da distância de sua viagem, a extensão do buraco de minhoca, de sua boca à minha, continua de apenas alguns centímetros e continuamos a nos dar as mãos através desses centímetros.

Enquanto Carolee viaja, nós dois observamos o relógio dela através das nossas bocas do buraco de minhoca. Para nós dois parece que o relógio dela está andando com uma taxa normal. Em relação a nós, não há distorção de tempo no buraco de minhoca.

A viagem de Carolee leva uma hora, das 15 às 16 horas, em uma tarde de sábado, como vivenciado por ela e registrado em seu relógio. Quando ela volta, depois de uma hora (uma hora sobre a qual nós dois concordamos, olhando um para o outro através do buraco de minhoca), ela me diz, através do buraco de minhoca, que está de volta.

Então saio da minha sala de estar e de minha boca do buraco de minhoca e vou ao porto da espaçonave da família para saudá-la. Ela não está lá. Por que não? Porque, como visto no Universo externo (ou seja, não através do buraco de minhoca), o tempo fluiu na Terra em uma taxa diferente da que fluiu na espaçonave

de Carolee, quase na velocidade da luz. No porto da espaçonave eu devo esperar pelo retorno dela até as 16 horas do dia seguinte, domingo. Essa discrepância do fluxo

de tempo, como visto no Universo externo, é uma consequência inevitável da teoria da relatividade de Einstein. Ela tem o nome de paradoxo dos gêmeos porque na história padrão, sem um buraco de minhoca, os dois protagonistas são gêmeos e ela envelhece apenas uma hora durante a viagem, enquanto eu (temporariamente gêmeo dela) envelheço

25 horas esperando pela sua volta.

Às 16 horas de domingo, quando Carolee finalmente volta para o porto da espaçonave, eu a saúdo e a vejo de mãos dadas com alguém através da sua boca do buraco de

minhoca. Esse alguém sou eu, às 16 horas do dia anterior, sábado. No lado do buraco de minhoca de Carolee é domingo (apesar de ela ter envelhecido apenas uma hora

para chegar lá). No outro lado, visto pelo buraco de minhoca, é sábado, tendo transcorrido apenas uma hora.

O buraco de minhoca agora virou uma máquina do tempo. Ao subir por ele, da sua boca para a minha, ela pode viajar de sábado, 16 horas, para

_____ As leis da física permitem buracos de minhoca... _____ 151

domingo, 16 horas. Se eu tivesse atravessado o buraco de minhoca da minha boca para a dela, antes de sair para o porto da espaçonave, eu teria entrado às 16 horas

de sábado e aparecido às 16 horas no domingo. A viagem dela transformou o buraco de minhoca em uma máquina do tempo, com uma diferença de um dia entre as duas bocas.

Como eu sei isso? É uma consequência inevitável das leis da relatividade geral totalmente entendidas. Não depende das leis não tão bem entendidas de campos quânticos

no espaço-tempo curvo (exceto por essas leis serem necessárias para nos dizer como criar a matéria exótica que mantém aberto o buraco de minhoca). E não depende

em nada das leis não compreendidas da gravidade quântica.

Pelo menos eu pensei assim por muitos anos. Mas estou me adiantando.

Quando eu, meus alunos e colegas avançamos um pouco mais nessa linha de pensamento, notou-se que, de acordo com a relatividade geral, é incrivelmente fácil criar

uma máquina do tempo, ou, no jargão técnico, criar curvas fechadas tipo-tempo. Incrivelmente fácil se você estiver em uma civilização infinitamente evoluída, mas

absolutamente impossível se tudo o que se tem é a tecnologia do século XXI.

Na literatura técnica, agora há muitos exemplos de curvas fechadas tipo-tempo (máquinas do tempo), além de buracos de minhoca em movimento. Em um exemplo, imaginado pelo grande matemático Kurt Gödel (1949), o Universo é um conjunto girando a uma alta taxa e tem uma constante cosmológica, portanto torna-se uma gigantesca máquina do tempo. Ao viajar por tal Universo em alta velocidade, por um caminho cuidadosamente escolhido, você pode voltar antes de ter partido, e isso poderia ser feito sem a ajuda de um buraco de minhoca. Recentemente, continuando em exemplos de buraco de minhoca, P. Richard Gott (1991), da Universidade de Princeton, mostrou como usar cordas cósmicas (defeitos na fábrica do espaço) para fazer máquinas do tempo. E recentemente, Stephen Hawking, da Universidade de Cambridge, mostrou como uma estrela em rotação e em lenta contração, contendo material exótico, pode se transformar em uma máquina do tempo (Hawking, 1992). Esses exemplos são surpreendentes porque, como físicos, poderíamos preferir acreditar que a viagem de volta no tempo é impossível. Por quê? Porque parece que alguém poderia voltar e mudar a história, e isso criaria problemas para os físicos teóricos. Como físicos, não mais poderíamos impor condições iniciais e honestamente desenvolvê-las no futuro usando leis padrões da física. Nossas evoluções pareceriam produzir paradoxos. Tanto isso é verdade que se tornou um grande campo de pesquisa, que eu não tenho tempo para descrever hoje (Thorne, 1995; Thorne, 1993). Na verdade, como Hawking gosta de argumentar, com uma certa ironia, há provas experimentais contra a viagem de volta no tempo: Nós não fomos invadidos por hordas de turistas do futuro; pelo menos achamos que não. Deixando a ironia de lado, Hawking (1992) recentemente propôs uma Conjectura de Proteção Cronológica (então, recuperando sua ironia, ele caracterizou sua conjectura como "tornando o mundo seguro para os historiadores"). A Conjectura de Hawking afirma que as leis da física devem, de alguma forma, conspirar para tornar impossível a viagem de volta no tempo, e devem fazê-lo não só para a viagem no tempo com base nos buracos de minhoca, mas também para qualquer outra máquina do tempo que uma civilização infinitamente evoluída venha a tentar construir. A conjectura de Hawking, e um vigoroso esforço para testá-la, são parte da herança do romance de Carl. Sem aquele romance, nossa comunidade provavelmente não teria se aventurado por esses caminhos intelectuais. Sung-Won Kim (Kim e Thorne, 1991), Valery Frolov (1991) e eu identificamos um mecanismo físico que nós e Hawking suspeitamos que sempre reforçará a Proteção Cronológica. Esse mecanismo, primeiramente descoberto em um contexto diferente por Bill Hiscock e Deborah Konkowski, da Universidade de Maryland (Hiscock e Konkowski, 1982), parece ser universal. Toda vez que se tenta criar uma máquina para viagem de volta no tempo, esse mecanismo intervém e a destrói antes de a máquina começar a funcionar.

E ele faz isso quer a máquina do tempo seja feita de buracos de minhoca, quer de cordas cósmicas ou de estrelas em rotação ou de todo o Universo. Parece que todos devem explodir de forma auto-destrutiva, quando se tenta transformá-los em máquina do tempo.

Para entender esse mecanismo, imagine Carolee trazendo a sua boca do buraco de minhoca de volta à Terra; perto do fim de sua viagem em alta velocidade. Durante sua viagem de volta, chega um primeiro momento quando ela pode viajar de volta no tempo e encontrar a si própria mais jovem. Para fazer isso no primeiro momento possível, Carolee, em sua nave espacial, deve pular para dentro da sua boca do buraco de minhoca, sair pela minha boca em casa na Terra, e então viajar para fora da Terra na maior rapidez possível, para alcançar a espaçonave antes de pular pelo buraco de minhoca.

Agora, na maior rapidez possível significa à velocidade da luz, e Carolee não pode viajar tão rápido, mesmo que ela seja infinitamente evoluída. As leis da física proíbem.

No entanto, a luz pode viajar a essa velocidade, bem como as flutuações eletromagnéticas do vácuo. Assim, a luz e as flutuações do vácuo são as primeiras coisas que podem viajar de volta no tempo, através do buraco de minhoca, e encontrar seus "eus" mais jovens.

As flutuações de vácuo, acreditamos nós, são as culpadas pela destruição do buraco de minhoca assim que ele se transforma em uma máquina do tempo. Elas fazem isso

viajando por toda parte - através do buraco de minhoca, em seguida, através do Universo, da Terra para a espaçonave e depois novamente através do buraco de minhoca e em seguida para o Universo com a espaçonave novamente - chocando-se com elas mesmas não só no espaço, mas também no tempo. Elas fazem isso exatamente no instante

em que têm a primeira possibilidade de viagem no tempo. Ao voltar de sua primeira viagem completa, cada flutuação se choca consigo mesma, no espaço-tempo, então

duplicando sua força. Ao voltar de sua segunda viagem, ela se choca consigo mesma de novo, triplicando sua força, e assim por diante. O poder flutuacional cresce

infinitamente e destrói o buraco de minhoca precisamente no momento em que, pela primeira vez, é possível a viagem no tempo.

#As leis da física permitem buracos de minhoca..

Em 1990, quando Kim e eu vimos essa conclusão surgir de nossos cálculos, nós ficamos surpresos. Esperávamos que as utuações circulantes de vácuo se comportassem

como a luz circulante (Figura 10.5a). O buraco de minhoca age como uma lente divergente e assim, quando um feixe de raios de luz quase paralelos passa pela boca

do buraco de minhoca de Carolee, ele deve sair da minha boca disperso em muitas direções. Assim, apenas um pouco da luz pode voltar para a boca de Carolee e chocar-se

consigo mesma - tão pouco que não é criada explosão alguma. Era óbvio que era assim que a luz comum se comportaria e nós esperávamos o mesmo das flutuações de vácuo.

Mas Bill Hiscock alertou-me para não ficar tão confiante. E ele estava certo. As flutuações de vácuo realmente se dispersam na minha boca do buraco de minhoca exatamente como a luz; mas então, de acordo com nossos cálculos, as flutuações se focam de volta para a boca de Carolee, sem perda alguma, e se chocam consigo mesmas (Figura 10.5b). Essa foi a previsão inevitável das leis que governam as flutuações de vácuo, as leis de campos quânticos no espaço-tempo curvos; mas eu ainda não consigo fazer a previsão parecer fisicamente plausível, porque ainda não entendemos totalmente essas leis.

Boca de \ Carolee

(a)

Boa de Carolee

(b)

FIGURA 10.5

(a) O comportamento dos raios de luz que viajam pelo buraco de minhoca no momento em que se vira uma máquina do tempo.

(b) O comportamento de flutuações de vácuo.

Não entendemos em termos físicos, mas podemos calcular. E nossos cálculos mostram que esse colocar-se novamente em foco e os infinitos choques das flutuações de

vácuo são universais. As flutuações devem entrar em foco, chocar-se e criar uma explosão toda vez que uma civilização infinitamente evolvida tenta criar uma máquina

do tempo, não importando como a civilização tenta fazê-lo: com buracos de minhoca ou cordas cósmicas ou estrelas ou todo o Universo, ou qualquer coisa que o valha.

Além disso, não há como proteger-se das flutuações de vácuo. Elas penetram em qualquer coisa que se ponha em seu caminho. Então, a colisão e a explosão delas, na verdade, parecem uma forma atraente para manter o mundo seguro para os historiadores.

Atraente, mas não certo. Não temos certeza absoluta, ainda, se a explosão causada por essas flutuações sempre é forte o bastante para destruir

#4 _____ Kip S. Thorne

uma máquina do tempo incipiente. Eu e meus colegas temos ido e vindo nesse assunto, há diversos anos. Sung-Won Kim e eu inicialmente pensamos que a máquina do tempo

poderia sobreviver, pelo menos se fosse baseada em buracos de minhoca.

Logo explicarei o porquê. Um ano depois, Hawking nos disse: "Vocês estão enganados, vocês

cometeram um erro, a explosão sempre destruirá a máquina do tempo". O

argumento de Hawking nos convenceu, e assim mudamos nosso manuscrito antes de ser publicado

(Kim e Thorne, 1991). Então o aluno de Hawking, James Grant, escreveu um ensaio com a concordância de Hawking, dizendo que Hawking estava errado, às vezes acontecia

de a exposição não destruir a máquina do tempo. Eu, nessa ocasião descobri uma falha no argumento de Grant e o convenci, e a Hawking, de que a máquina do tempo será

destruída - e os convenci a tempo para que Grant mudasse seu manuscrito antes da publicação (Grant,

1973; Thorne, 1993).

Por que todos esses equívocos? Porque em nossos cálculos, assim que a explosão começa a destruir a máquina do tempo, as leis que estamos usando para prever a explosão

- as leis de campos quânticos no espaçotempo distorcido - entram em colapso. Elas falham e nos demonstram que o restante da explosão está no domínio da gravidade quântica. Se nós entendêssemos totalmente as leis da gravidade quântica, simplesmente mudaríamos as leis e continuaríamos a calcular. Mas nós não entendemos, então não podemos fazer isso. E não vamos conhecer ao certo o resultado da explosão até termos dominado as leis da gravidade quântica. Até lá, não saberemos, mas eu quero especular. As indicações resultantes de nossos cálculos agora apontam em uma direção: parece provável que a explosão sempre destruir a máquina do tempo.

Carl foi presciente em seu romance. Ele teve muito cuidado para fazer com que Eleanor Arroway voltasse à Terra uma fração de segundo depois de ter partido, não antes. De alguma forma ele sabia que devia evitar a viagem de volta no tempo, mas ele poderia chegar muito perto disso.

Obrigado, Carl, por me envolver com isso. Tem sido um jogo maravilhoso e divertido, mas também tem gerado frutos. Graças a você estamos começando a fazer novos questionamentos que nos levarão a um entendimento mais profundo do espaço, do tempo e do Universo.

Bibliografia

- FI.AMM, L. 96. Beitrage zur einsteinschen gravitationstheorie. Physik Zeitschrift 17:448-454. FROLOVV. P. 199. Vacuum polarization in a locally static multiply connected spacetime and a time machine problem. Phys. Rev. D, 43:3878-3894. GÖDEL, K. 1949. An example of a new type of solution of Einstein's field equations of gravitation. Rev. Modern Phys, 21:447-450. GOTT, J.R. 1991. Closed timelike curves produced by pairs of moving cosmic strings: exact solutions. Phys. Rev. Letters 66:1126-129.
- # _____ As leis da física permitem braços de minhoca... _____ 155
- GRANT, J. D. E. 1993. Cosmic strings and chronology protection. Phys. Rev. D, 47:2388-2394. HAWKING, S. W. 1992. The chronology protection conjecture. Phys. Rev. D, 46:603-611. HISCOCK, W.A., KONKOWSKI, D.A. 1982. Quantum vacuum energy in Taub-NUT (Newman-Unti-Tamborino)-type cosmologies. Phys. Rev. D, 6:1225-1230. KIM, S. - W., THORNE, K.S. 1991. Do vacuum fluctuations prevent the creation of closed timelike curves? Phys. Rev. D, 43:3929-3947. KLINKHAMMER, G. 1991. Averaged energy conditions for free scalar fields in flat spacetime. Phys. Rev. D 43:2542-2548. MORRIS, M. S., THORNE, K.S. 1988. Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: a tool for teaching general relativity. Am. J. Phys. 56:395-412. SAGAN, Car. 1985. Contact. Nova York: Simon & Schuster. SCHWARZSCHILD, K. 1916. Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie. Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik, Physik, und Technik. 1916:189-196. THORNE, K.S. 1993. Closed timelike curves. In GLEISER, R. L. J., C. N. KOZAME, O. M. Moreschi, eds. General Relativity and Gravitation

i 992: Proceedings of the 13th International Conference on General Relativity and Gravitation. Editora Instituto de Física: Bristol, 295-35. THORNE, K.S. 995. Black Holes and Time Warps: Einsteins Outrageous Legacy. Nova York: W. W. Norton WALD, R. M., Yurtsever, U. 1991. General proof of the averaged null energy condition for a massless scalar field in two-dimensional curved spacetime. Phys. Rev. D, 44:403-416.

#Interlúdio

Este artigo foi uma palestra pública feita por Carl Sagan em 13 de outubro de 1994, na Universidade de Cornell, no simpósio em homenagem a seu sexagésimo aniversário.

Dale Corson, Presidente Emérito de Cornell, apresentou a palestra, que foi seguida por um período de perguntas e respostas. Tanto a introdução quanto as respostas

de Sagan a diversas perguntas, contêm um material interessante para o leitor. Assim sendo, nós reproduzimos aqui os anais de toda a noite.

Segue uma sequência de fotografias referentes ao evento (nota da digitalizadora)

#Carl Sagan e Ann Druyan com o Presidente e a Sra. Frank Rhodes no banquete de encerramento do simpósio em homenagem ao 60^o aniversário de Carl.

#,y

Carl Sagan com membros de sua família no simpósio em homenagem ao 60^o aniversário de Carl.

#Carl Sagan com Yervant Terian (esquerda) e Frank Drake (direita) no simpósio em homenagem ao 60^o aniversário de Carl.

#Carl Sagan e Ann Druyan no início da década de 1980.

#11

A era da exploração

CARL SAGAN

YERVANT TERZIAN: Boa noite, senhoras e senhores. É uma honra apresentar aos senhores o Professor Emérito de Física e Presidente Emérito da Universidade de Cornell,

Dale Corson, que apresentará Carl.

DALE CORSON: Professor Terzian, senhoras e senhores, é com prazer que apresento Carl Sagan para esta palestra, A era da exploração. A primeira vez que tomei conhecimento

do dr. Sagan foi em um dia de 1967, quando o professor Thomas Gold, presidente de nosso Departamento de Astronomia à época, veio à minha sala - eu era um oficial

administrativo da universidade naquela época - para falar-me sobre Carl Sagan, um promissor jovem astrônomo de Harvard, que torn disse que poderíamos ter conosco.

Ele me disse que Sagan era um brilhante cientista planetário e, além disso, tinha uma grande capacidade de falar ao público leigo, em termos inteligíveis, sobre

o que é a astronomia e a ciência. Chamou-me a atenção essa característica em particular. Ela representava uma capacidade única e nós precisávamos mais dela na universidade.

Respondi que essa parecia uma boa oportunidade, e por que ele não fazia uma oferta? O professor Gold disse não ter dinheiro, que eu deveria providenciar os fundos.

Agora, esse é um jogo que todo chefe de departamento empreendedor tenta jogar, mas não dispensei Gold tão rapidamente como faria com outras pessoas. Conhecia torn há muito tempo. Eu tinha sido presidente do comitê de pesquisa que o trouxe para Cornell, também de Harvard. Harvard é uma boa base de recrutamento. torn sempre foi uma pessoa agradável de se ter por perto, com mais ideias por segundo do que qualquer outra, e sempre gostei de conversar com ele. As ideias dele sobre tudo, o Universo em expansão, como andar de monociclo, pulsares, Carl Sagan, mas há um problema. As vezes as ideias dele estão erradas. Na teoria de andar de monociclo, por exemplo, eu acho que ele nunca aprendeu, mas geralmente ele tem razão. Ele estava certo sobre os pulsares desde o #primeiro instante. Ele me disse que se eu disponibilizasse o dinheiro para contratar Carl Sagan nunca me arrependeria. Dei o dinheiro; a oferta foi feita, Carl veio para Cornell e eu nunca me arrependi. torn estava certo. Todos já sabem os grandes feitos de Carl no último quarto de século, apesar de poderem não apreciar toda a sólida ciência que ele tem feito. Podem acreditar em mim. Sempre mi grato a Carl por sua vontade em falar para grupos de alunos e para outros grupos leigos. Quando eu era presidente, pedi a ele para fazer isso bilhões de vezes, quando conseguia encontrá-lo, e ele sempre disse sim. Ele hesitou uma vez, em uma ocasião black-tie em Chicago, mas quando expliquei a importância da ocasião, ele aceitou. Creio que ele gostou da festa black-tie e não tenho certeza se ele devolveu o smoging alugado. Talvez seja por isso que ele nunca conseguiu voltar a Chicago.

Carl recebeu mais homenagens e prêmios do que eu conseguiria contar. Vou limitar essa referência à leitura da citação para um de seus recentes prêmios, o Public Welfare Medal (Medalha Pública de Bem-Estar) da Academia Nacional de Ciências, o prêmio de maior prestígio da academia. "Por sua capacidade em comunicar a maravilha e a importância da ciência, em prender a imaginação de tantos e explicar os difíceis conceitos da ciência em termos inteligíveis." Isso diz tudo. Carl Sagan, em A era da exploração.

CARL SAGAN: Obrigado, Dale. Eu nunca soube que Tommy havia negociado com você o meu salário. Sou grato aos dois. E verdade que Tommy Gold recrutou-me para Cornell.

Eu me lembro do incentivo: um departamento de astronomia muito pequeno e excepcionalmente bom, esplêndidos departamentos auxiliares em física, química e biologia, um belo campus, laboratórios que eram, em alguns padrões, muito generosos. Mas, mesmo assim, hesitei. Tommy deu-me o incentivo final, acho que sabendo bem o que estava fazendo. Ele me levou em uma pequena viagem a Upper Eneld e pensei, meu Deus, aqui está algo tão exótico quanto qualquer parque nacional a que eu já tenha ido e

estaria bem na minha porta. Era esse o ingrediente que faltava. Tommy tinha um enorme poder de persuasão em todos os níveis e agradeço muito a ele pelo convite.

Moro em Ithaca há mais tempo do que já morei em qualquer outro lugar na minha vida, e sou extremamente grato a Cornell e à cidade de Ithaca. Considero essas as minhas verdadeiras raízes.

Nós humanos desfrutamos da civilização há apenas 10 mil anos. Nossa espécie tem apenas algumas centenas de milhares de anos. Nosso gênero, o gênero Homo, tem alguns milhões de anos. Assim sendo, para a grandeza de nosso domínio na Terra, somos algo diferente de sedentários e - a palavra tem uma aura tão grande de auto-satisfação

- civilizados. O que somos? Somos caçadores e predadores. Vagamos em famílias pequenas, itinerantes, expandidas. Nosso conhecimento atual sobre o estilo de vida caçador-catador deve-se, principalmente, a poucos antropólogos corajosos e com visão de futuro que viveram com os poucos grupos caçadorescatadores restantes, antes

de serem finalmente e irreversivelmente destruídos pela civilização. O antropólogo com o qual eu aprendi quase tudo que sei sobre os caçadores-catadores está conosco

neste simpósio, Richard Lee,

#A era da exploração _____ 15

da Universidade de Toronto. Ele estudou os aborígenes !Kung do Deserto Kalahari na República de Botswana. Quero falar um pouco sobre as características de nossos

ancestrais, com base no estudo que Lee fez sobre os !Kung.

É muito importante notar que eles eram altamente tecnológicos. A tecnologia é a da madeira e da pedra; e da domesticação do fogo, mas é, sem dúvida, tecnologia.

Eles são tecnológicos porque a vida deles depende disso. Cortar madeira e fazer ferramentas de pedra, antes de a civilização externa mandar uma gota de metal na

economia deles é essencial. Fizeram isso extremamente bem. O registro arqueológico e antropológico deixa claro que, desde o início, todos fomos tecnológicos. Então

a ideia de que a ciência e a tecnologia são coisas novas, incomuns e inacessíveis para a maioria das pessoas é totalmente retrógrada. A tecnologia é, se alguma coisa,

a atividade humana mais característica, apesar de, como mencionarei mais tarde, não ser uma atividade exclusivamente humana.

Agora, as técnicas de seguir a pista do jogo caçador-catador: um pequeno grupo, com seus arcos e flechas envenenadas e alguns outros dispositivos tecnológicos leves,

está seguindo o jogo. Chegam perto de umas árvores. Dão uma boa olhada no solo. No mesmo instante, sabem quantos animais passaram, qual a idade e sexo deles, há

quanto tempo eles passaram; esse é manco da pata esquerda traseira; no passo que vão devemos alcançá-los daqui a duas horas se corrermos. E como eles sabem isso?

Na verdade, o que eles observam para seguir o jogo do qual a vida deles tanto depende? Uma coisa é a pegada. Diferentes animais têm diferentes formas características

em suas patas; animais de diferentes tamanhos deixam marcas diferentes mas a deterioração da pegada, a queda de feixes nela, o colapso das beiras levantadas, os

detrimentos jogados nela, mostram há quanto tempo ela existe. Na verdade, isso lembra-me de que não há nada tão determinante da idade das superfícies planetárias quanto procurar saber quão recentes são as crateras de impacto. Talvez o motivo pelo qual estudar a física da formação de crateras parece tão natural para nós, cientistas planetários, é que nós fazemos isso há milhões de anos.

Os !Kung também sabem que os animais, no sol quente, gostam de evitar a luz solar. Se tiver uma sombra no chão, eles desviarão o caminho para correr para a sombra fresca. Mas a localização da sombra depende de onde está o Sol e, portanto, quando você vê que a trilha é desviada da linha reta, você sabe que tinha uma sombra ali naquele ponto quando eles passaram. Bem, onde o Sol precisava estar no céu para produzir aquela sombra? Ah, eram onze horas daquela manhã. Agora, eu não estou dizendo que todo caçador-catador tenha feito tal cálculo científico, a trigonometria do ângulo do Sol e coisas assim. Era a tradição: cada geração ensinava à geração seguinte. Mas alguém precisava ter descoberto isso, e esse alguém tinha de ser um cientista. Esse é outro lembrete de que temos sido cientistas e tecnólogos desde o primórdio.

Considerem agora o importante e lamentável fato de que toda cultura humana considerou-se o centro do Universo. O que isso quer dizer? Creio que está muito claro.

Voltando então aos tempos dos caçadores e catadores, muitas formas de diversão noturna não existiam à época. Não havia televisão, então, enquanto a fogueira se consumia, as pessoas observavam as estrelas. Por quê? Em primeiro lugar, é bastante fascinante. Hoje em dia, vivendo sob céus quimicamente poluídos, com uma poluição visual quase onipresente, esquecemos principalmente como o céu pode ser maravilhoso à noite. Não é só uma experiência estética; ela também traz sentimentos incontroláveis de reverência e admiração.

Em segundo lugar, as pessoas criaram histórias sobre as estrelas. Inventaram testes Rorschach lá, seguindo os pontos, as constelações. "Parece um urso para você, Og?" "Sim, acho que parece", e elas forçavam suas crianças a gravar esses padrões totalmente arbitrários. Depois foram inventados os mitos, ou antes ou depois, então essas eram memórias visuais dos eventos. "Aquele é o urso que comeu o seu avô", qualquer coisa desse tipo, e os avós foram postos no céu como exemplo.

Mas, além disso, havia algo terrivelmente prático. As estrelas, ao aparecer e sumir, formam um grande relógio e calendário no céu. Na ausência de medidores artificiais de tempo, isso é extremamente importante porque há certas estações do ano em que as manadas estão pastando. Há certas estações nas quais as árvores estão cheias de nozes ou frutas maduras. Se você souber quais são essas estações, e souber o momento certo, você pode se preparar para comer.

Agora, a observação mais superficial do céu mostra que as estrelas nascem no Leste. Algumas delas passam bem acima da cabeça e outras descrevem pequenos círculos

próximos ao horizonte, mas todas nascem no Leste, todas se põem no Oeste e, então, durante o dia elas fazem alguma outra coisa. De alguma forma elas passam abaixo da Terra, que nenhum de nós jamais viu - é plana como uma madeira, é claro - e depois, na manhã seguinte, elas aparecem de novo no Leste. Não há dúvida alguma, partindo desse fato, de que as estrelas, os planetas, o Sol e a Lua, todos giram ao nosso redor. É claro que não estamos nos movimentando. Então nós residimos, imóveis, no centro do Universo. Um fato observado. Alguém que o negue deve ter alguma coisa de errado. Esse é o conceito geocêntrico. Não só toda cultura tirou essa conclusão, mas nossos ancestrais ficaram muito satisfeitos com ela. Pense nisso: estamos no centro do Universo. O centro do Universo certamente é um lugar importante. Além disso, que outros animais, que plantas fazem uso do movimento aparente das estrelas? Só nós. Então, as estrelas foram postas ali para o nosso benefício. O Sol e a Lua também têm clara utilidade prática. No entanto, havia uma certa confusão. Talvez vocês conheçam aquela história antiga sobre o sábio e filósofo persa a quem perguntaram: "Qual é mais útil, o Sol ou a Lua?" e ele respondeu, "É claro que é a Lua, porque o Sol brilha durante o dia, quando há luz de qualquer forma, enquanto a Lua só brilha à noite, quando nós precisamos de luz". A centralidade de nossa posição era assombrosa. Imagino uma visita extraterrestre, da qual não há absolutamente prova alguma, à Terra - que está girando ao redor do Sol uma vez ao ano - e os extraterrestres ouvindo o que as pessoas dizem no planeta todo: "Nós estamos no centro! Nós somos importantes! Nós somos especiais! Tudo gira ao nosso redor!" E então eu imagino os extraterrestres pensando que a Terra é um planeta de idiotas. Mas isso é muito duro, porque há uma ressonância aqui entre a interpretação mais óbvia de fatos estritamente observacionais que todos podem verificar por si mesmos, uma ressonância entre isso e nossas esperanças e necessidades emocionais. A ideia ganhou aceitação, o Universo é feito para nós, não por causa de algum mérito particular nosso, mas simplesmente porque estamos aqui ou porque somos humanos. Para mim, parece ressoar com a mesma fonte física responsável pelo ponto de vista de que a nossa nação é especial e o centro do Universo (que, diga-se de passagem, é o significado literal de Reino Central aplicado por anos, pelos chineses, para a China). Os nomes que os incontáveis grupos étnicos dão a si mesmos - !Kung, Hopi, Alimani - traduzem-se essencialmente como O povo. Nós somos o povo. Aqueles outros caras, eles são algo menos do que povo. As mesmas raízes psicológicas nos convencem da superioridade de nosso gênero ou de nosso grupo étnico, ou do particular conteúdo de melanina em nossa pele, ou do idioma, ou penteado, ou estilo de se vestir, ou a convenção de puxar o lenço quando espirramos, ou quase tudo o mais. Nós temos uma queda para o chauvinismo. Os cientistas são frutos da cultura na qual eles estão imersos e, então, também somos vulneráveis a esse conceito

chauvinista ou geocentrista ou antropocentrista. exceto por um sofisma quase invisível associado ao nome de Aristarco de Samos, continuamos, toda cultura humana, todo grande filósofo, todo cientista, todo líder religioso, a pensar que estávamos no centro do Universo. Demos diversos pretextos em nossas escrituras sagradas e declaramos que as escrituras eram infalíveis, assim transformando em crime, não só secular mas religioso, o questionamento sobre tal conclusão.

No final do século XV, um astrônomo clérigo da Polônia, chamado Nicolau Copérnico, achou que tinha uma ideia alternativa, a saber, que o Sol estava no centro e a Terra,

como os outros planetas, girava ao redor dele. Ele sabia que era uma coisa perigosa e então segurou a publicação de seu livro até que estivesse em seu leito de morte.

Mesmo então, a forma como funcionou, quando o livro foi publicado, tinha um prefácio escrito por um amigo dele, Andreas Osiander, que essencialmente dizia (estou parafraseando):

Prezado leitor, quando você ler esse livro, pode parecer que o autor está dizendo que a Terra não está no centro do Universo. Na verdade, ele não acredita nisso.

Veja, esse livro é para matemáticos. Se você quiser saber onde Júpiter estará dois anos depois da próxima quarta-feira, você pode ter uma resposta precisa tomando

como hipótese que o Sol esteja no centro. Mas isso é meramente ficção matemática. Isso não desafia nossa fé sagrada. Por favor, não fique inquieto ao ler este livro.

Esse peculiar compromisso de divisão do cérebro, na verdade, durou quase dois séculos - e quantos outros vistosos compromissos entre a sabedoria convencional e as

novas ideias temos comprado desde então! Por fim, Galileu fez uma defesa franca e brilhante de

Copérnico, com base, em parte, em um conjunto de observações da recém-inventada

luneta astronômi-

#168 _____ Carl Saan _____

ca, e a Igreja ficou mais incomodada ainda. Galileu foi obstinado. Uma vez tive o prazer, a pedido de Franco Pacini, o então diretor do Observatório Arcetri, em

Florença, que também está conosco aqui hoje, de realmente trilhar os caminhos de Galileu e segurar uma réplica bastante parecida de sua pequena luneta. A luneta

era modesta demais para ter causado tamanha revolução. Quando Galileu tornou-se muito insistente, os chefes da Igreja mostraram para ele os instrumentos de tortura

nos calabouços da Inquisição. (Eles não estavam defendendo nenhum ponto em particular; apenas achavam que ele gostaria de ampliar seu ponto de vista geral.) Um pouco

depois, Galileu fez sua famosa confissão na qual ele abjurava a abominável doutrina de que o Sol, e não a Terra, estava no centro.

Mas o palco estava armado. A verdade apareceria. Os debates prosseguiram e quando no século XVIII Bradley descobriu a aberração da luz, e depois no século XIX foi

descoberta a tão buscada paralaxe anual estelar, a oposição entrou em colapso. Agora, todo mundo aprende que a Terra não está no centro do Universo. A não ser que

eu pense que há muitas provas de que nós todos ainda somos geocentristas convertidos, com uma aparência heliocêntrica. Pense, por exemplo em nossa língua. O Sol nasce. Eu estava de pé antes de o Sol nascer. Pôr-do-Sol. Foi um pôr-do-Sol maravilhoso. Mas o Sol não está nascendo nem se pondo. A Terra está girando. Pense em como é difícil para nós simplesmente analisarmos uma simples palavra ou frase que esteja de acordo com a perspectiva de Copérnico. "Billy, chegue em casa antes de a rotação da Terra fazer com que o horizonte local oculte o Sol". Billy já vai ter saído antes que você termine de falar. Por que não há uma expressão tão vistosa como nascer do Sol ou pôr-do-Sol no contexto de Copérnico? Pesquisas de opinião recentes mostram que de 25 a 50% dos americanos adultos não sabem que a Terra gira ao redor do Sol e leva um ano para completar a volta. Na China, o número é de 70%. Tenha em mente que a perspectiva de Copérnico é muito divulgada nos Estados Unidos e ainda assim um quarto de nós não vê isso, e que na China, onde não há NASA, e onde os programas de televisão são muito menos sofisticados, uma porcentagem muito maior de pessoas não vê isso. Se tomarmos algo como a China como típico, pode ser que hoje, cinco séculos depois de Copérnico, a maioria das pessoas neste planeta ache, no fundo de seus corações, que a Terra está no centro. Então, os parabéns para nossa sabedoria em deduzir nossas verdadeiras circunstâncias cósmicas podem ser prematuros. (Ao mesmo tempo, o fato de que nenhum de nós o tenha descoberto é, a meu ver, uma causa legítima para orgulho.) A meu ver, uma grande parte da história da ciência pode ser entendida em termos de algo como o debate de Copérnico. Em muitos casos, a posição corrente é a de que nós somos centrais ou importantes, de que há algo fantástico e maravilhoso sobre os seres humanos. Há, então, uma verdadeira observação de nossas circunstâncias, ninguém jamais pensou em observar antes. E então, o resultado é a descoberta assustadora e inquietante: não, não estamos no centro; não, não somos importantes. Na minha cabeça, muitas das principais descobertas da ciência, muito da perspectiva moderna

#A era da exploração _____ 169

da ciência, evoluem de debates com apenas uma característica - o que Ann Druyan tem chamado de As grandes degradações. Um pouco depois de Copérnico, houve quem dissesse, "Está bom, talvez não estejamos no centro do Universo; talvez o Sol esteja; mas nós estamos perto do Sol, então estamos quase no centro do Universo; isso é quase tão bom quanto". O Sol estaria no centro do Universo, o que podemos livremente traduzir como o centro da Galáxia Via Láctea? Não. Não estamos no centro, onde realmente parece importante, ou pelo menos bem iluminado. Ao contrário, estamos próximos a um obscuro braço espiral há 30 mil anos-luz de distância do centro da Via Láctea, nas remotas regiões galácticas. Se você fosse um viajante intergaláctico aproximando-se da Via Láctea, o que

atômico do tamanho do campus de Cornell, girando a 10.000 rpm - 10.000 revoluções por minuto. Houve uma catástrofe colossal que deixou escapar a maior parte da massa daquela estrela. Há pelo menos três planetas girando ao redor desse pulsar, sendo dois aparentemente de massa parecida com a da Terra e um com massa parecida com a da Lua; um pouco mais próximos do que a Terra, Mercúrio e Vênus. [Desde esse simpósio, três planetas de massa aparentemente jupiterianas foram descobertos orbitando as estrelas 51 Pegasi, 47 Ursae Majoris e 70 Virginis.] Os processos que levam à criação de planetas parecem ser muito amplos e gerais. A tecnologia está melhorando agora, de forma que em dez, trinta anos, no tempo de vida da maioria dos estudantes desta plateia, devemos ter terminado pesquisas abrangentes sobre algumas centenas de estrelas mais próximas, talvez muito mais do que isso, para detalhar quais os sistemas planetários que elas possuem. Creio que podemos ficar bastante confiantes de que encontraremos outras Terras entre elas. Em suma, vivemos em uma grande fatia de rocha e metal que orbita uma monótona estrela nos arredores obscuros de uma galáxia comum, feita de 400 bilhões de estrelas em um Universo de algumas centenas de bilhões de galáxias, que podem ser feitas de diversos, talvez infinitos universos separados e fechados. Muitas, talvez a maioria das estrelas, provavelmente têm planetas. Nesta perspectiva, como pode alguém acreditar seriamente que nós somos centrais - fisicamente, muito menos o propósito do Universo? Há também a ideia de que se não há nada de especial sobre nós no espaço, talvez haja algo especial sobre nós no tempo. Fomos colocados aqui pelo Criador para cuidar das coisas. Administração é a atraente palavra muitas vezes utilizada. Quem sabe quais as consequências medonhas para o meio ambiente sem nós? Então, temos uma obrigação de garantir que tudo ande como Deus queria. Para mim, o principal problema dessa ideia é que 99,998% da vida do Universo, desde seu começo até agora, aconteceu antes de o ser humano entrar em cena. Então, se somos zeladores, onde estávamos a maior parte do tempo em que deveríamos estar fazendo nosso trabalho? Temos sido muito relaxados. Eu posso imaginar que o Jardineiro Chefe deve estar muito zangado conosco, o que por sua vez explicaria muita coisa. Se não há nada demais em relação à nossa posição no espaço ou nossa posição no tempo, talvez haja algo especial em relação a nosso movimento. Temos um referencial privilegiado: Era o conceito clássico do movimento absoluto que todo grande físico carregava até 1905. Albert Einstein, por #A era da exploração _____, _____ 171 toda a sua vida um intenso crítico do privilégio na esfera social, imediatamente desconfiou da alegação de que o planeta no qual vivemos fosse preso a um imaginário referencial que tinha um mérito especial em relação às leis da natureza. Ao invés disso, ele perguntou qual o tipo de física que estaria implícito se nós deduzíssemos

as mesmas leis da física, independente de em qual sistema planetário nós estivéssemos vivendo. Dessa questão fluiu a relatividade especial, que é repetidamente confirmada

pela experiência.

A noção de centralidade e importância não merecida tem sido ainda mais difundida nas ciências biológicas do que nas ciências físicas. Ela é especialmente violenta no conceito chamado criação especial. Mais do que quaisquer outras criaturas, afirma o conceito, o Criador do Universo tem planos para nós, chave para a razão pela qual há uma criação. Somos diferentes dos outros animais, não apenas em grau mas em espécie. Ninguém mais tem moral, ética, altruísmo, compaixão, coragem; ninguém

mais pode prever as consequências futuras das ações presentes; ninguém mais tem arte e música; ninguém mais pode usar ferramentas; ninguém mais pode fazer ferramentas.

Essa lista contínua tem a aquiescência de Platão, Aristóteles, Agostinho, Aquino, Hobbes, Locke, todas as grandes figuras da filosofia, com a única exceção de David Hume (tiro o chapéu para ele), assumida por cientistas, inclusive alguns bastante céicos, até o ano de 1859, e entusiasticamente adotada, é claro, por todos os líderes da religião Judaica-Cristã-Islâmica.

Em 1859, Charles Darwin fez o primeiro e heróico esforço para definir esse conceito, mostrando que uma espécie podia se desenvolver por processos naturais, sem qualquer coisa pré-ordenada, a partir de outra. Mais de uma década depois, ele publicou seu segundo livro sobre o assunto, sugerindo que a evolução se aplica explicitamente

a nós. Ele propôs que todos nós, seres humanos da Terra, somos parentes, com um único ancestral em comum. A dedução de que surgimos por meio das leis da química,

talvez do lodo primário, era perturbadora - para muitos, repulsiva. Ela era totalmente contrastante com a ideia da ascensão, por mais carente de poder de explicação

que pudesse ser, da mão de um Deus de amor.

Nós e os chimpanzés temos um ancestral comum mais recente que viveu há alguns milhares de anos. Os chimpanzés são nossos primos. Mesmo hoje, essa teoria perturba

a muitos. "Você já foi a um zoológico?" - eles perguntam. "Você viu o que os chimpanzés fazem? Talvez você seja parente dos chimpanzés, cara, mas eu não sou!" Bem,

nós podemos aprender sobre o comportamento dos chimpanzés no zoológico tanto quanto podemos aprender sobre o comportamento dos humanos nas cadeias, exatamente pelos

mesmos motivos. A prisão não traz à tona o melhor de nós. Quando pessoas como Jane Goodall se devotam a observar os chimpanzés em seu habitat natural, os chimpanzés

se acostumam a elas. Então descobrimos comportamentos muito diferentes.

Não posso deixar de contar a história de Geza Teleki, um antropólogo e estudante do comportamento animal que queria aprender a tecnologia dos chimpanzés, especialmente

a indústria de pescar cupim, da qual são adeptos. Então ele se tornou aprendiz de um chimpanzé chamado Leakey, um

#172 _____ Carl Saan _____

perito. A indústria de pesca de cupim do chimpanzé funciona assim: você encontra um junco, não qualquer tipo de junco, mas o tipo certo de junco. Você tira os ramos excedentes, certifica-se de que ele tenha bastante robusteza e flexibilidade, e então chega ao enorme cupinzeiro, uma casa para cupins. Toda noite os cupins cobrem a entrada para seus ninhos. O chimpanzé dá uma olhada, cava dois ou três lugares onde as portas de entrada foram lacradas, pega o junco ou a haste da grama, em um movimento hábil insere-o no cupinzeiro, dá algumas voltas, retira o junco cuidadosamente e a ferramenta está coberta de cupins. O chimpanzé continua, hum, hum, hum, hum, hum e se abasteceu de uma excelente fonte de proteína. Se um humano fosse jogado, para se virar sozinho, neste mesmo local na África Oriental, precisando de proteína, como ele faria? Teleki, gastando tempo integral nesse problema por meses, não achou o tipo certo de junco; na verdade, ele precisou usar os juncos que os chimpanzés jogavam fora. Ele não conseguiu descobrir, após nove meses, as aberturas lacradas que Leaky identificava em uma olhada. Teleki não conseguia colocar o junco com habilidade (por exemplo, o junco saía amassado). Teleki não conseguia manusear o junco de forma insinuante para que os cupins se prendessem a ele, e não conseguia tirá-lo sem jogar fora quase todos os cupins. Ao final dos nove meses ele havia, definitivamente, fracassado.

Há um bonobo, um chimpanzé pigmeu, chamado Kanzi, que mora em Atlanta, e que não apenas sabe como usar ferramentas de pedra, mas também sabe como fazer ferramentas de pedra. Os chimpanzés sabem como fazer essas coisas. Como eles sabem quando um humano com PhD. não sabe? Eles foram aprendizes por anos. Nos agradecimentos do maravilhoso ensaio de Teleki, ele agradece a seu paciente tutor, e se desculpa por suas falhas, porque "não foram falhas do ser do qual ele foi aprendiz". E só que os humanos não são bons em aprender certas coisas.

Agora, é claro que há diferenças entre nós e os chimpanzés. Temos lâmpadas elétricas, carros de polícia, toca-CD e armas nucleares. Os chimpanzés não. Mas não podemos dizer que eles não têm tecnologia alguma; e nós também não tivemos tamanha tecnologia na maior parte de nossa história. As ferramentas de pedra e o fogo eram fronteiras tecnológicas.

Quando, no final do século XX, tornou-se possível seqüenciar as bases do DNA, podia-se ter uma medida quantitativa do relacionamento entre humanos e chimpanzés, e acontece que as duas espécies compartilham 99,6% de seus genes ativos. Uma forma de se ver isso, creio, é concluir que 0,4% é um número muito maior do que havíamos imaginado. Outra forma de se encarar esse fato é, se quisermos saber sobre nós, estudarmos os chimpanzés. Há muito a aprender. De qualquer forma, a ideia da Criação Especial é realmente uma ideia de outros tempos. Se não tivéssemos muito mais do que a prova biológica molecular, ainda assim ficaria muito claro que não há nada

em nós que seja qualitativamente diferente de nossos parentes mais próximos, os chimpanzés - com a possível exceção de um talento para a linguagem.

Onde estão acontecendo as batalhas sobre a Grande Degradação hoje em dia? Uma está na pesquisa por inteligência extraterrestre. Ainda não

#A era da exploração _____ 173

encontramos vida, muito menos inteligência, em nenhum outro lugar.

Mandamos espaçonaves a outros planetas para procurar por micróbios.

Construímos grandes radiotelescópios

e prestamos atenção para ouvir se alguém nos enviou alguma mensagem

recentemente. Essas duas atividades levaram a dados ocasionais

estonteantes, mas nenhum deles

com qualidade ou repetição suficientes para dizer que detectamos vida ou

inteligência em algum outro lugar. Eles confundem ausência de prova com

prova de ausência.

"Você não encontrou vida em outro lugar? Então não existe vida em outro

lugar! Aqueles que vivem na Terra são as únicas criaturas vivas no

Universo. Você não encontrou

inteligência em algum outro lugar? Então não existe inteligência em outro

lugar! Só aqui. Estamos no centro do Cosmo intelectual." Ao mesmo tempo

em que poderia

dar o que considero um forte argumento plausível para o porquê de tal

conceito ser também errôneo, basta dizer que ninguém sabe a resposta para

essa pergunta. Ainda

não encontramos vida ou inteligência em outro lugar. Estamos procurando.

Talvez encontremos amanhã, ou talvez leve séculos. Talvez nunca

encontremos. Tudo o que precisamos

fazer é manter a mente aberta. Não há outra abordagem. Não é preciso

tomar uma decisão na ausência de provas.

Por fim, há um novo campo para esse debate, até mesmo bizarro no meu

entender, algo chamado de o princípio antrópico. Seria mais justo se ele

se chamasse princípio

antropocêntrico. O fraco princípio antrópico afirma que se as leis da

natureza e suas constantes fundamentais fossem

significativamente diferentes, então os caminhos

que na verdade levaram até nós teriam sido alterados e não estaríamos

aqui. Isso não tem falha;

certamente é verdade. Mas o forte princípio antrópico está, no meu

entender, perigosamente perto do seguinte argumento:

não estaríamos aqui se as leis da natureza

e os valores das constantes físicas fossem outros, diferentes dos que

são: portanto, as leis da natureza e as constantes físicas são como são

para que o Universo nos

produza. Deus nos tinha em mente quando o Universo foi criado e aqui

estamos nós - de volta ao centro do Universo nalmente.

Muito se pode dizer sobre isso: quem determinou quais outras leis da

natureza e constantes físicas são possíveis e mutuamente consistentes,

mas também levou à equivalência

funcional da vida e da inteligência? Pode-se notar que o forte princípio

antrópico não é muito amigável para a investigação experimental. Há

alguma coisa dizendo

para chamá-lo de princípio antrópico, porque muitas das mesmas leis da

natureza e das mesmas constantes físicas são necessárias para fazer uma

pedra, assim como

para fazer uma pessoa. Por que não é chamado de princípio lítico, com

versões fortes e fracas, e no forte princípio lítico, as leis da natureza

e as constantes

físicas são como são, então as pedras podem se tornar seres? Se as rochas pudessem filosofar, aposto que não ouviríamos nada sobre o princípio antrópico. No ponto central da filosofia estaria o princípio lítico.

*

#174 _____ Carl Saan

Quero encerrar com uma das muitas recompensas psicológicas que a exploração planetária me trouxe. Como Ed Stone destacou, houve um momento no qual as duas espaçonaves

Voyager haviam completado seu reconhecimento próximo dos sistemas de Júpiter,

Saturno, Urano e Netuno. A espaçonave teve um desempenho fenomenalmente superior às

especificações do desenho original. A maioria de nosso conhecimento sobre o Sistema Solar Externo aconteceu porque o Laboratório de Propulsão a Jato (JPL) fez esse

trabalho tão brilhante com essas extraordinárias espaçonaves - chegando a tempo, com pouco custo, e excedendo às expectativas mais afetuosas de seus projetistas.

Não havia outros planetas que fôssemos encontrar além no Sistema Solar. Agora era possível virar as câmeras para perto do Sol e, se acontecesse o pior e nós queimássemos

os olhos, e daí? Não havia mais nada que fôssemos fotografar. Eu estava desejando, desde a época do encontro com

Saturno, tirar uma foto da Terra de um ponto de

vista mais remoto. Mas isso não era fácil de forma alguma apesar de não haver entardecer - virar as câmeras para trás demandava uma verdadeira intervenção do administrador

da NASA para fazê-lo.

Estava claro que naquela fotografia a Terra aparecia apenas como um elemento da fotografia, um pixel. Não se viam os oceanos. Não seria possível observar nenhum

detalhe. Ainda acho que seria útil fazer isso da mesma forma que a grande fotografia de toda a Terra, tirada pela Apollo 17,

tornou-se um ícone para nossa era - porque

nos dizia algo muito poderoso, incluindo o fato de que, daquele ponto de vista, as fronteiras nacionais não estavam em evidência. Aqui estamos: a Terra vista da

Voyager 1 é momentaneamente um raio de sol (Prancha X). Dê uma olhada. Das imediações da parte planetária do Sistema Solar é um pálido ponto azul.

Esses somos nós. Esse é o lar. É onde estamos. Nele, todos que amamos, todos que conhecemos, todos sobre quem um dia ouvimos falar, viveram seus dias. O agregado

de todas as suas alegrias e sofrimentos, milhares de ideologias presunçosas, religiões, doutrinas econômicas, todos caçadores e catadores, todo herói e covarde,

todo criador ou destruidor de civilizações, todo rei e vassalo, todo jovem casal apaixonado, toda criança esperançosa, toda mãe e todo pai, todo inventor e explorador,

todo venerado professor de moral, todo político corrupto, todo superstar, todo líder supremo, todo santo e pecador na história de nossa espécie, viveram ali.

A Terra é um palco muito pequeno na grande arena cósmica. Pense nos rios de sangue derramados por todos os generais e imperadores, presidentes e primeiros-ministros

e líderes de partido; de modo que na glória e no triunfo eles podiam tornar-se os mestres momentâneos do grão de areia. Pense nas infundáveis crueldades impostas pêlos habitantes de uma parte do ponto sobre os dificilmente distinguíveis habitantes de outra parte do ponto. Como eles entendem mal. Como eles estão ansiosos por matar uns aos outros. Como seu ódio fervilha. Nossas posturas, ou auto-importância imaginária, a ilusão de que temos alguma posição privilegiada no Universo, parecem-me desafiadas por esse ponto de luz pálida. O nosso planeta é um solitário ponto na grande escuridão cósmica que o envolve. Em nossa obs-
#A era da exploração _____ 175
curidade, em toda essa vastidão, não há sinal de que haja alguém que venha para nos salvar de nós mesmos. Tem-se dito que a astronomia é uma experiência que nos torna mais humildes e, eu diria, constrói o caráter. Para mim, essa é uma das diversas demonstrações, por meio da astronomia, da insensatez dos conceitos humanos. Para mim, esse quadro não classifica bem o bastante a nossa responsabilidade em tratarmos uns aos outros de forma mais gentil, bem como de preservar e tratar com carinho o pálido ponto azul, o único lar que já conhecemos. Se tivermos uma indomável urgência em sermos centrais e importantes, sabemos o que podemos fazer. Podemos levar a sério a advertência para a compaixão e a amável generosidade das principais religiões que a maioria de nós professa. Podemos trabalhar em direção à auto-suficiência econômica dos bilhões de pessoas mais pobres no planeta. Podemos assegurar-nos de ter conhecimento das perigosas predisposições que estão subjacentes em nós e os erros desesperados que cometemos em nossa história. Podemos fazer com que nossas crianças achem inconcebível crescer ignorantes. Podemos cuidar e ter carinho pelo meio ambiente planetário que nos sustenta e aos outros seres que o compartilham conosco. Podemos, cada um de nós, adotar um papel ardente e principal no processo democrático. Podemos insistir na honestidade e no altruísmo de nossas autoridades eleitas. E podemos julgar nosso progresso pela coragem de nossas perguntas e pela profundidade de nossas respostas, pela nossa vontade de abraçar a verdade ao invés do que achamos que é bom. Se quisermos ser importantes - não passivamente por causa da espécie ou do grupo étnico no qual accidentalmente nascemos, ou pelo planeta no qual nascemos, mas por causa do mérito de nossas ações - nós sabemos o que podemos fazer.'

CORSON: Obrigado, Carl, pelo grande discurso. Eu já estou ansioso pelo seu septuagésimo aniversário. O professor Sagan responderá a algumas perguntas.

P: Por favor, gostaríamos de saber algumas coisas. A primeira é: quem disse bilhões e bilhões?

SAGAN: Foi alguém que se chama Johnny Carson. Eu nunca disse isso. (É claro que, desde Cosmos eu disse isso algumas vezes respondendo a perguntas como essa.) E mais ou menos assim como Humphrey Bogart, que nunca disse "Toque de novo, Sam". Ninguém acredita, mas ele ...

Mais detalhes e referências para a apresentação do dr. Sagan podem ser encontradas em *Shadows of Forgotten Ancestors: A Search for Who We Are* (com Ann Druyan) (Nova York: Random House, 1992; Londres: Century, 1992), *Paie Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space* (Nova York: Random House, 1994; Londres: Headline Book Publishing, 1995); e *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark* (Nova York: Random House, 1996; Londres: Headline Book Publishing, 1996).

#176 _____ Carl Sagan

P: Também queremos saber pelo que, se é que há algo em particular, o senhor gostaria de ser lembrado?

SAGAN: Preciso deixar a decisão sobre como eu serei lembrado, que eu espero não precisar ser por agora, para os outros. Há muita coisa que espero fazer. Mas obrigado pela pergunta.

P: Eu estava interessado em suas grandes degradações e, com certeza, concordo em muitas coisas com o que o senhor disse. Onde, entre as grandes degradações, o senhor encaixaria, se é que encaixaria, o surgimento da consciência entre os humanos?

SAGAN: Sim, essa é uma pergunta importante.

Consciência tem muitos significados. Se significar uma percepção do mundo externo e a mudança do seu comportamento para levar em conta o mundo exterior, então eu acho

que os micróbios são conscientes. Como você sabe que penso qualquer pensamento? Apenas porque acontece de eu estar comunicando a você. Você não pode dizer com facilidade que tenho pensamentos filosóficos me vendo beber esse copo de água, certo? Então imagine que eu fosse mudo, que não pudesse me expressar pela fala ou escrita, ou qualquer

outra coisa. Então como você saberia se tenho tais pensamentos? Para mim, é muito persuasiva a prova, válida não só para os chamados macacos superiores, mas passando

por todos os macacos e chimpanzés, que eles têm pensamentos, pensamentos úteis, práticos, como mentir, enganar, fazer planos para fazer os outros de bobo, pensando

muito à frente. Deixe-me apresentar uma imagem de que gosto, porque cobre diversos campos. Esses são os resultados do trabalho na colônia Amhem, na Holanda, onde

há uma grande comunidade de chimpanzés, livres. Os machos são guiados pela testosterona e sujeitos a desequilíbrios hormonais variáveis. Eles se zangam uns com

os outros e pegam pedras. Eles vão bastante longe para pegar as pedras para confrontar o cara com quem estão zangados, e jogam as pedras nele. O ato de sair da

vista do inimigo para pegar as pedras, e depois trazê-las de volta para jogar, indica que eles pensam além, entendendo uma meta e com consciência sobre os outros.

Mas a coisa mais interessante, e comum, é que as chimpanzés fêmeas, vendo os machos carregados com suas pedras, cheguem até eles, abram os dedos deles, joguem as

pedras fora e os desarmem. Quando os machos, com raiva, juntam as pedras de novo, as fêmeas novamente os desarmam. Então, não só os machos têm algo em mente; as

fêmeas sabem o que eles têm em mente. Para mim, isso não é só consciência, mas um arranjo social que eu gostaria de ver mais nos humanos.

P: A minha pergunta é: dadas todas essas degradações, qual a sua religião pessoal, ou se existe algum tipo de deus para o senhor, há um motivo, posto que estamos

apenas sentados nesse grão no meio desse mar de estrelas?

SAGAN: Eu não quero me esquivar de nenhuma pergunta e não vou me esquivar dessa. Mas, primeiro, deixe-me perguntar a você o que você quer dizer quando usa a palavra deus?

#A era da exploração _____ 177

P: Bem, eu acho que a minha pergunta é, parece, há um propósito, quero dizer, dadas todas essas degradações, por que nós simplesmente não nos extinguimos?

SAGAN: Deixe-me mudar a pergunta. Se nós nos extinguirmos, isso invalida a existência de Deus?

P: Não, acho que não. Acho que o que estou perguntando é, posto que nós quase tiramos Deus disso, por meio dessas degradações... Por eras, temos, os humanos criaram

uma estrutura mitológica que sempre envolveu algum tipo de, geralmente envolve um tipo de espírito superior.. .Se tirarmos isso, à medida que adquirimos mais e mais

conhecimento, e parece cada vez mais difícil provar que exista algo assim, para onde isso nos levará?

SAGAN: Para nós mesmos. [Aplausos] - o que para mim é muito mais responsável do que esperar que outra pessoa, de fora, venha e nos salve de nós mesmos - nesse caso

não precisamos dar o melhor de nós para nos salvarmos. Se eu estiver errado, e houver alguém que chegue e nos salve, tudo bem.

A palavra Deus cobre uma enorme variedade de ideias diferentes (e você reconheceu isso na maneira como formulou a pergunta) - indo desde um homem enorme, de pele

clara, com uma grande barba branca, sentado em um trono no céu e contando a queda de cada pardal, para o qual não temos prova alguma, até o tipo de deus que Einstein

ou Spinoza falaram, que está muito próximo à soma total das leis da Natureza. Agora, é um fato que pode ser observado, e é magnífico, que há leis da Natureza que

se aplicam em todo o Universo. Se é isso o que você quer chamar de Deus, é claro que Deus existe.

Há outras nuances. Há, por exemplo, o deus deísta que muitos dos pais fundadores deste país acreditavam, um rói faineant, um rei que não faz nada, o deus que criou

o Universo e depois se aposentou, e para quem a oração não é relevante. Ele não está aqui agora; ele foi para algum lugar;

ele tinha outras coisas a fazer. Agora, isso também é um deus, um deus criador, mas muito diferente do Deus Judaico-Cristão-Islâmico. Então, quando pergunta se eu

acredito em Deus, se eu disser sim ou se eu disser não, você não terá aprendido absolutamente nada.

P: Eu acho que estou pedindo para que o senhor defina o seu, se tiver algum.

SAGAN: Mas por que usaríamos uma palavra tão ambígua, que significa tantas coisas diferentes?

P: Eu lhe dou a liberdade de defini-lo.

SAGAN: Isso lhe dá a liberdade de parecer concordar com outra pessoa com quem, na verdade, você não concorda. Isso cobre as diferenças: ajuda a lubrificação social, mas não é uma ajuda para a verdade. Eu acho que precisamos de uma linguagem muito mais definida quando fazemos esse

#178 _____ Carl Sagan

tipo de pergunta. Desculpe por tomar tanto tempo para responder isso, mas é uma questão importante.

P: Eu e alguns outros estudantes aqui de Cornell estamos imaginando a sua casa. Ela era um tipo de usina elétrica, ou o que era antes de ser sua casa?

SAGAN: Esse é um estudo em que eu e Annie estamos trabalhando. Ela foi, há muito tempo, a sede da Cornell Sphinx Head Society, na qual Deus sabe quais ritos abomináveis

eram praticados! Mas eu posso garantir que os dias hoje são extremamente tranquilos. Ela também foi um estúdio de escultura de um notável professor de Cornell, projetista

de aceleradores nucleares e escultor por excelência, Bob Wilson.

P: Eu queria saber quais são seus pontos de vista sobre a astrologia. Eu sei que é uma ciência relacionada à astronomia.

SAGAN: Astrologia é uma fraude.

P: Desculpe?

SAGAN: É uma fraude. F-R-A-U-D-E.

P: Tudo bem. E com relação à prova documentada de estudos em que a percepção extra-sensorial (PÉS), clarividência...

SAGAN: Isso é outra coisa, não? A astrologia é diferente da PÉS e da clarividência.

P: OK. Então eu confundi as duas...

SAGAN: Eu fico feliz em responder. Eu só queria me fazer claro.

P: Tudo bem, a percepção extra-sensorial, a telecinésia; elas existem e algumas pessoas a têm? Como isso aconteceu?

SAGAN: Se existem, devem ter acontecido por evolução, por seleção natural, da mesma forma que todo o resto. Mas o que nós queremos dizer com percepção extra-sensorial?

Há um peixe de água doce na África que cria campos elétricos estáticos, depois detecta sua presa pelas perturbações no campo elétrico. Nós não podemos fazer isso.

Isso não corresponde a nenhum de nossos sentidos. O peixe tem PÉS?

P: Em um certo sentido sim, mas., tudo bem...

SAGAN: Se ele tem PÉS, isso é misterioso? E um desao para a ciência? Ou é só uma outra forma de perceber o mundo?

P: E uma forma diferente de perceber o mundo.

SAGAN: Sim. Então, se há PÉS, eu acho que as chances so excelentes de que ela possa ser bem entendida pela ciência. Mas, até onde sei, não há PÉS.

#A era da exploração

P: Obrigado. Isso responde a minha pergunta.

P: Eu gostaria, em primeiro lugar, de dizer que deve ser um verdadeiro privilégio ser capaz de desenvolver uma carreira em algo tão estimulante, intelectualmente

e espiritualmente, como a astronomia. Agora, minha pergunta para o senhor: qual é a sua opinião sobre o uso de animais na pesquisa biomédica?

SAGAN: Eu tenho lutado muito com essa questão, em parte porque tenho um aluno de graduação, Peter Wilson, que me põe na fogueira. Por exemplo, eu tenho uma jaqueta

de couro que tem vinte anos, que eu costumava vestir para ir a Cornell e não visto mais. Eu tenho muitos conflitos nessa questão. Que a dor gratuita não deve ser imposta a outros animais está claro. Que não se deve fazer os animais sofrerem por objetivos bastante triviais, como fazer batons, por exemplo, também acho que está claro. No entanto, argumentar que os animais não devem ser usados na busca de medicamentos e procedimentos médicos que podem salvar a vida dos humanos, não está tão claro. Charles Darwin, muito adiantado no seu tempo, fez exatamente a mesma distinção. Se eu tivesse de explicar, se de alguma forma o meu trabalho fosse fazer isso, para as pessoas cujos filhos estivessem morrendo por causa de um procedimento médico que não estivesse disponível, que bem poderia estar disponível se tivesse sido feita uma experiência com animais, eu não sei como faria a justificativa. Agora, você pode me dizer que eu estou atribuindo um valor mais alto para os humanos do que para os outros animais, e como eu falo assim depois de passar uma tarde inteira censurando o chauvinismo? Para mim, isso parece ter alguma ressonância com o raciocínio sobre, por que devemos fazer alguma coisa para nos salvarmos de um asteróide que vai atingir a Terra. Os asteróides atingiram a Terra no passado e causaram a extinção de outras espécies. Então por que não deveríamos ficar quietos e deixar os quatis terem sua chance, ou as formigas, ou os vermes submarinos alteradores de estado de oxidação sulfúrea? Nesse ponto eu não tenho dificuldade alguma - uma vez que, por acidente de nascimento, acontece de eu ser um humano - em justificar que os seres humanos tentem sobreviver sob circunstâncias às vezes desesperadoras. Esse é meu julgamento; eu tenho certeza de que, se eu fosse um lagarto, eu estaria discutindo sobre sacrificar os humanos para que tivéssemos melhores remédios para os lagartos. Sinto muito. Não posso fazer nada. Eu sou um humano.

P: Feliz aniversário, professor Sagan. Eu sinto não ter dado um presente ao senhor. Agora, há várias estruturas nos Andes e também formações nas plantações do norte da Inglaterra, que as pessoas dizem que são resultantes de aparições extraterrestres.

SAGAN: As planícies de Nazca.

P: Eu estava imaginando qual a sua opinião a respeito, se realmente houve aterrissagem de extraterrestres ou não.

#SAGAN: Uma forma de encarar é essa: de onde vem toda essa coisa sobre as planícies de Nazca serem misteriosas e extraterrestres? Ela veio de um suíço, dono de um

hotel, Erik von Dänniken, que escreveu um livro chamado Eram os deuses astronautas?, que se tornou um campeão de vendas no mundo todo. Ele argumentava assim: nas

planícies de Nazca, no Peru, há grandes desenhos. Alguns parecem aranhas, alguns parecem perus, alguns são linhas retas. Dänniken concluiu que as linhas retas eram

campos de pouso e as outras figuras eram mensagens que os estúpidos humanos foram instruídos, por observadores extraterrestres, a cavar no deserto do Peru. Por quê?

O que isso quer dizer? Nós não sabemos desenhar grandes quadros sem os extraterrestres nos dizerem o que fazer? Algumas das linhas retas têm 6 polegadas (5,5 cm).

Qual é o tamanho dos aviões que aterrissam nesses campos de pouso? O que devemos imaginar? Uma espaçonave interestelar cruzando, sem esforço, centenas, milhares

de anos-luz, a porta de carga abre e saem pequenos aviões com propulsores, do tamanho aproximado de meu filho de três anos de idade, para brincar? Isso é bobagem.

A característica comum a toda a fantasia de Dänniken é que ele subestima os nossos ancestrais. Ele vai ao Egito, ele vê as pirâmides. "Cara, elas são grandes! Qual

o tamanho dos blocos?" "Eles têm algumas toneladas". "Uma tonelada", diz von Dänniken, na verdade. "Eu não conseguiria levantar um bloco com metade desse peso".

Portanto, os seres humanos são incapazes de levantar blocos com aquela massa: logo, foram os extraterrestres quem os levantaram. C.Q.D. Mas temos conhecimento sobre

como as pirâmides foram construídas. Sabemos sobre pedreiras e troncos como roldanas e balsas no Nilo e planos inclinados e dezenas de milhares de trabalhadores.

Entendemos como os humanos puderam construí-las. Nossos ancestrais eram perfeitamente capazes de construir coisas grandes. A ideia de que é necessária uma visita

extraterrestre toda vez que um ingênuo observador não consegue imaginar como algo foi feito é tolice. Um possível aspecto positivo de von

Dänniken é que, na frustração

e perplexidade, ele leva um leitor à arqueologia.

P: Feliz aniversário. Eu vou ser honesto. Um amigo meu, bem, agora um conhecido meu, vendeu-me a ideia de que Steven Spielberg estaria aqui, então foi por isso que

eu vim, mas veja, estou muito feliz, eu...

SAGAN: É o primeiro de quem ouço isso. Sinto muitíssimo por desapontá-lo.

P: Espere, eu não acabei, eu não acabei. Eu estou feliz por ter vindo, porque quando o senhor estava falando aquilo sobre determinar onde a Terra está, e quão pequenos

nós somos, comparados ao Universo, não seria mais fácil para o homem, as mulheres, os humanos, para os humanos pensarem que não somos o centro do Universo se tivermos

esses dados? É mais fácil, por que não podemos acreditar, o cerne do desafio agora é pensar o que somos em algum caminho e, de alguma forma, o centro do Universo

em algum tipo de caminho, não fisicamente, não intelectualmente, mas de alguma forma, eu não quero fazer disso um propósito, mas...

#A era da exploração_____181

SAGAN: Sim, você quer.

P: Tudo bem. É um propósito. Mas agora é mais fácil para a gente acreditar, certo, é mais fácil, podemos descansar nossas mentes, mas de alguma forma não estamos

fechando nossa mente ao não dizer que nós somos, de alguma forma, o centro do Universo?

SAGAN: Mas imagine que você seja um polvo inteligente.

P: Certo, eu entendi, mas espere. E sobre os organismos e o centro do Universo? Tudo bem. Vou colocar de outra forma. Os humanos, porque podemos nos comunicar e

entender uns aos outros, eu só estou dizendo...

cozinha e de restos de encanamento para inventar o método experimental. Eles gostavam de chegar ao topo (especialmente Demócrito). Não se consideravam a elite do sacerdócio científico, separados das pessoas. Eram trabalhadores ansiosos por descobrir como a própria natureza funcionava.

A ferramenta mais afiada que tinham era a observação revolucionária, mais bem articulada por Hipócrates: as pessoas pensam que a epilepsia é divina porque elas não

sabem o que realmente causa a epilepsia. Mas algum dia vamos entender o que causa a epilepsia e não mais pensaremos que ela é divina. E assim é com tudo o que agora

chamamos de divino. E isso que é conhecido como o Deus das lacunas.

Se considerarmos divina qualquer coisa que não entendemos, Deus pode ser um tipo de taquígrafo para o que não conhecemos, mas uma explicação inadequada para o que

conhecemos. Podemos resolver bem os mistérios da Natureza se sistematicamente nos dedicarmos a tentar fazê-lo. Isso é realmente a fonte e a inspiração do método

científico e dos valores que Carl tem usado seus consideráveis dons para expressar.

Mas essa noção democrática de a ciência pertencer a todo mundo, essa atitude de a ciência ser uma resposta humana normal à realidade sucumbiu logo. A ideia de que

se podia investigar a natureza e descobrir como

#186 _____ An n Druyan

as coisas foram agrupadas foi distorcida. A ciência tornou-se propriedade das pessoas com riqueza e com escravos, aqueles que eram muito preguiçosos para realmente

fazer a experiência, mas, pelo contrário, preferiam deitar-se em seus sofás e fazer pronunciamentos sobre a estrutura dos paraísos. As pessoas que pensavam que a

humanidade devia ser dividida entre aqueles poucos sortudos dignos de fazer ciência, os escolhidos que podiam conhecer a elegância e a beleza da Natureza, e o resto

todo que fazia o trabalho para tornar possível o lazer e o estilo de vida contemplativo deles, mas que eram, eles mesmos, inelegíveis para essa informação.

Pode não ser totalmente justo, mas eu gosto de culpar Platão por muito disso. A ideia de que pensar deveria ser feito apenas no Ateneu ou em algum templo isolado

do resto da vida é o que nos faz perguntar hoje: a ciência deve ser popularizada? E porque pensamos na ciência como algo completamente separado da atividade humana.

É um grave erro.

Exatamente no mesmo lugar onde a ciência nasceu, e em muitas daquelas mentes, também nasceu a ideia da democracia, aquele sonho de que todo mundo, ou quase todo

mundo, deveria ter direito a opinar no que acontece e não simplesmente se deixar levar. Para mim, esse é um desenvolvimento do significado biológico. Somos primatas,

alegremente hierárquicos, acostumados, por milhões de anos, a ceder o poder de decisão para um malhumorado macho alfa. De repente, por volta do século XV a. C.,

houve aqueles que não mais acharam esse arranjo aceitável.

A ciência e a democracia retomam um longo caminho juntas. Elas têm muito em comum: as duas dependem da liberdade de pensamento e da liberdade de expressão. Os argumentos

das autoridades não têm peso. Simplesmente porque alguém com poder diz que algo é verdadeiro, isso não o torna verdadeiro. A livre troca de ideias é o elemento vital para os dois sistemas.

Certamente alcançamos tremendos progressos científicos e tecnológicos, que dificilmente foram democráticos. Podemos ter ciência sem democracia. Mas eu imagino se podemos esperar ter democracia sem ciência. Como pode um cidadão com pouco ou nenhum conhecimento dos métodos, das leis e da linguagem da ciência esperar ser um bem informado responsável por decisões em uma sociedade bastante dependente da ciência e da alta tecnologia? Se a ciência pertence apenas a alguns, como muitos podem ser responsabilizados?

Thomas Jefferson preocupou-se com isso, dizendo que aqueles que esperam ser tanto ignorantes quanto livres estão esperando o que nunca foi e nunca será.

A ciência deve ser popularizada? Você também pode perguntar: devemos ter uma democracia?

A ciência é o grande conjunto de que precisamos desesperadamente para detectar a falta de bom-senso. Por quê? Porque nossa maior força como uma espécie também é a nossa maior fraqueza. Somos criativos, mas também somos terríveis mentirosos. Mentimos para evitar que as outras pessoas tomem o poder. Mentimos para nos fazer sentir especiais, para jogar fora desgastantes ansiedades de mortalidade. Temos um medo terrível de não sermos centrais, de não estarmos sendo vigiados por um pai carinhoso que nos protegerá e ajudará em nossos medos. Não podemos

#A ciência precisa ser popularizada? _____ 187

suportar ou aceitar nossas verdadeiras circunstâncias: que somos pequenos seres em um Universo de uma vastidão incompreensível.

Essa tendência à auto-decepção significa que precisamos de uma máquina que nos mantenha honestos, uma voz que fale em nossos ouvidos, dizendo: "Tome cuidado agora, você é muito jovem, você é muito ignorante, você é muito novo como uma espécie. Você pensava que isso era verdade antes. Você estava errado. Você pode descobrir mais tarde que outra coisa é verdade". Precisamos dessa voz em nossa cabeça, e a voz é a ciência.

Você não quer impor seus valores, suas fantasias, suas expectativas sobre a natureza, porque a Natureza é muito mais complicada do que sua melhor imaginação, do que seus melhores sonhos jamais conseguirão ser. Você quer saber como ela realmente é montada. Essa é realmente a humildade da ciência. Sei que geralmente o cientista é considerado arrogante, e muitos dos que praticam a ciência são arrogantes, mas a maior força da ciência é a humildade, o conhecimento, o auto-conhecimento que temos para nos proteger dessa tendência a mentir sobre como a realidade realmente é.

Há muito ressentimento contra a ciência agora, e não devemos idealizar a ciência, porque de muitos modos ela se tornou uma arma apontada para nossas cabeças, não para o bem da humanidade, não para tomar esse planeta um lugar mais habitável, um lugar mais humano. Os piores delitos da ciência foram amplamente cometidos em sigilo.

Não houve um eleitorado informado para debater essas decisões. A desconfiança pública em relação à ciência é bastante difundida, outro motivo urgente para uma campanha geral pelo ensino de ciência.

Gostaria de falar um pouco sobre o homem que considero o maior colaborador para essa campanha... Eu tive o privilégio de acompanhar Carl Sagan por quase vinte de suas sessenta viagens ao redor do Sol. Inúmeras vezes vi pessoas aproximarem-se dele na rua, desde que Cosmos foi transmitido pela primeira vez, e nunca mais parou desde então, dizendo, "dr. Sagan, eu sou um cientista por sua causa". "Dr. Sagan, eu me interessava por ciência, mas nunca pensei que fosse capaz de entendê-la antes de ler o artigo na Parade", ou "Eu vi aquele episódio de Cosmos, ou "Eu li um de seus livros". Elas agradeciam a Carl por suas vocações, passatempos, e há um refrão que eu acho particularmente emocionante: "O senhor me fez perceber que eu era parte da fábrica da Natureza, parte do Universo, um sentimento que eu ansiava por ter na igreja, mas nunca tive". Sempre penso no porteiro do Union Station, em Washington, D. C., que evitou que Carl tentasse lhe dar uma gorjeta, dizendo "Deixe seu dinheiro, dr. Sagan. O senhor me deu o Universo. Agora me deixe fazer alguma coisa pelo senhor".

Mas os esforços de Carl em educação não foram confinados ao público em geral. Eu me lembro com orgulho da coragem que Carl demonstrou diante do mar de saladas militares e de empreiteiros famintos, com cifrão no lugar dos olhos, no Departamento de Defesa, no auge da histeria da Guerra nas Estrelas de Reagan-Bush. No campo da fera, ele foi debater com o General Abrahamson, o chefe do programa administrativo. Acho que provavelmente eu era o único rosto amigo na sala. Carl, sem medo, sem raiva ou argumentos ad hominem, sem recorrer a nenhuma das liberdades retóricas adotadas pela oposição, desmascarou a fraude da Guerra nas Estrelas em seu mérito. Foi uma performance formidável, reconhecida pela duradoura ovação que a seguiu.

Lembro-me de outro milagre realizado por Carl. Na década de 1980, foi solicitado que ele testemunhasse em um julgamento em Arkansas sobre o ensino da evolução nas escolas. Os depoimentos foram prestados nos escritórios de uma firma de advogados em NovaYork. Na equipe inquiridora estava um perito criacionista de Little Rock.

Cerca de um ano depois Carl recebeu uma longa carta de agradecimento dessa pessoa, dizendo que Carl havia sido tão persuasivo que ele não pode mais promover o criacionismo em sua consciência. Ele deixara seu trabalho em tempo integral com os criacionistas e agora ensinava evolução em uma pequena escola particular.

Lembro-me de quando o General Alexei Leonov, o primeiro humano que andou no espaço, estava apresentando o discurso de Carl para a Sociedade de Exploradores do Espaço em Washington. Esse é um dos clubes mais fechados no mundo: você precisa ter um voo no espaço para ser membro. "Vocês percebem a dívida que têm com Carl Sagan?"

Leonov perguntou. "Ele veio a Moscou, ao Comitê Central, e ele deu a eles uma noção sobre o Inverno Nuclear. Depois que ele saiu, alguns homens do Quadro Geral se entreolharam e disseram "Bem, acabou tudo, não é? A corrida armamentista nuclear não faz mais sentido, faz? Não podemos mais fazer isso. A ameaça de uma retaliação em massa não é mais digna de crédito. Prejudica muito do que é precioso para nós". Carl foi incansável em seus esforços para apresentar os fatos e as implicações do Inverno Nuclear, falando com a Defense Nuclear Agency, o National War College, todas as academias, a CIA, os funcionários do Joint Chiefs e em uma sessão fechada do Congresso...

Carl engajou-se em uma campanha combinada, de âmbito mundial, para assegurar que os governos e os cidadãos de nações que fossem potenciais combatentes nucleares, bem como potenciais não combatentes, soubessem o que estava em jogo na guerra termonuclear. Ele esclareceu aos chefes de governo da Suécia, Índia, França, Grécia, Canadá, Tanzânia, Nova Zelândia, México e Argentina, entre outros, bem como o Papa João Paulo II. Falou a comités parlamentares e de funcionários gerais. Deu uma série de palestras e entrevistas no Japão. Escreveu uma petição consignada por 98 ganhadores do Nobel, pedindo uma reversão urgente da corrida armamentista nuclear, e distribuiu-a para todas as nações que tinham armas nucleares, tanto potenciais quanto reais.

Um espírito semelhante pode servisto em 1965 quando, contra os conselhos dos colegas científicos e políticos, ele sai do Quadro Consultivo Científico da Força Aérea, em protesto contra a ação norte-americana no sudeste da Ásia; e no final da década de 1980, quando eu e ele organizamos três dos maiores protestos públicos nas Instalações para Testes Nucleares em

#A ciência precisa ser popuarizada? _____189

Nevada, contra as contínuas explosões nucleares subterrâneas dos Estados Unidos, em desafio à moratória soviética. (Eles continuaram e explodiram uma bomba bem no meio de uma das palestras apaixonadas de Carl.) Ele foi preso duas vezes. O sonho de que se poderia ter uma sociedade onde todos soubessem tudo sobre a Natureza e o Universo é uma de nossas maiores inovações como sociedade, a melhor coisa que já fizemos, e essa instituição, a Universidade de Cornell, foi fundada por homens que estavam conscientemente tentando realizar esse sonho. Eles diziam que o fazendeiro deveria saber algo sobre o Universo, bem como todo banqueiro, toda pessoa em nossa sociedade. Somos uma democracia. Isso quer dizer que todos temos o poder de tomar decisões, não apenas os reis, não apenas os ricos. Então todos devemos precisar de uma boa base sobre como o Universo se organiza. Devemos ser experientes detectores de mentiras se quisermos ter uma democracia que funcione, se quisermos manter qualquer pequena liberdade que tenhamos. Isso começou aqui, há muito tempo,

em Cornell e em outros lugares dos Estados Unidos, e vejo tantos sinais ultimamente de que estamos desistindo desse sonho, de que estamos desistindo de nossas escolas públicas, de que estamos desistindo de nossas cidades, de que estamos desistindo das pessoas ao nosso redor que não têm nada; e, dizendo sim, talvez

devesse haver uma classe de pessoas que fizesse o trabalho sujo para nós. Por que eles precisam ter educação? Pare de dar educação a eles. Para que precisam saber ciência? Bem, se desistirmos desse sonho original, creio que nos tornaremos só mais um daqueles impérios mortos, e há muitos deles. A ciência tem muitos crimes dos quais prestar contas, mas é exatamente como a nossa sociedade. E como a ideia da própria democracia. É imperfeita, mas o que temos além disso para evitar que deixemos que a nossa pior parte, aquelas tendências evolucionárias, saiam do controle de vez em quando e nos envergonhem e causem tanta destruição, e matem tanto do que é precioso? O que mais temos para evitar que façamos essas coisas, cometamos esses crimes? Você é um grande professor, Carl, e os alunos que falaram ontem atestam em muito a qualidade, a eloquência, a decência, todo o espectro do melhor sobre os seres humanos. Vi isso ontem e você ensinou não só a esses alunos, mas eu diria que a uma significativa parcela das pessoas deste planeta, o que realmente deveria ser a ciência. Acredita-se muito que deve haver algum tipo de razão inversa entre uma carreira famosa na ciência e o desenvolvimento pessoal como ser humano. Existe outro aspecto em que Carl é excepcional. Quero prestar um tributo aos pais de Carl, que, apesar de não viverem mais, desempenharam um tremendo papel para ele ser quem é hoje. Um dos palestrantes, Bruce Murray, disse: "Ele pode ser muito punido, aquele cara, e ele sempre volta". Eu sei de onde ele tirou essa determinação porque eu conheci Rachel Gruber Sagan. Ela era uma pessoa de uma determinação fantástica, adorava Carl e acreditava nele. E o pai dele, Sam Sagan, que por aclamação universal foi, um dos seres humanos mais cativantes, mais doces que já conheci. Vejo Carl Sagan Greene, irmã de Carl, aqui, e ela está balançando a cabeça, "sim", porque ela sabe como isso é verdade. Há uma surpreendente semelhança entre os pais de Carl e os meus, Harry e Pear Druyan, de quem eu tenho muito orgulho e que estão aqui hoje. Creio que um dos motivos pelos quais Carl e eu temos tanta afinidade um pelo outro é porque tivemos a sorte de ter pais tão conscientes, que assumiram a responsabilidade de forma tão séria, de ser vínculos fortes na cadeia das gerações. Também gostaria de falar algo sobre os filhos de Carl, que estão todos aqui no simpósio: Dorion Sagan, seu primeiro filho, um talentoso escritor e pai de Tonio Sagan, que tem dez anos de idade, um artista bem dotado e um raio de sol. Dorion é autor de diversos livros, muitos dos quais sobre ciência. Seu frequente colaborador é sua mãe, Lynn Margulis, que também está aqui hoje, e de quem também temos muito orgulho. Lynn é uma pessoa muito corajosa e uma cientista notável. E Jeremy Sagan,

que já fez sua marca no mundo. Como inventor de um programa guia de computador para compositores, ele uniu a arte e a ciência. Jeremy é aluno de Cornell e tirou

diversas

notas máximas até agora. E Nick Sagan, que com vinte e poucos anos já escreveu dois episódios produzidos da série de televisão Star Trek. Ter vinte e dois anos

e ter um emprego lucrativo como dramaturgo é simplesmente notável. Sasha Sagan, nossa

filha de doze anos, é tanto uma boa escritora quanto uma promissora atriz, que

tirou 109 em seu teste de matemática, e que realmente tem o caráter de Carl, sua integridade, seu amor à verdade, sua paixão por descobrir como as coisas realmente

são. Sam Sagan agora tem apenas três anos de idade, então não sabemos exatamente o que ele vai ser, mas mesmo com tão pouca idade ele já começou a manifestar uma

curiosidade, uma inteligência, uma tenacidade, uma originalidade que reconhecemos como sendo Saganesca.

Gostaria de terminar com uma história de um incidente que ocorreu logo depois que Cosmos foi transmitido pela primeira vez. Carl e eu estávamos na alfândega, no

Aeroporto Kennedy, e você sabe como nos sentimos quando entramos na alfândega; mesmo que seja inocente, você sempre tem esse sentimento de, é, você sabe, eu quei

nervosa? A boca ca cerrada? Eu estou sorrindo muito? Estávamos esperando na la e de repente um agente olhou para Carl. "Posso ver seu passaporte?" Ele pega o passaporte.

"Tudo bem, dr. Sagan, por favor, venha conosco." Carl e eu ficamos pensando, o que

fizemos? Declaramos o perfume? O que está acontecendo aqui? O agente da alfândega

chama outra pessoa, um supervisor, e nós ficamos pensando, bem essa vai ser uma longa e terrível tarde. Eles se falam em segredo por um instante e depois dão um

passo

à frente e dizem:

"Dr. Sagan, eu e meu parceiro não achamos que o senhor tenha dedicado tempo bastante a Platão. Tudo bem, o senhor gostou daqueles pré-socráticos, nós também. Sim, mas falemos de alguns dos grandes feitos de Platão e pensemos nele no contexto de Aristóteles".

É mais um sinal do que pode acontecer quando não se subestima as pessoas, quando você as respeita e à inteligência delas e quando você quer compartilhar as coisas

que mais têm significado para você, as ideias que você acha mais engrandecedoras, mais excitantes, mais estimulantes.

#A ciência precisa ser popularizada? _____ 191

A ciência deve ser popularizada? Ao responder a essa pergunta eu parafrasearia o pregador VAhavta do Deuteronomio:

Deves ensinar com diligência às tuas crianças... Deves falar sobre isso quando tu te sentas em tua casa e quando tu andas pelo caminho ... Isso deve ser para ornamentar

a frente entre teus olhos... Não simplesmente empacotado como uma coleção de anedotas e fatos agradáveis, mas como uma forma de pensar que tu carregas contigo para

todo lugar.

Para aquele que fez isso com mais eficiência do que qualquer outra pessoa... Para a pessoa mais corajosa e decente que eu já conheci e para o autor de toda a minha felicidade, eu digo Feliz Aniversário.

PRANCHA 1

Uma composição de imagens planetárias enviadas pelas missões americanas. No sentido horário, de cima: Mercúrio, Vênus, Terra e sua Lua, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. (As pranchas de I a V são cortesia do LJP da NASA).

#PRANCHA II

O sistema de radar de imagens da espaçonave Magellan examinou as densas nuvens de Vênus, cujos dados coletados foram a base para esse mosaico global do planeta.

PRANCHA III

O relevo vertical nesta imagem foi exagerado para destacar as grandes zonas de fendas e os vulcões que marcam a superfície de Vênus.

#PRANCHA IV

A superfície de Tritão, uma das luas de Netuno, exibe uma cor amarronzada que sugere resíduos orgânicos. (Processamento da imagem feito pela U.S. Geological Survey, Flagstaff, AZ)

PRANCHA V

Composta por partículas orgânicas de nevoeiro, a fina camada de névoa de Titã aparece em cor laranja nessa imagem de falsa cor e fica abaixo das camadas de névoa mais nas, azuis.

#M

Valles Marineris Region

60' Longitude

Tharsis Region ; , ; ,

160' Longitude T

R

Syrtis Major Region

270' Longitude

PRANCHA VI

Uma visão telescópica de Marte não chega nem perto da qualidade das imagens do Telescópio Espacial Hubble.

PRANCHA VII

Esta fotografia exótica, altamente processada, do Monte Olimpo, a maior estrutura vulcânica do Sistema Solar, demonstra vividamente quão decepcionantes eram as vistas de Marte na década de 1960. Nesta cena, o Sol está vindo do canto inferior direito. Há uma grande caldeira complexa no centro da imagem que é grande o bastante para conter a ilha do Havaí. Na base do vulcão há uma grande formação de escarpamento, testemunhando um período antigo de erosão após a primeira formação vulcânica ter sido posicionada. Essa estrutura tem cerca de 500 quilômetros (350 milhas) de diâmetro e se eleva a cerca de 29 quilômetros (cerca de 90 mil pés) acima da superfície média de Marte.

#PRANCHAVIII

Impacto do cometa Shoemaker-Levy 9 com Júpiter como vista de um dos fragmentos que marcam as trilhas da cauda do cometa. Nesta pintura de Don Davis, um dos núcleos do cometa acabou de chocar-se com o planeta, criando um brilho quando explode na atmosfera;

o fragylyí mento em primeiro plano chocar-se-á com o planeta dali a, aproximadamente, 36 horas. A energia liberada em cada 'ÍÍÍ: impacto é de mi lhões de megatons, dependendo do tamanho do fragmento. (Cortesia do Centro de Pesquisa Ames da NASA)

PRANCHA IX

O danificado planeta Júpiter como fotografado pelo Telescópio Espacial Hubble em 17 de julho de 1994, cerca de duas horas depois do impacto do fragmento G do Cometa Shoemaker-Levy 9. O nítido anel circular ao redor do local do impacto é uma onda atmosférica em expansão causada pela explosão, enquanto a escura esteira assimétrica é feita de ejetos da explosão que caíram de volta na estratosferajoviana. As escuras nuvens de longa duração, feitas de detritos dessas explosões, são comparáveis, em tamanho, a todo o planeta Terra. (Cortesia da equipe de cometa HST e da NASA)

#PRANCHA X

A fotografia tirada pela Voyager 1, da fronteira externa do Sistema Solar, mostrando que a Terra é um pálido ponto azul em um raio de sol.

PRANCHA XI

"Chegando à Galáxia Via Láctea" de Cosmos, pintura de Jon Lomberg ©.

PRANCHA XII

"O último pôr-doSol do dinossauro" de Jon Lombergü.

#300MYA

PRANCHA XII I

Imagem de um conjunto de slides sobre a evolução produzido pelo projeto currículo da Vida no Universo do Instituto SETI em Mountain View, Califórnia. Arte e design do slide feitos por Jon Lomberg e Simon Bell ©. Projeto LITLJ, Instituto SETI.

PRANCHA XIV

Retrato da Via Láctea de Jon Lomberg. A imagem mais precisa jamais feita de nossa Galáxia. Museu do Artista e Aero-espacial Nacional.

#1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995

Year

1950 1955 1960 1965

1970 1975

Year

1980 1985 1990 1995

PRANCHA XV

Porcentagem de estações meteorológicas quentes nas latitudes 30-60° N.

PRANCHA XVI

Porcentagem de estações meteorológicas quentes médias em seis zonas de latitude com cada zona ponderada por área.

1991 1992 1993 1994

PRANCHA XVII

Comparações das previsões do modelo climático feitas imediatamente depois da erupção do Monte Pinatubo em

1991, com as subsequentes observações.

T 0.53° C

1993 AT= 0.13° C

AT» 0.01° C 1994 AT= 0.30° C

°C

31111

PRANCHA XVIII

Anomalias da temperatura do ar na superfície em junho/julho/agosto, reativas ao período de 1951-1980.

#=10 ms AWind

PRANCHA XIX

Diferença entre o modelo climático global e as climatologias observadas para a temperatura do ar na superfície e ventos de superfície, para o modelo climático usado em 1994 no Instituto Goddard para o Instituto de Verão de Estudos Espaciais.

#Observations (1979-94)

Model (No Porcing)

01234 a{°C}

PRANCHA XX

Desvio padrão observado para a temperatura do ar na superfície para 1979-1994 e a mesma quantidade produzida pelo modelo climático global na ausência de forças climáticas.

#13

Ciência e pseudociência

JAMES RANDI Plantation, Flórida

Não tenho nenhum título acadêmico me impedindo e, talvez, isso seja uma vantagem. Eu acredito que seja, até certo ponto. Sou como um espírito livre. Dou o nome que quiser às coisas! Por exemplo, se um repórter fosse a um determinado campus porque um professor tinha descoberto algo que parece, e certamente deve ser, um pouco estranho, mas mesmo assim aparece nas manchetes e em todos os programas de entrevista (então sabemos que deve ser importante) o repórter deve perguntar a um colega dessa pessoa:

"O senhor poderia dar sua opinião sincera sobre a pesquisa recentemente anunciada na imprensa, que tem sido feita pelo professor Brontossauro?" e o colega provavelmente responderia dessa maneira geral: "Bem, levando-se em consideração que atualmente o professor Brontossauro, como você sabe, tem publicações em muitos dos principais periódicos científicos, e que é claro que o apoio no trabalho, assim como todos os meus colegas - tome nota, por favor - ele é um sagaz observador da Natureza e um grande acadêmico, e um homem que tem título na nossa universidade - você está anotando? Bom. Apesar de poderem presumir que ele tenha uma base de dados relativamente pequena para fundamentar suas conclusões recentemente publicadas - não que esse banco de dados seja insuficiente por si mesmo, mas poderia ser ampliado talvez para dar um quadro estatístico melhor, você entende", e assim a coisa vai e, em situações assim, o homem nunca diz nada. O mesmo repórter chega para mim e diz: "Sr. Randi, o que o senhor acha da declaração do professor Brontossauro?" e eu digo: "Francamente, eu acho que o homem não está no caminho certo". Tenho o privilégio de poder dizer isso, vocês percebem? Estou em uma profissão bastante peculiar. Viajei pelo mundo todo e compareci diante de grupos acadêmicos e grupos leigos, e grupos mistos, pelo mundo todo, e digo a eles coisas que eles já deveriam saber. E uma profissão ingrata, até certo

#ponto. Aparecerei diante de um público e direi coisas como, ah, por exemplo, Richard Nixon sabia o que aconteceu com as titãs de Watergate. Na verdade Carl Sagan nunca disse essas palavras: "Toque de novo, Sam" ou qualquer coisa do tipo. E que Chicken Littie estava errado; o céu não está caindo, você pode ter certeza; e

Elvis

realmente morreu. Passar pelo mundo, falando coisas assim para as pessoas não o

torna muito popular. As pessoas ainda estão fazendo estardalhaço sobre a fusão a frio,

que na minha opinião e na opinião de muitos de meus colegas provavelmente simplesmente não funciona, mas funciona em um aspecto. Ela consegue muito financiamento,

pelo menos da Toyota, que acabou de dar a eles 7 milhões de dólares para que prossigam nos

estudos da fusão a frio. Maravilha! Eu devo também dar uma dolorosa notícia:

ando discutindo com meu bom amigo, Arthur C. Clarke, em Sri Lanka. Fico feliz que ele esteja longe o bastante de mim. Nós poderíamos sair nos tapas, porque ele

apoiava a fusão a frio. Ele conversou com os fundadores dessa maravilhosa noção e foi bem convencido por eles, então preciso entrar na história e quebrar esse mito!

Falo para diversos públicos, leigos e acadêmicos, e é necessário ter alguma terminologia precisa. Pseudociência e ciência esdrúxula são diferentes, de certo modo.

Os exemplos de pseudociência, no meu entender, são coisas como a homeopatia, que é diluir um medicamento até o ponto em que se ultrapassa o limite de Avogadro e

não resta mais nada do medicamento original, mas as vibrações ainda estão ali. Parte da parapsicologia, na verdade acho que quase toda a

parapsicologia, também é pseudociência por causa da forma como é abordada, mas a parapsicologia é uma ciência legítima, não há dúvida, e deve continuar. Ela está em uma posição desafortunada.

Ela está por aí há coisa de 120 anos, não necessariamente com o nome de parapsicologia, mas a pesquisa direcionada nesse sentido existe há mais ou menos esse tempo.

Quando converso com parapsicólogos eles geralmente dizem: "Bem, eu ainda acho que tem algo ali", apesar do fato de eles ainda não terem tido uma experiência bem

sucedida, em mais de um século, que tenha sido reproduzida. Estranho! No meu entender, é muito parecido com ser médico por 120 anos e todos os seus pacientes terem

morrido. Depois dos primeiros trinta anos, você não começaria a pensar que deveria procurar uma linha de trabalho diferente? A arqueologia psíquica é algo que está

chamando atenção de novo e eu não vou entrar nesse assunto. A pesquisa sobre a onda cerebral na Rússia também é pseudociência, apesar de excelentes pesquisas estarem

sendo feitas naquele país, já há algum tempo. Eles realmente fizeram muito em alguns pontos. Na parapsicologia, no entanto, eles não conseguiram nada além do que

o resto do mundo conseguiu. Ou seja, nada.

Mas a pseudociência é equipada para parecer-se com ciência. E isso que a torna diferente da ciência esdrúxula. Eles têm avental - isso é muito importante - de preferência não muito limpo, com alguns buracos feitos por ácido. Publicam longos ensaios, 40% do ensaio será de notas de rodapé. Isso legitima o ensaio e há sempre mais referências do que texto: isso é muito importante. Há várias notas, feitas por pessoas que podem não saber nada sobre o assunto, mas têm títulos. Há muita instrumentação. Na verda-

#Ciência e pseudociência _____ 195

de, a instrumentação está sendo cada vez mais envolvida. A instrumentação que vimos na Rússia foi muito grande quantitativamente, mas aplicada das formas mais estranhas.

Eles me amarraram com arames, de cabeça para baixo, com todo tipo de pequenos sensores e disseram que se eu olhasse na tela daquele computador Appe, provavelmente

conseguiria fazer o ponto se mover e, rapaz, eu consegui. Consegui fazê-lo mover-se segurando meu fôlego, ou apertando a direção, subrepticamente, é claro, nas

minhas costas, daquela forma enganosa que nós mágicos temos, e inclinando-me para a frente em minha cadeira. Muitas coisas fizeram com que o ponto se movesse. Poderia

ter escrito meu nome na tela com o ponto e eles se convenceriam de que eu tinha maravilhosos poderes psíquicos. A coisa toda apresentou-se de forma tão forte que

quando um carro passava na rua, ele ficava fora da escala. Isso é pseudociência.

Mas então, ciência esdrúxula. Esse é um campo muito mais rico. Nem a pseudociência nem a ciência esdrúxula têm qualquer conclusão legítima, mas ocasionalmente a

pseudociência desenvolve uma ciência real; porém, no caso da ciência esdrúxula, não há muita esperança. A comunicação facilitada é o mais recente entusiasmo da psicologia,

junto com essas memórias da infância que trazemos à tona, de bebês caindo por toda a parte, feridos a baioneta, bebendo seu sangue e coisas assim - absolutamente,

totalmente sem sentido, é claro, mas muito, muito danoso.

A comunicação facilitada, para aqueles que podem não estar a par desse último assombroso desenvolvimento na ciência, é pegar a mão de uma criança autista e guiá-la

por um teclado para digitar as respostas. Infelizmente, alguns testes que fiz na Universidade de Winsconsin, em Madison, indicaram que não havia nada demais nisso,

pelo menos naquela ocasião, naquelas circunstâncias e com aquele exemplo. Sentei lá com algumas crianças autistas, vendo os facilitadores segurarem as mãos delas

e digitarem as respostas, respostas muito bem escritas e pensadas e, infelizmente, as crianças digitavam tão bem quanto o facilitador conseguia. Pensei que havia

uma conexão em algum lugar e acontece que quando o comunicador não sabia a resposta, a criança também não sabia.

Na verdade eu tinha sido chamado lá, acredite ou não, para descobrir se as crianças autistas eram telepáticas ou não. Agarrei a chance, é claro, e o problema era

que havia uma criança em um lado da sala que não havia se encontrado com a criança do outro lado da sala; apesar disso, o facilitador chegava a essa criança e dizia:

"Pense na palavra cesto, cesto", e mostrava para ela escrito, "Você vê, cesto!" então ia para o outro lado da sala e dizia, "Em que aquela criança está pensando?"

Dê-me sua mão", e a criança digitava "Cesto". Não é impressionante? Eu não tenho nenhuma explicação para isso!

A cura pela fé é outro exemplo de ciência esdrúxula, que aparentemente vem com muitas provas empíricas, as quais, quando realmente testadas, não funcionam. Movimento

perpétuo, energia livre. Você precisa ser muito cuidadoso com o movimento perpétuo, e isso é porque não querem chamar de movimento perpétuo. Eles sabem que isso

não funciona, então eles chamam de energia livre. Você vê, você liga a máquina e a conecta a uma máquina que carrega as baterias que fazem as máquinas funcionar.

#196 _____ames Randi

Está acompanhando? É chamado de raciocínio circular. Um homem chamado Joe Newman levantou 17 milhões de dólares, em parte, por meio do Conselho de Transporte e Energia

do Mississippi, e conseguiu a assinatura de trinta Ph.Ds para verificar que a máquina dele realmente gera

bem a energia do que recebe. Atualmente ele está processando o Departamento de Patentes em Washington e diversas outras pessoas por não reconhecerem o valor de sua maravilhosa invenção.

A ciência da criação, é claro, é um exemplo perfeito de ciência esdrúxula. Agora, a ciência esdrúxula depende de algumas coisas para dar certo. Em primeiro lugar,

do apelo à autoridade: as Escrituras Sagradas, divinamente inspiraram documentos de vários tipos ou, por exemplo, Joe Newman apela para Maxwell. Em sua adolescência,

quando Maxwell tinha dezesseis anos, ele escreveu uma espécie de pequeno ensaio sobre vórtices eletromagnéticos e mais tarde renegou-o quando pensou melhor sobre

o assunto, e amaldiçoou seus próprios escritos, de forma razoável e correta, mas Joe Newman diz que ele foi forçado a fazer isso, é claro, pelas companhias petroleiras,

então ele se baseia nas escrituras de Maxwell de quando ele tinha apenas dezesseis anos.

Na parapsicologia encontramos litígios especiais e exceções especiais o tempo todo. Uma das principais obras de argumentação que foi levantada há algum tempo no

campo da PÉS (ou seja, no campo da parapsicologia) teve origem em Bath, Inglaterra, com dois sociólogos que eram parapsicólogos no seu tempo livre. Eles vieram

com essa maravilhosa peça de argumentação. Disseram que, uma vez que as forças psíquicas trabalham para frente e para trás no tempo, e não têm qualquer diminuição,

a lei do inverso do quadrado não se aplica à PÉS. Ela funciona igualmente bem a qualquer distância, você tem transmissão perfeita, uma vez que trabalha para frente

e para trás no tempo, e que esse era o motivo por que não havia ensaios de pesquisa positiva publicados em parapsicologia. Então argumentaram: se fizessem alguma

pesquisa que provasse que essas forças existem, poderiam então escrever um ensaio, o ensaio poderia ser publicado em um periódico científico e aí alguém como James

Randi o leria. Ele mandaria vibrações negativas que voltariam no tempo para a ocasião do experimento e o experimento não funcionaria. Agora, se isso mudaria os resultados

no ensaio publicado ou se haveria simplesmente espaços em branco no periódico, eu não tenho certeza, mas é algo para se pensar, não? Não por muito tempo. Não gastaria muita energia com isso.

Os cientistas esdrúxulos também apelam para substâncias e dispositivos secretos, que não podem revelar, trancados em caixas lacradas e coisas assim, e a teoria de superpoder que eles têm, ou o requisito, devo dizer, é que se deve acreditar na teoria deles antes, e depois testemunhá-la em ação. Se você acreditar nela primeiro, isso deve capacitá-lo, de alguma forma, a observar melhor os resultados. Agora, antes de ir adiante, devo relatar o seguinte. Recebi diversas perguntas sobre esse senhor Uri Geller, que veio de Israel há alguns anos e foi para o Instituto de Pesquisa de Stanford, na Califórnia, e causou muita sensação quando aparentemente conseguiu dobrar uma colher com o poder

#Ciência e pseudociência_____197

de sua mente. Agora, aí está uma profissão para você! Ele atualmente está me processando em 30 milhões de dólares, que não é um valor realista para me processar.

Bem, ele está perdendo a causa, tenho o prazer de anunciar, e está se preparando para pagar tudo, e essa é uma situação que julgo boa para mim. Devo dizer que, uma

vez que ele afirma poder dobrar as colheres com o poder divino, tenho descoberto muitas formas, assim como descobriram todos os feiticeiros, mágicos, charlatões, se você quiser, para dobrar a colher sem poderes divinos e com a mesma eficiência em todas as formas. Na verdade, quando o vemos fazendo isso no vídeo, é impossível

separar o método divino do método do truque. Então, se ele está fazendo por meios divinos, eu só posso dizer isso a ele: "Sr. Geller, o senhor está fazendo da forma mais difícil".

Agora, por que temos ciência esdrúxula e pseudociência? Há diversos motivos. Em primeiro lugar, os editores simplesmente adoram livros que sustentem essas coisas.

The Secret Life of Plants (A Vida Secreta das Plantas) fez milhões para um homem chamado Cleve Backster, há alguns anos. Era nesse livro que você prendia uma planta

(uma Dieffenbachia é boa o bastante para ser usada) com um polígrafo, colocava pequenos eletrodos e ficava ali ameaçando queimar a planta, então o polígrafo descia

na escala. Isso não é maravilhoso? Não sabia que as plantas tinham um sistema nervoso central, mas aparentemente estou errado em minha hipótese, e todos os botânicos

estão errados também, mas isso consegue muita publicidade. Na verdade, eu realmente não caí nas graças do público até ele fazer seu experimento final. E, mais uma

vez, não me culpem por isso, esse é o experimento dele, não meu: ele descobriu que se você pegar dois potes de iogurte (não riam, isso é Ciência) e conectá-los com

um fio, e depois acender um cigarrinho, o que é uma perda de um bom iogurte, em um dos potes, o outro iogurte reagirá ao polígrafo, mas só se os dois potes de iogurte vierem da mesma cultura. Isso é muito importante. E foi essa a conclusão dele, acreditem ou não. Nesse ponto ele perdeu alguns seguidores na comunidade científica!

Os editores têm orgulho, como digo, de livros assim e do circuito de palestras. Jeane Dixon consegue honorários muito altos. Ela ganha 20 mil dólares por palestra e os auditórios cam lotados. Dispensam pessoas todas as vezes. Agora, vamos dar uma rápida olhada nos registros dela. Em primeiro lugar, em cinco anos ela fez 364

previsões que foram devidamente registradas. São as públicas, não as que ela murmurou em festas. Trezentas e sessenta e quatro previsões. Adivinhe quantas estavam

certas? De 364 em cinco anos, quatro estavam certas e uma delas foi a previsão de grandes avanços médicos neste ano! Jau! Como ela sabia? Agora, isso é um gênio

para vocês. Quatro de 364 é um pouco melhor do que 1%. Não acho que seja o bastante para fazer diferença em uma corrida. Mas Jeane Dixon ainda é a grande profetiza

de todos os tempos. Ela diz que previu o assassinato de Kennedy, certo? Errado. Ela disse, em primeiro lugar: "Ele nunca concorrerá ao cargo de presidente dos Estados

nidos". Ele decidiu concorrer. Ela disse: "Bem, ele não vai ganhar", e ele ganhou, e ela disse: "Provavelmente ele vai morrer, ou no escritório ou logo depois de sair do escritório", porque ela estava seguindo a maldição de vinte anos que afligia a todos os presidentes!

#198 _____ James Randi

Foi anunciado na televisão que temos duas novas séries paranormais que estrearão nas principais redes neste ano e todos vão engoli-las, é claro. Bibliotecas? Ah,

as bibliotecas são muito seletivas com o que colocam em suas prateleiras. Em Vancouver, Canadá, contei recentemente 41 títulos a favor de OVNI, nenhum contra. Nenhum.

Nada de Phil Klass, nada de James Oberg, nada de pessoas que criticaram seriamente a assim chamada pesquisa de OVNI, mas 41 dizendo que é absolutamente verdade.

Em Washington, D. C., nenhum dos meus livros está no sistema da biblioteca. Nenhum deles mesmo. E quando perguntei sobre isso, me disseram que "o Sr. Randi tem um

mau comportamento". Sim, eu tenho. Há uma porção de Edgar Cayce lá. Ele é o homem que previu que Nova York afundaria sob as ondas há vinte anos.

Isso não aconteceu,

então o livro não está mais em circulação. Tiramos de circulação: ele não serve.

Na TV há um programa chamado *Obscure and Erroneous Mysteries* (Mistérios Obscuros e Errôneos) - sinto muito, foi o nome dado por outra pessoa para *Unsolved Mysteries*

[Mistérios não Solucionados]. O *Unsolved Mysteries* vive me ligando. Eles só me ligam quando há um novo pesquisador que não me conhece. Chamam-me e dizem: "Gostariamos

de umas informações e tal e coisa", e eu digo: "Ah, sim, já foi

resolvido. E isso é aquilo". E fica um longo silêncio no telefone e

depois: "Não acho, Sr. Randi,

que possamos usar essa opinião. Sinto muito". Por que não? E Unsolved Mysteries lembra? Eles só querem se não for solucionado. Não me ligam muito mais. Alguns anos atrás, 20/20 ligou-me. Estavam fazendo uma peça sobre cirurgia psíquica. Gastei mais de quatro horas ao telefone com eles, mandei várias horas de fita gravada e incontáveis materiais. Assisti ao programa algumas semanas depois; não usaram uma palavra do que eu enviei a eles, mas usaram todo o material a favor da cirurgia psíquica. Queriam que funcionasse, porque é o que as pessoas querem ouvir. Se é verdade ou não, não faz muita diferença para eles. Costumava trabalhar para a revista Omni, escrevia colunas para eles e artigos especiais. Então, o editor chefe falou que a coisa paranormal era muito melhor do que a coisa antiparanormal e, de agora em diante, sem atitudes céticas. A edição seguinte saiu com Pernas de sapos telepáticos, na capa. Vi que aquilo era demais e pedi demissão.

Agora, algumas das coisas com as quais eu lido são bastante desapontadoras. Às vezes preciso destruir a crença que as pessoas têm em algo, ou pelo menos colocar alguma dúvida sobre elas. São como patos de borracha e sempre pulam de volta. Não há nada que se possa fazer para desencorajar o verdadeiro crente. Por enquanto podem dizer, sim, bem, talvez eu não tenha essa aura ou qualquer coisa que o valha, mas basta dar alguns dias para eles e eles recuperam a força. Meu amigo, Dick Smith, que é um milionário muito conhecido na Austrália, patrocinou alguns testes de busca de água com a varinha rbdomântica, há alguns anos. Enquanto está vamos lá, preparamos uma série de testes, como fiz em muitos países no mundo, para testar a varinha bifurcada, ou o pêndulo, ou os fios que sustentavam o carvão, ou qualquer coisa que o valha. Algumas pessoas praticam a rbdomancia com as mãos. E fizemos isso em Kassel, Alemanha, há dois

#Ciência e pseudociência _____ 199

anos, um conjunto bastante definitivo de testes que, é claro, provou que a lei das médias funciona bastante bem, mas a rbdomancia não. com os testes que fizemos com Dick Smith na Austrália, nós tínhamos onze rbdomantes e os colocamos em pé no escritório, sob a câmera de vídeo, e Dick perguntou a eles: "Agora que todos vocês falharam quando disseram que teriam 100% de resultado, vocês mudaram de opinião? Eu gostaria de ver, por um aceno de mão, quantas pessoas ainda acreditam que eles são rbdomantes?" Das onze pessoas, dez levantaram as mãos e uma não. Perguntamos a ele o porquê, e ele disse: "Bem, preciso pensar mais sobre o assunto. Agora tenho as minhas dúvidas", e Dick ficou estático. Ele disse: "Um em onze. Esse é o melhor resultado que já tive ao tentar converter as pessoas. Na verdade, eu nunca vi nenhum convertido!" e eu disse: "Dick, dê uma semana para eles". Bem, não levou uma semana; foi no dia seguinte. Dick me chamou e disse: "Sim, ele decidiu que foi porque Júpiter estava em Sagitário e

isso é sempre um mau sinal para ele". Incidentalmente, eles responderam àqueles testes novamente em Perth, em outra parte da Austrália, com as pessoas que conseguiram as mais altas pontuações, que ainda não eram altas o bastante para qualificá-las, e tiveram menos êxito ainda.

Agora, às vezes me perguntam, por que o senhor faz isso, Sr. Randi? Bem, eu faço isso porque estou tentando informar. Eu acho que esse deve ser o trabalho de um instrutor, tentar informar. Sinto-me muito parecido com o homem que vê alguém ser atropelado, e como não é um médico, não tem treinamento médico, imagina o que poderia fazer. Bem, penso que a coisa razoável a se fazer é tirar a pessoa do meio do trânsito e pedir ajuda médica, e isso é essencialmente o que estou fazendo.

Estou dizendo, talvez você esteja sendo enganado ou traído, ou talvez você tenha uma ideia errada e eu posso dar uma ideia diferente sobre ela. Agora, se essa pessoa quiser voltar e brincar no trânsito e ser atropelada uma segunda vez, tudo bem. Talvez eu o arraste uma segunda vez, mas não uma terceira, acredite. Afinal, aquela pessoa decidiu brincar no trânsito e ser machucada. Tudo que faço é oferecer a minha ajuda.

Mas por que a mágica é tão popular? Por que o pensamento mágico é tão popular? Bem, por alguns motivos. Em primeiro lugar, a religião, para mim, é uma forma desse pensamento mágico. Ela tem respostas fáceis e são respostas positivas. Elas não têm se e mas, ou porcentagem ou probabilidades estatísticas. Elas são absolutamente positivas, 100%, isso é certo, e sempre será, sempre foi, amém. Não há pensamento crítico envolvido. Já está escrito no livro. Você não precisa pensar. Você não precisa julgar ou avaliar. Está lá. Eles estão dizendo: "quero algumas regras com as quais possa viver e as regras que conheço estão totalmente estabelecidas. Não quero precisar pensar sobre o assunto". Cem por cento de certeza é o que as pessoas buscam e o nosso mundo não é feito dessa forma. Ele simplesmente não funciona assim; nunca funcionou e nunca funcionará. Tudo que fazemos é tentar tirar as melhores porcentagens que conseguirmos.

Certa vez, havia uma mulher em uma palestra. A doce alma estava sentada na segunda fileira e quando cheguei ao fim de minha palestra e disse: "Agora teremos as perguntas e, tomara, as respostas". Ela levantou a

#200James Randi

mão e eu disse: "Pois não, senhora". Ela se levantou e expôs alguma coisa que disse ter acontecido a um parente dela na Escócia, há muitos anos, e eu disse: "Bem, eu não estava lá, você não estava lá, aconteceu em 1902, já tem bastante tempo, mas posso dar uma opinião sobre o que pode ter acontecido nessas circunstâncias", e eu comecei a falar. Ela balançou a cabeça, pareceu meio confusa e sentou, mas imediatamente se levantou de novo. Eu disse: "Sim, a senhora tem outra pergunta?"

Ela disse: "Descobri qual é o seu problema, Sr. Randi". Eu disse: "Bem, não conte para todo mundo! Tenho uma porção de problemas que não gostaria de ver ventilados!"

Ela disse: "Ah, não. Seu problema básico eu descobri qual é". Eu disse: "Bem, então divida-o conosco". Ela disse: "O senhor tem uma obsessão excessiva pela realidade".

O público riu e ela olhou ao redor e sorriu, como que dizendo "Eu o peguei, não?" Eu parei por um minuto e disse: "Estou pensando, estou pensando! Sim, acho senhora, que a senhora provavelmente tem toda razão". E ela disse: "Eu imaginei", e ela sorriu e o público riu de novo. Eu tenho certeza de que aquela mulher ainda conta a história de como colocou James Randi no lugar dele.

O próximo a falar, ou a questionar, devo dizer, ficou em pé no fim do auditório e eu disse: "Sim?" e esse homem disse: "Ah, antes de o senhor sair essa tarde, acho que a pergunta mais importante é: o senhor poderia dar-nos um bom número para a loteria?" As vezes você simplesmente não atinge seu público, percebeu?

Para encerrar, preciso dizer que há esperança. Há muita esperança, é claro. Mostrei diversos aspectos negativos do que acontece no mundo da pseudociência e da ciência esdrúxula e da má informação. A mídia, considerando-se tudo, nos abandonou. Ela foi atrás de sensacionalismo porque vende. O sensacionalismo lhes dá pontos e vende os livros, mas há muita esperança. Coisas tal como o novo livro chamado How to Think about Weird Things Como Pensar Sobre as Coisas Fantásticas), que é direcionado a públicos calouros e sofômanos e é realmente excelente.

Então temos o Comitê para Investigação Científica de Alegações de Paranormalidade, e essa é uma das muitas organizações céicas espalhadas pelo mundo hoje em dia que

fazem um trabalho muito ativo em tentar agir como fonte de informação para a imprensa, para a mídia e para o público, e estão fazendo um trabalho maravilhoso. Seus periódicos são distribuídos no mundo todo, com uma circulação bem grande. Muitas bibliotecas têm exemplares - não em Washington, D. C., você pode apostar. Então, há esperança nesse sentido.

O próprio programa Nova sobre PBS - praticamente reverencio esse programa; não consigo dizer como me sinto ao ver a logo do ova aparecer na tela no dia em que seu programa está sendo transmitido e saber que você estará nele. Que excitação! Nada superou isso na minha vida. Realmente ganhei o meu dia; ganhei a minha vida.

E há algo mais acontecendo para nós. Eu tenho certeza de que todos vocês sabem o que é. É Carl Sagan.

#14

O ensino da ciência em uma democracia

PHILIP MORRISON

nstituto de Tecnologia de Massachusetts

Peritos e proprietários alodiais

Há quase cinquenta anos, um talentoso antropólogo veio para Cornell:

Allan Holmberg. Tornou-se meu amigo e quase um herói para mim. Morreu há alguns anos, no meio de seu trabalho. Escreveu um belo livro etnográfico, entre diversos

documentos; seu livro de 1950 chama-se Nomads of the Long Bow (Nómades do Longo Arco). Ele falava sobre um povo extraordinariamente isolado e estranhamente situado,

caçadores-catadores na úmida floresta boliviana no afluente do Amazonas. As lendas que contavam e o que os vizinhos sabiam deixava claro que foram empurrados para lá, alguns milhares de pessoas em centenas de bandos, vagando por alguns séculos na floresta tropical em circunstâncias cada vez piores: mais pântanos e menos terra, muito menos proteína, condições de vida muito mais duras, até que, à beira da fome foram buscar alimentos.

É claro que, então eram bastante hábeis; conseguiram uma linguagem cifrada baseada em pios de animais; assim podiam comunicar-se subrepticamente na presença de adversários ou de uma presa tímida. De suas canoas nos rios, os primeiros exploradores Jesuítas viram, de relance, esses transientes e ouviram os chamados dos pássaros, mas nunca uma palavra, nem um grito ou chamado familiar, e presuíram que esse povo não tinha linguagem. Essa afirmação inspirou Holmberg, como estudante graduado em Yale, a sair para buscar esse povo único; quais eram os sonhos deles?, perguntou.

Certamente era uma noção bizarra a de que fossem humanos sem linguagem, que falavam apenas por meio de pios de pássaros. Isso só acontecia #202 _____ Philip Morrison

quando alguém - que não conhecesse a verdadeira fala deles - estava ouvindo. Nesse século, eles já tinham feito algum contato externo; trabalhavam como itinerantes nas plantações às margens da floresta sempre que precisavam. Holmberg pôs na cabeça que ia visitá-los e foi. Em duas ocasiões ele passou mais ou menos um ano entre eles nos pântanos, primeiro para fazer a investigação de campo que deu origem à sua tese, e um ano ou dois mais tarde por causa da Segunda Guerra Mundial.

O lugar era distante: quando Allan ficou lá pela primeira vez, só ouviu falar da guerra na Europa seis meses depois. Os únicos estranhos a entrarem no território, em algum número, foram os seringueiros atrados pelo pagamento extra por borracha natural, sob a intensa demanda de tempos de guerra à época. Eles vigiavam todos que vinham de longe da floresta tropical. Infelizmente, esses insensíveis homens da fronteira, tentando ganhar a vida de forma arriscada e selvagem, não eram tolerantes com o pequeno povo silencioso com dardos envenenados e tendiam a atirar neles quando os viam.

É evidente que isso precipitou a guerra aberta entre os dois grupos exploradores do lugar, uma guerra detestável que chegou a impedir a retirada da borracha. O jovem

Holmberg aceitou a incumbência de voltar à floresta, fazer contato com seus amigos, os siriono, cujo idioma ele falava à época, e tentar negociar uma trégua. Não

atirariam mais neles se, por sua vez, eles não jogassem mais dardos nos seringueiros. A trégua funcionou bastante bem.

Os siriono tinham uma tradição espantosa, que devo resumir em apenas algumas palavras. Contavam a história, na qual quase chegamos a acreditar, de que os seres humanos algum dia souberam fazer fogo, mas que tinham esquecido há muito tempo! Bem, é claro que eles eram esses humanos que haviam esquecido, ou pelo menos deixado a habilidade

de lado, como impraticável, porque viviam em circunstâncias nas quais a maioria do material vegetal estava encharcada de água. Era quase impossível acender uma fogueira com sementes ou terra; seria mais fácil ter fogo simplesmente mantendo a fogueira sempre acesa.

A necessidade deles nada tinha a ver com a caça de animais selvagens, ou com fogueiras para assustar os predadores. O fogo ajudava a alimentá-los, aumentando a variedade

do que podia ser comido, especialmente proteínas. Na verdade, todos compartilhamos desse hábito; a carne crua não é um atrativo para a maior parte das pessoas. Esse

povo em um mundo com pouca proteína e muita água valorizava qualquer coisa que contivesse proteína, mesmo que não tivesse gosto bom ou pesasse apenas alguns gramas.

Insetos, bem como a casca de seus ovos, teias de aranha, mesmo uma pele solta poderia se tornar digerível, até gostosa, desnaturando todas as resistentes e incomuns proteínas.

Portanto, o fogo era muito importante para eles: sem fogo, sem muita comida boa. É claro que eles não morreriam de fome se perdessem seu fogo perpétuo, porque durante

suas andanças logo encontrariam outro bando para dividir o fogo com eles. Havia apenas uma profissão entre os siriono:

mantenedor especializado de fogo, que carregava pequenos pedaços de carvão brilhantes em um longo tronco ardente. Esses mantenedores geral-
_____ O ensino da ciência em uma democracia _____ 03

mente eram mulheres respeitáveis, saudáveis e fortes, e nas quais se podia confiar que fariam tudo de que qualquer pessoa precisasse. Desde que o mantenedor do fogo

não caísse em águas profundas, o grupo podia contar com fogo utilizável. Havia um senso de verdadeira responsabilidade, e para preenchê-lo eles tinham uma técnica

especial, não muito elaborada, mas importante como uma tarefa de alta responsabilidade. O xamã tem uma longa e complexa história entre muitos povos que procuravam

alimentos, como psiquiatra, curandeiro, gerente da vida selvagem, sacerdote; uma divisão prévia do trabalho, toda a especialização nas mãos de alguns poucos homens

ou mulheres. Mas os siriono não tinham xamãs, nenhum perito, exceto os que zelavam pelo fogo.

O próprio modelo de Thomas Jefferson para sua nação - agora nossa foi notável. Ele foi conquistado pela independência da firme e autoconfiante família de fazendeiros,

que era maioria nos Estados Unidos à época. O proprietário alodial e sua esposa moravam em sua própria terra com os filhos, a família e os animais, uma rotatividade

de campos de grãos há muito desenvolvida, um terreno coberto de madeira para combustível e a floresta por perto para material de construção, sem ser propriedade

de ninguém. Faziam um pouco de comércio da produção da fazenda em troca de sal, cerâmica, utensílios de ferro, fibras e pêlos serviços do moinho de grãos, talvez

também alguns livros e jornais, todas as necessidades que sua terra não supria, e eles aceitavam o dízimo da igreja e os impostos do Estado. A espinha dorsal do

proprietário alodial é a imagem da descrição jeffersoniana da nação. De alguma forma, a América - não importam as cidades e as fábricas que estavam em franco crescimento - seria a terra dos independentes. Jefferson estava errado sobre o crescimento da indústria, um processo que ele esperava que tivesse continuidade principalmente na Europa; e a escravidão também deu a ele uma visão errada. Mas os proprietários alodiais ansiavam por escolaridade em símbolos, palavras e texto. É algo que a família não podia fazer por si mesma. Ela não podia improvisar a Bíblia ou a Constituição, na fazenda. Conheciam muito bem, por sua rica experiência, a vida e a morte, o crescimento e a mudança, a Lua e as estrelas, as correntes nas enchentes bem como o refluxo e o isolamento pelo gelo, as estações das terras verdes e das terras invernosas. O conhecimento da Natureza estava gravado na memória do velho e pela rica experiência diária para o jovem; o jovem sabia bem o que era lugar comum, e o velho sabia como lidar com as infreqüentes emergências graças a um século de memória familiar e de boa vizinhança. O modo de vida deles era notável, com poucos especialistas. Os três rs

Eles não tinham símbolos. Assim sendo, buscavam aprendizado na leitura, na escrita e em um pouco de aritmética; era isso que as escolas deveriam ensinar. Ler e escrever estavam a serviço do Estado e da religião, dois grandes sistemas de crença não impostos às pessoas, apesar de aceitos

#20 _____ Philip Morrison

pela maioria. Só eram percebidos quando as escolas ensinavam a palavra escrita e impressa. Algumas compras e vendas, e a contagem dos votos, significavam aritmética para todos. Essas eram tarefas da escola de Abe Lincoln, a escola da república jovem, e a tarefa para a qual as escolas foram fundadas, pelo menos nas fazendas onde a maioria dos americanos vivia e trabalhava.

No pequeno mundo dos siriono todo mundo conhecia pessoalmente o especialista, o mantenedor do fogo. O indispensável know-how do perito estava sempre à mão, sem dificuldade alguma. Entre os milhões de famílias da América de Jefferson, também não faltava aos proprietários muito conhecimento especial, exceto pelo trabalho do clérigo e de advogados, e talvez do ferreiro local. A leitura trouxe a parte mais difícil disso, em essência, a todo mundo, embora poucos pudessem visitar a capital ou conhecer algum legislador que não fosse o local. O conhecimento do especialista era considerado importante e aberto no nível do acesso para todos (mais uma vez, a escravidão negou o sonho democrático). Poucos persistiam até virar ferreiros ou moleiros, advogados ou clérigos, apenas uns poucos.

Mas hoje vivemos em um mundo de alta ciência e suas altas e baixas aplicações, cujos muitos adeptos podem mudar nossas vidas de uma hora para a outra. Uma democracia pode esperar um consenso amplo e informado apenas se essa experiência e conhecimento especiais também forem amplamente abertos no nível do acesso. Não são as mudanças

no conhecimento específico que precisam ser urgentemente compartilhadas; são os meios pelos quais os adeptos chegam a seus novos conhecimentos específicos, dignos

de créditos, que são a lição urgente e durável.

Símbolo-rico; experiência-pobre

Vivemos em um mundo muito diferente agora, um mundo onde as imagens brilham por horas a taxas de mega-hertz, em milhões de telas de televisão; onde o papel impresso

rola pelo chão como folhas no outono, e então os cabos e antenas parabólicas trazem ainda mais símbolos bem para dentro de muitos lares.

Temos uma corrente de símbolos

baratos. Os símbolos não parecem tantos em demanda como eram nos dias de Jefferson; mas, na verdade, as escolas ainda estão presas à instrução simbólica. E assim

que elas vêm a principal tarefa delas.

A visão conservadora da educação insiste nessa tarefa central dentro e fora das escolas, porque os símbolos são muito úteis e muito baratos.

Essa é a principal razão

para a dispersão dos dias de hoje. Se custa um dólar ou dois mandar uma mensagem por milhares de anos-luz, como Paul Horowitz nos disse, imagine como custa pouco

cada espectador ver essas maravilhosas imagens que Carl pode exibir para vinte milhões de aparelhos de uma vez só. Custa muito pouco e é estranhamente novo. Acredito

que é um elemento essencial por trás do reconhecimento amplo de que as escolas não estão conseguindo atender às demandas atuais. Elas não disseminam experiência,

mas símbolos; agora, em demasia.

_____ O ensino da ciência em uma democracia _____ 05

A ciência salienta-se na sociedade hoje em dia, não porque controla o pensamento ou porque controla a forma como as pessoas se comportam, mas porque a tecnologia

corrente, cada vez mais fundamentada na ciência, implica mudança social e econômica.

A mudança rápida é o principal problema em nosso tempo de aceleradas modificações. O que você aprendeu há dez ou vinte anos não é muito útil hoje. As bases da vida

cotidiana, social, econômica e técnica mudam rapidamente e você é bastante induzido a tomar parte nessas mudanças. É claro que essas mudanças implicam uma série

de decisões vitais.

As decisões sociais, trazidas à democracia pelo consentimento dos governados, não serão alcançadas principalmente pelo ensino da substância mutável de cada conflito.

A substância, que tipo de usina elétrica ter, ou qual droga dispensar, é complicada, específica, detalhada e nem mesmo bem entendida à época em que se busca a decisão

pública. Deve ser feito algo mais; devemos ir mais a fundo. A maioria das pessoas concorda com isso. O que precisamos é de um exame mais profundo da matéria, de

suas bases, da natureza das reivindicações, que seja amplamente feito nas escolas.

Pode-se responder à mudança social, técnica e econômica com o que eu chamaria por um nome um pouco pretensioso, epistemologia aplicada. Acho que é sobre isso que

as pessoas têm falado aqui nesses dias. Pondo em palavras muito mais simples, como sabemos o que sabemos? E a evidência e a provável inferência da prova que são o assunto da ciência.

A menos que se saiba alguma coisa, não se pode exemplificar evidência, não se pode dizer como sabemos o que sabemos. Não é simplesmente estudo metodológico. Deve ser feito por meio da própria substância, por meio de exemplos. Há uma necessidade de alguma amostra na tabela, um sapo, ou uma máquina, ou uma tabela de dados, ou até mesmo uma ideia, mas alguma coisa para ser debatida e examinada por si mesma.

É a favor disso que precisamos falar: o sine qua non concreto. Isso também é uma experiência. É participativa, consistente não apenas com nossos pontos de vista democráticos, mas consistente com um crescente corpo de entendimento sobre os seres humanos, que aprendemos não só, talvez nem principalmente, por meio de cuidadosas formulações claramente repetidas. Não, precisamos de uma experiência mais rica: algumas tocam no afeto. Devemos gostar das pessoas, como das palavras, fazer mais humor com elas, apreciar as circunstâncias, visões maravilhosas, ou sons, ou movimentos, ou toques. O que muitos chamam de o fluxo de eventos deve, por si mesmo, trazer uma recompensa, não simplesmente aquela excelente pepita de ouro moral ao final quando se aprende alguma coisa.

Precisamos de mais. É por isso que não acho que se possa fazer uma boa abordagem de outra forma.

É necessário colocar as mãos, os olhos, a mente, tornar-se amigo de alguma coisa. Pode ser um pouco abstrato. Não digo que não podia ser números primos; não digo que não poderia ser o refugio do dia. Os dois são veículos adequados para uma abordagem epistemológica: como sabemos o que sabemos. Mas precisamos ter algum veículo.

#206 _____ Philip Morrison

A matéria por si mesma

A ciência tem uma propriedade maravilhosa, a imperfeição. (Suas imperfeições são as partes mais interessantes). Ela dispõe de uma rede muito abrangente. Você pode

ir de quase qualquer nó da rede para qualquer outro nó, mesmo se por caminhos tortuosos; mesmo que caia aqui ou ali; essas lacunas estarão onde a novidade e o interesse

estão. Não estou falando a favor de um currículo bem definido: o conteúdo pode mudar de acordo com as circunstâncias do dia, com o que as pessoas desejam, com

o lugar e a hora e as condições sociais, mudando à medida que a oportunidade muda e os interesses mudam.

As estrelas, mesmo no céu claro, durante o dia, são maravilhosas para se estudar. Um eclipse é um fenômeno maravilhoso, apesar de a maioria das pessoas na América

ver os eclipses pelas telas de TV, ao invés de olhar para céu. Isso é uma vitória dos físicos no interesse da saúde pública; eles me dizem: espero que eles estejam

certos. Em todo eclipse algumas pessoas ficam com a retina danificada para sempre, com alguma obscuridade no campo visual porque olham por muito tempo diretamente

para o Sol. Se você tem milhões de pessoas, você pode mudar isso fazendo com que elas quem em casa, então você acha que é útil. (Admito que a validade é discutível;

não estou convencido de que não estamos pagando um preço mais alto, se mais sutil, ao perder a visão da dramática realidade.)

Deixemos que todos os tipos entrem, a experiência escolar, os eclipses para os radiotelescópios, crisálidas para cromoterapia de DNA, dependendo da idade e do interesse. Um problema urgente vem junto com eles, algo a que as escolas dão muita importância, embora eu queira modificar o uso que elas fazem disso. Sim, a certificação do aprendizado

é essencial, mas a melhor forma de conduzir essa certificação não é escolher quadrados em um teste, nem por meio de algum teste mais astuto. Ela deveria ser mais interna ao candidato.

Essa é uma característica de todas as ciências. Muitas vezes pode-se confirmar a inferência observando uma experiência que a confirme ou rechace. Isso pode ser inesquecível para os jovens. Mesmo entre cientistas maduros, acho que o senso de certificação interna é urgente: o circuito funciona, o botão abriu logo, a cor apareceu, o esquilo pulou... Poderia listar um milhão de eventos, todos muito mais precisos e interessantes do que simplesmente marcar um X no quadrado que descreve o verdadeiro comportamento típico. A menos que façamos isso cada vez melhor, não traduziremos o subsolo da ciência em grande escala.

As metas para a Ciência - e também para a educação

Nas primeiras frases de um dos sérios ensaios de Nieis Bohr, ele destaca que a ciência não tem uma meta, mas duas. Ela busca as duas para ordenar o mundo e aumentar a experiência humana.

_____ O ensino da ciência em uma democracia _____ 207

A maioria das pessoas esqueceu isso. Elas dizem, e é verdade, que a ciência tem a meta de ordenar o mundo. Mas o filósofo, tanto quanto o poeta e os artistas, também

tem; a diferença é basicamente que a verdadeira ordem do mundo não é uma questão dada e passiva de colocar as coisas na caixa certa. Isso era bom há muitos anos,

quando as caixas eram poucas e o tumulto de um mundo de trabalho era grande. Agora as caixas são muitas e o tumulto do mundo aumentou muito por causa do conteúdo

mais profundo das caixas que foram ordenadas antes. O que são o rádio e a televisão, e sua torrente de dados, senão consequências da física de Maxwell, de Hertz

e de Helmholtz, de 120 anos atrás?

O mundo de Aristóteles tinha menos experiência para ordenar. Você não pode produzir as experiências nas quais agora nadamos - elas se tornaram prodigiosamente mais

importantes e poderosas - você não pode produzi-las ordenando nem mesmo o velho mundo de 1810. Não importa qual o filósofo que observe o mundo, ele não compreenderá

os problemas. Júlio Verne, que viveu à margem disso, viu que aconteceria algo como a telegrafia universal que traria os textos para dentro de casa, mas nem ele conseguiu

imaginar o vínculo de vídeo que agora vemos no mundo todo.

A ordem, na verdade, é ativa. Ela deve ser capaz de adaptar-se à novidade. Essa novidade testa a ordem acordada. Ela testa a ordem anterior. Ela determina a escolha de teorias, se elas ficam ou caem, dependendo se a nova coisa, que era desconhecida quando as caixas foram rotuladas, pode ser acomodada. Essa é, com certeza, a principal história do feedback da teoria para o experimento no nível da alta ciência, e creio que ela deve ser encontrada em todos os níveis da experiência.

As pessoas podem entender que o ar também é um combustível, um combustível absolutamente indispensável para as plantas. De cada dez libras de peso (4,5 kg) da planta, menos do que uma onça (28,3 g) vem do solo. Para cada cem libras (45 kg) de gasolina queimada em um motor, outras 150 libras (68 kg) ou coisa assim são liberadas no ar. As consequências que isso tem sobre o oceano de ar em geral é cada vez mais importante para os assuntos públicos, ainda muito mal entendidos. Elas são até mesmo ignoradas, exatamente da mesma forma que a ciência, em sua infância, precisou ignorá-las, até que nos séculos XVII e XVIII tornou-se bastante reconhecido que o ar tinha peso, que o ar tinha substância, que o ar tinha química, que o ar era um ator importante. Na verdade, a explicação do trabalho de nossos pulmões é da

mesma data. Os gregos tinham teorias muito estranhas e insustentáveis sobre o que os pulmões estariam fazendo. Ar: você sente algo, mas não é uma substância, é?

É esse tipo de aprendizagem que, pela experiência participativa prévia, se

tornaria uma base para a política pública.

Peguemos um domínio completamente diferente. Em todo lugar, de Halifax até a Patagônia, nós, americanos, podemos dizer que vivemos no Novo Mundo. Agora, francamente,

nós não vivemos no Novo Mundo, por causa do que Colombo ou Leif, o Sortudo, fizeram para tanto. Aquele recente contato é quase outra fábula.

E uma parte importante

da história da Europa, sim, mas não é o motivo pelo qual podem nos chamar de Novo Mundo.

#20S _____ Philip Momson

Somos o Novo Mundo por uma razão clara, qualitativa, que não precisa de um argumento técnico para datar quando aquelas pessoas vieram, por um caminho ou por outro,

da Ásia para o Novo Mundo. Os nomes Novo Mundo e Velho Mundo não têm importância, mas eu acredito que os fatos tenham. Cento e poucos sítios antigos foram escavados

no Novo Mundo, onde encontramos ferramentas antigas, ossos antigos de humanos e animais, paredes ornamentadas, marcadas por ocasionais pictografias e gravações.

Nenhuma descoberta digna de crédito mostrou o trabalho manual dos antigos predecessores de todos os humanos agora vivos. Nenhum sítio conhecido em todas as Américas

oferece uma clara amostra do trabalho dos povos realmente antigos de outras espécies antes do Homo sapiens. Antigamente, quando a África, a Ásia e a Europa tinham

abrigo para nossos primeiros antepassados protohumanos, as Américas não tinham nenhum.

Quando os ancestrais de todos os americanos nativos vieram para as Américas, esse era um mundo que nunca havia ouvido a linguagem, conhecido ferramentas ou visto qualquer versão de sociedade humana. Esse era o Novo Mundo deles, o Novo Mundo pré-histórico. A Austrália teve uma história muito parecida. As datas mais antigas de ocupação humana na Austrália são, hoje em dia, um pouco anteriores às datas antigas atribuídas à América, em cerca de quarenta ou cinquenta mil anos. Os primeiros australianos também foram Homo sapiens, como todos os humanos são hoje em dia em todos os continentes. O motivo está bastante claro: a queda dos níveis do mar, na era glacial, veio na época de nossos sábios ancestrais. Eles conseguiam viajar em canoas ou pelo litoral. Isso foi o bastante para nos colocar onde estamos hoje em dia, em todos os continentes, onde as primeiras formas de hominidis só podiam conhecer, e só conheciam, as partes mais amplas do hemisfério rico em terra.

Eu não sei como tornar a arqueologia muito participativa para as escolas, mas acho que isso pode ser feito. Em lugares afortunados, há algo a ser trabalhado e uma atividade bastante vigorosa para a reconstrução não é uma coisa ruim, se chegarmos lá e trabalharmos. Você tem uma pilha de lixo e precisa classificá-lo, e os produtores sérios colocaram uma seta ou duas para torna-lo mais interessante. Se isso for feito de forma honesta e apropriada, acho que é válido. Você também pode, com habilidade, tornar suas próprias ferramentas ainda mais interessantes.

Sobre a percepção

Deixe-me apresentar um tópico mais novo, ainda sobre o ensino. Ele segue minha afirmação de que a maior parte da ciência não passa de como sabemos que nós sabemos.

O início disso é saber como sabemos com nossos sentidos. É claro que é muito difícil agora, elaborar atividades de fronteira para a ciência, abordando seu crescimento notável por causa dos desenvolvimentos modernos. Precisamos de mais trabalho sobre a percepção humana, os principais elementos dela. Estendendo para o domínio do ensino secundário, chegamos ao domínio sintético do processamento da imagem

_____ O ensino da ciência em uma democracia _____ 209

digital, que tornará a imagem visual em ficção, tão certo quanto a cção que você escreve no papel ou em uma tela, com símbolos. Sem a extraordinária lembrança visual de que aquelas palavras inglesas não são a aventura, não são o navio, nem o vento, nem a criança, mas simplesmente palavras que falam sobre eles, mesmo o leitor mais experiente perderia pelo menos um pouco desse distanciamento. É por isso que o leitor é livre para parar, consultar outra página e até mesmo abrir outro livro.

Nada disso acontece no fluxo contínuo do movimento de imagens, ainda mais quando se é confrontado com imagens que aparentam continuidade. Se pudéssemos criar, sem emendas, essa miríade de situações nitas digitalmente, pixel por pixel, para adequar às nossas necessidades, estaríamos diante de um novo mundo.

Por enquanto, estamos em transição. Ainda é verdade que se você vir uma fotografia de Gettysburg e acreditar na autenticidade da fonte, sempre necessária (a falsificação não é coisa dos dias de hoje), você pode reconhecer coisas na fotografia que o fotógrafo não esperava que você visse: como as tendas eram feitas, ou o que está acontecendo ao fundo. Mas uma vez que você assiste ao vídeo da Lucasfilm, e Marilyn Monroe e Abraham Lincoln estão dando voltas na calçada, você sabe que há algo errado com a imagem.

Esse é só o começo mais tosco, talvez com cinco anos. Em dez ou quinze anos temo que o vídeo levará.. pelo país todo, imagens que são metade sintetizadas e metade reais. Quando não for deliberadamente mal usada, mas simplesmente entrar na corrente do senso comum, a única forma de se proteger é a que os habilidosos professores usaram, por muito tempo, para fazer a mesma coisa com os livros. Um público sofisticado sabe que os livros foram escritos por seus colegas, e geralmente errados, e podem ser melhorados, e serão melhorados na edição seguinte. Mas esse não é o caso da criança em idade escolar. O bom aluno geralmente acha que o livro diz a verdade. Está no livro; não pode estar errado ou, certamente, não é provável que esteja errado.

O melhor remédio contra isso é fazer com que as crianças façam seu próprio livro e então discutam sobre ele seis meses depois para ver o que é verdadeiro e o que

é falso. Isso traz uma clara visão sobre a qualidade humana de publicar livros, as decisões, as escolhas, o senso de integridade que é necessário. O mesmo se dá

com o movimento e as imagens complexas, animação do passado distante. A produção de imagens digitais deveria fazer parte do dia-a-dia acadêmico, assim como as letras

digitais (ASCII) fizeram há muito tempo.

Não quero deixar a impressão de que tudo é ruim e de que não tenha havido progresso algum. Seria um absurdo dizer isso em um livro em homenagem a Carl Sagan. Tivemos muito sucesso. Precisamos de mais.

Sucesso e fracasso

Atualmente, os sucessos são bastante caros para todo mundo. São raros na mídia de massa, mais frequentes em livros comerciais e brinque-
#dos. Um exemplo: A KJutz Press de Paio Alto publica livros notáveis, muitos, exatamente voltados aos estranhos adolescentes, alertas, ansiosos por aprender e ainda

assim desdenhosos da pompa e indiferentes às tarefas costumeiras. Eles lançam livros exatamente nessa linguagem e que ainda contêm não apenas material instrutivo

de leitura substancial, sério (com números), mas também os materiais para os experimentos contidos no livro, um após o outro, um prato de alumínio, uma bateria,

um pacote de arroz - então pode-se cozinhar a ração média de arroz dos países mais pobres. Esses livros fazem muito sucesso. Vendem edição após edição. Realmente funcionam muito bem.

Minha esposa Phylis e eu há muito revisamos os livros de ciências das crianças no Natal. Trabalhamos com os livros comerciais de ciência para crianças (isso quer dizer livros vendidos para leitores e não principalmente os recomendados por escolas como livro-texto) publicados em língua inglesa, principalmente nos Estados Unidos.

Agora acompanhamos cerca de 550 livros por ano. Quando começamos, em meados dos anos 1960, acompanhávamos trezentos. Dos trezentos, talvez 150 fossem um pouco complicados, cem fossem lugar-comum, menos de cinquenta eram excelentes. Ainda é verdade que menos de cinquenta são excelentes, mas não há mais livros complicados, ou pelo menos

não tantos. São todos de fácil manuseio, todos são válidos, qualquer adulto iniciante em qualquer campo, estudando dois ou três livros, encontrará um que servirá

para iniciar-se em qualquer matéria nova. As culturas de grãos na Etiópia ou como funciona o CD-ROM. Realmente essa é uma melhoria.

Outro sucesso que podemos notar bastante, além do mundo das crianças e da escola. Deixe-me fazer alusão à Sociedade Planetária simplesmente como um bom exemplo.

Ela tem um sofisticado grupo de amadores de alto nível em Sistema Solar e sua exploração. Mas posso mencionar muitos outros grupos: os usuários do telescópio e aqueles

que seriam usuários do telescópio, os radioamadores, as pessoas que catam e trabalham com rochas e cristais, os que reconstróem automóveis, sobretudo, o grupo muito

grande, não tanto em ciência, mas em uma tecnologia anterior à ciência e derivada dela, que são jardineiros e observadores de pássaros. Eles incorporam dezenas de

milhares de pessoas. Elas quase não têm ciência, mas é um esforço digno de reconhecimento para aumentar a ordem descobrindo novas experiências. Ainda não conseguimos grandes sucessos na escola pública. Isso não quer dizer que não haja boas escolas públicas: há escolas maravilhosas. Mas isso

quer dizer, de

longe, que os desafios para as escolas são pesados e a ciência não ajudou o quanto podia. Eu não acho que acontecerá muito melhor nas escolas se continuarmos a insistir

em traduzir a participação e o sensorial promulgando o conteúdo principalmente em palavras. Aí é muito difícil e perigoso fazer-se o melhor nas atuais circunstâncias.

com que rapidez pode-se tornar um catecismo! Muitas diretorias de escola aceitarão um livro mais barato cujos autores garantam que toda frase do novo padrão (isso

quer dizer algumas dezenas de frases por ano em biologia no ensino secundário, algo assim) tenha sido incluída.

_____ O ensino da ciência em uma democracia _____ 211

Não acredito que os cientistas devam promulgar respostas inquestionáveis, mas questões mais urgentes e o material para abordá-las - é claro que isso inclui respostas

prévias. Não estou dizendo que o conhecimento codificado não seja justificado; ele é essencial. Há reivindicações de uniformidade; há demandas para que se estreite

o ensino. Não podemos permitir que as coisas continuem simplesmente por *laissezfaire* e assim desperdiçar a vida das crianças, eles dizem. Peso esses argumentos,

mas tenho mais medo do outro lado. A vida é inerte no estado congelado e a ciência também.

A antiga desordem

Deixe-me concluir com uma nota ou duas que são muito necessárias. (Ann Druyan tocou nesse assunto com gentileza). Na casa da ciência, nem tudo está bem. Nós, cientistas

americanos, somos bem produtivos e envolvidos. Mas essa casa não se parece com a América. Nós a estamos mudando, mas muito devagar. Não parecemos a América: porque

não incluímos metade das mulheres, um décimo de afro-americanos, ou um décimo de hispânicos. Certamente há muitos motivos; não é uma conspiração; não é tudo culpa;

não é tudo indiferença. É muito mais complicado do que isso, mas já solucionamos muitos problemas complicados. Esse precisamos resolver; até lá, todos os esforços

em direção a uma educação decente em ciência em nossa democracia estão em perigo. Nós bem podemos temer uma rejeição geral, uma ampla descrença sem exame pelas pessoas

que realmente têm grande necessidade de dar mais poder aos dons da ciência.

Deixei uma grande pedra para o final. Assim como a arte e a música, a beleza e o prazer mais profundos e belos da ciência são uma realização de nossa sociedade humana,

uma que a nossa unidade humana nos obriga a compartilhar. Encerro fazendo referência a Carl Sagan. Na palestra da tarde do simpósio de aniversário (também apresentada

neste livro), ele demonstrou o que uma única sala de conferência pode fazer se combinar sinceridade e paixão. Obviamente ele não foi cegado por sua paixão. Ele ouviu

as perguntas com cuidado, fez contato por paráfrases prontas e, mais uma vez, pescou algo de bom nas preocupações que os jovens demonstraram ao microfone. Foi

um nal humano para uma bela palestra - e mesmo que ele tenha nos mostrado apenas uma ilustração, foi memorável. Por seu exemplo luminoso há tantos anos Carl, nós

lhe agradecemos.

#15

A apresentação visual da ciência

JON LOMBERG' Honaunau, Havái

Há alguns anos pediram-me para produzir uma ta de vídeo sobre a Iniciativa de Defesa Estratégica para a Union of Concemed Scientists. Como parte da pesquisa para

esse video, fui levado a falar com o dr. Richard Garwin, da IBM. A representação dos sistemas de armas que seriam mostrados em minha animação foi feita com base

nos conselhos do dr. Garwin. Havia uma sequência na qual um míssil soviético conseguia penetrar a defesa da Guerra nas Estrelas, bem acima de Cape Cod. O dr. Garwin

descreveu para mim a aparência e as trajetórias das múltiplas ogivas se abrindo em leque sobre a Nova Inglaterra.

"Qual a cor das ogivas", eu perguntei. Por um instante ele ficou confuso com minha pergunta.

"Eu não sei", ele respondeu finalmente. "É tão.... tão... tão sem importância".

"Não para mim," eu disse, "eu preciso pintá-las".

Conversamos sobre isso por um tempo e decidimos que elas deveriam ser brancas. Nenhum detalhe é trivial o bastante para um ilustrador científico levar em consideração, e se você pensar que a cor das ogivas não importa, como afetaria a imagem se eu a tivesse feito rosa ou xadrez?

Jon Lomberg colabora com Carl Sagan desde 1972, quando ilustrou The Cosmic Connection. Desde então tem trabalhado com Sagan em muitos outros projetos, inclusive

a maioria dos livros de Sagan e os estudos sobre o Inverno Nuclear. Foi Diretor de Planejamento no Registro Interestelar Voyager. Lomberg foi Artista Chefe da série

de TV Cosmos, de Sagan, e ganhou um Emmy Award por "Outstanding Individual Achievement in Creative Technical Crafts" (Excepcional] feito individual em artes técnicas

criativas). Foi Diretor de Projeto no CD-ROM Visions of Mars (Visões de Marte) e co-projetista do Cassini/Huygens Diamond Medallion. Sua arte pode ser vista em <<http://planetary.org>

/tps/art.htm>

ps/art.htm>

#Imaginar a pergunta visual certa a fazer é só um dos muitos desafios especiais com os quais se depara um artista inspirado pela ciência.

É claro que o artista precisa entender os princípios envolvidos no assunto com o qual está trabalhando. Por exemplo, as simples tarefas de posicionar um anel ao

redor de um planeta corretamente, ou mostrar adequadamente as fases da lua são inevitavelmente confundidas por qualquer artista que desconheça a física pertinente.

Os planetas com anéis e as luas crescentes nos desenhos editoriais quase nunca estão certos.

Na arte astronômica geralmente parece que metade das coisas que você pinta são realmente muito pálidas para se ver: a outra metade realmente muito brilhante para

se olhar. Uma imagem verdadeiramente realista resultaria em um preto ou um preto e branco sobre a tela branca. Então deve-se melhorar a cor, aumentar o contraste,

exagerar, mas exagerar de forma convincente e compreensível.

O mais difícil, mas mais gratificante, é a necessidade de trabalhar com os cientistas, nos quais confia, para a matéria prima de sua arte. A maioria dos cientistas

pensa analiticamente, não visualmente, e são melhores em prever números do que aparências. A exploração do Sistema Solar tem mostrado a forma precária como os astrônomos

imaginavam a suposta face delicada de Júpiter ou os supostos céus azuis de Marte.

Se os astrônomos não têm conseguido prever como as coisas parecerão, eles têm mais do que ajudado nisso ao fornecer imagens reais, cuja beleza e poder de inspiração

têm dado novos ícones visuais para nossa era nas fotografias tiradas pelos telescópios e pelas aeronaves da NASA, especialmente as missões Viking e Voyager. Um dos

maiores benefícios de estar vivo agora é a chance de ver essas imagens.

Quando funciona, a combinação entre arte visual e ciência pode produzir resultados que são importantes para as duas disciplinas. As pessoas às vezes se surpreendem

que um artista seja inspirado pela ciência. Mas se um pôr-do-sol pode inspirar uma pintura, por que o próprio Sol não poderia?

A personificação da combinação de arte e ciência é, obviamente, Leonardo daVinci (Figura 15.

1). No entanto, vale lembrar que DaVinci anteci-

#A apresentação visual da ciência

pou a ciência ocidental organizada, em um século ou mais. Ele não se considerava um cientista, mas um observador da Natureza. Assim, ele foi poupado da falsa dicotomia

apresentada para todos nós nesse campo, que frequentemente ouvimos a pergunta: "Você é um cientista ou um artista?". Os artistas e os cientistas observam a Natureza,

um para entender, o outro para interpretar. A combinação consumada das duas disciplinas, feita por Leonardo da Vinci, representa uma longa tradição de parceria,

com um panteão de grandes nomes, especialmente em biologia e medicina, entre eles Vesalius, Haeckel e Audubon, nos quais o cientista e o artista estavam em perfeita combinação.

A inclinação humana para copiar a Natureza e então documentar o Universo é anterior a Leonardo. Na verdade, ela é antiga e muito disseminada

(Figura 15.2). A seda

de Mawangdui, um extensivo atlas chinês dos cometas, data de 300 a. C.

mas registra muitas observações bem mais antigas. Essa imagem aparece no livro Cometa que

Carl escreveu com Ann Druyan para comemorar a volta do cometa Halley, em 1986.

Registros similares de observações astronômicas tiveram um papel importante no desenvolvimento da astronomia na Europa, tal como na Cometographia de Johannes Hevelius

de Danzig, que executou suaves desenhos, a tinta, de cometas que foram observados entre 1577 e 1652 (Figura 15.3).

Há milhares de outros exemplos nas ciências, que vão desde astronomia até zoologia. A representação realista dos fenômenos naturais foi um importante instrumento

da ciência antes da invenção da fotografia. Essa é a arte a serviço da ciência, mas também é a ciência a serviço da arte, porque muitas das imagens permanecem por

sua beleza, mesmo independente de sua utilidade científica.

Chegou-se a pensar que a invenção da câmara eliminaria a necessidade do ilustrador científico, mas o olho e a mão podem fazer muitas coisas

FIGURA 15.2

Uma parte da seda de Mawangdui, c.

300 a. C. (Cortesia de F. Richard Stephenson)

#216

Jon Lomber

FIGURA 15.3

De Cometographia de Johannes Hevelius, 1668. (Cortesia de Donald K. Yeomans)

que a câmara não pode, tais como eliminar detalhes irrelevantes e enfatizar certos aspectos de uma imagem. Mesmo depois da introdução da fotografia, os artistas

continuaram a trabalhar em muitos campos da ciência, da medicina e da engenharia. Os meios tradicionais foram recentemente substituídos por uma nova animação e por tecnologias de computação gráfica, proporcionando grandes oportunidades tanto para a apresentação dos dados em publicações científicas e reuniões, quanto para novas dramáticas visualizações populares, especialmente na mídia impressa e teletransmitida. Ainda são necessárias ilustrações claras e admiráveis toda vez que um tópico em ciência deve ser apresentado para um público não especializado. O maior talento de Carl Sagan reside em comunicar a ciência e ele sempre entendeu a importância da imagem nesse empreendimento.

#A apresentação visual da ciência

217

Cosmos pode ser a obra pela qual Carl é mais conhecido. As palavras e as imagens de Cosmos têm sido vistas e lidas no mundo todo e tiveram uma grande influência sobre o entendimento que as pessoas têm sobre a ciência e o Universo. Como Artista-Chefe da série, foi minha responsabilidade conceber as formas nas quais muitos tópicos em astronomia, física e biologia deveriam ser representados para um público televisivo geral (Prancha XI). A prancha XI mostra uma cena de uma sequência que chamamos de "Zoom Cósmico", que era uma viagem imaginária pelo Universo, na qual nos aproximávamos e entrávamos na Via Láctea. A arte e a animação que criamos para Cosmos precisavam realçar e sustentar o estilo de apresentação de Carl e ser, como as palavras dele, precisas mas sensíveis, rigorosas e ao mesmo tempo arrebatadoras.

As sequências visuais como a interpolação feita por computador da evolução da célula até o ser humano, a vida dramatizada de Kepler ou o Zoom Cósmico mostraram com que eficiência o meio visual podia segurar a atenção de pessoas de todas as idades e históricos.

A série Cosmos foi uma das primeiras mostras científicas a utilizar os novos poderes da imagem digital. Fizemos um convênio por meio do qual James Blinn e Charles Kohlhase, no laboratório de computação gráfica do Laboratório de Propulsão a Jato da NASA, desenvolveram e produziram para nós a animação dos primeiros encontros

Voyager, bem como diversas outras sequências em Cosmos. Essas animações estavam entre as primeiras a explorar o poder da computação gráfica para visualização da ciência em imagens sofisticadas o bastante para que a mídia nacional as usasse, e usasse de novo e de novo. Elas se tornaram ícones (Figura 15.4). (Na verdade, a

série Star Trek: Voyager não só toma seu nome emprestado da espaçonave da NASA, mas um dos gráficos de abertura é uma homena-

FIGURA 15.4

Animação por computador feita por James Blinn, do Laboratório de Propulsão a Jato.

#gem à famosa animação de Blinn da passagem da espaçonave Voyager através do plano de anéis de Saturno).

A imagem digital tornou-se cada vez mais importante para a visualização da ciência. Um instrumento tão maravilhoso quanto o computador, só é tão bom quanto as habilidades

visuais da pessoa que o usa. Todas as poderosas ferramentas são conveniências que podem ser extremamente perigosas quando usadas de forma inadequada; e a computação gráfica não é diferente. Quando a técnica chama muita atenção para si, a imagem pode sobrepor-se ao assunto e o conteúdo pode ser perdido. Os cientistas que estão pondo as mãos nos programas gráficos podem ser como pintores estreates que compram um grande sortimento de belas cores e então resolvem usar todas elas em todos os quadros. Só porque uma técnica gráfica está disponível não quer dizer que você precisa usá-la. Os dados numéricos apresentados nos mapas de contorno, com protuberâncias verticais exageradas, podem parecer muito belos, mas a imagem pode realmente obscurecer ou distorcer a verdade dos dados. Um pouco de moderação vai bem quando a imagem precisa informar tanto quanto fascinar. Um famoso exemplo da má informação digital é a animação amplamente divulgada que mostra mapas de radar feitos pela espaçonave Magella da NASA, convertidos em uma simulação topográfica da superfície de Vênus. O relevo vertical foi muito exagerado e a superfície relativamente plana de Vênus foi transformada em uma paisagem completamente distorcida de picos dramáticos e torres de vulcões. Qualquer que fosse a negação verbal que acompanhava a animação, a maioria das pessoas saiu acreditando no que viu. As técnicas e os princípios clássicos da pintura ainda têm um importante papel na apresentação visual da ciência, e a habilidade do artista determina a efetividade de uma obra de arte científica. No campo da astronomia, as imagens têm sido extremamente importantes, e os artistas têm sido quase tão importantes quanto os astro-fotógrafos ao ensinar às pessoas com suas imagens. Esse estilo é sintetizado por Chesley Bonestell, que é considerado o mestre do gênero. Seu trabalho em livros e revistas na metade do século XX foi de muita influência e ajudou a inspirar a geração de cientistas e engenheiros que começou a exploração do Sistema Solar (Figura 15.5). Bonestell criou um atlas completo das paisagens do Sistema Solar, com base no conhecimento científico dos planetas àquela época. E claro que desde então aprendemos que muitas dessas ideias estavam erradas. Os horizontes lunares vistos pelos astronautas parecem muito mais brandos e menos interessantes do que os pontudos e dramáticos picos que Bonestell apresentou em suas muitas pinturas excitantes mostrando exploradores humanos na superfície lunar. Dizem que um motivo do anti-clímax depois do programa Apollo foi que a verdadeira Lua era uma decepção depois de Bonestell! No entanto, uma vantagem que o artista tem sobre o cientista é que mesmo uma pintura que retrate uma ideia obsoleta ainda pode ser valiosa como um trabalho de arte, assim como a imagem que Bonestell fez de Saturno visto de Titã. Agora acreditamos que as nuvens de Titã sempre bloquearão

#A apresentação visual da ciência

FIGURA 15.5

Saturno visto de Titã, de Chesley Bonestell (Cortesia da Space Art International).

a visão de Saturno e nunca se verá o planeta a partir da superfície. Uma antiga teoria científica que propunha uma clara atmosfera para Titã está simplesmente errada

e completamente obsoleta e desprovida de qualquer interesse, menos um pouco de interesse histórico. Mas uma pintura da teoria que posteriormente provou-se estar errada não perde seu poder como arte e continua a inspirar admiração e causar curiosidade.

As paisagens realistas de Bonestell inspiraram artistas em muitos países, que continuam a pintar no estilo como-pareceria-se-você-estivesse-lá.

Alguns de nós trabalhamos

juntos para criar a imagem vista em Cosmos.

Mas o realismo fotográfico não é o único estilo no qual a arte e a ciência podem ser combinadas de forma útil. O uso interpretativo de motivos e ideias da ciência

pode ser utilizado para disseminar conceitos e ideias,

#FICLRA 15.6

"A coluna vertebral da noite", de Jon Lomberg f.

bem como as paisagens. Uma pintura da Come ilustra o poder que uma abordagem mais gráfica pode ter (Prancha XII). Um dinossauro contempla uma espetacular chuva de

cometas no céu da noite, há 65 milhões de anos, sem ter noção de que um cometa estava para atingir a Terra e extinguir a maioria das espécies vivas, inclusive todos

os dinossauros. O indivíduo retratado tinha algo parecido com mãos e um cérebro muito grande em relação a seu peso, em comparação a seus contemporâneos. Se os dinossauros

não tivessem se extinguido, talvez a forma dominante de vida inteligente na Terra hoje em dia fosse descendente dessa criatura. Eu senti que o tratamento mais estilizado

e gráfico da cena deu uma dimensão de mordacidade que uma versão mais realista não teria dado.

Algumas artes científicas parecem o equivalente visual do ensaio científico, mas algumas vezes também podem ser poemas. Um amigo

antropólogo, dr. Richard Lee da

Universidade de Toronto, que viveu com os povos !Kung de Kalahari, informou a Carl que o nome que os Kung dão à Via Láctea, se traduzido, seria Coluna vertebral

da noite. Quando Carl me contou isso, ele estava pensando em escrever um livro de astronomia com esse nome e inspirei-me para ilustrar essa metáfora evocativa para

ele. A frase e a imagem terminaram não como um livro, mas como o título e imagem de assinatura para um dos episódios de Cosmos (Figura 15.6).

A logomarca da Sociedade Planetária, a organização que se interessa pelo espaço

e fundada por Carl juntamente com Bruce Murray e Louis Friedman, combina um barco

navegando e os planetas (Figura 15.7). Isso

#A apresentação visual da ciência

221

simboliza o renascimento da pesquisa e do espírito de exploração da grande era da exploração naval europeia, uma vez que nossa espécie começa agora a explorar o

Sistema Solar. A logomarca tem origem na própria imagem que Carl e Frank Drake zeram do Sistema Solar, usada em sua placa da Pioneer, e no meu próprio desenho, "Uma

caravela do espaço", que apareceu no livro anterior de Carl, *The Cosmic Connection*. O próprio desenho foi inspirado por uma gravura de Breughel. Imagens como essa

criam uma sintonia com o interesse popular e o incentivam, ao enfatizar o aspecto romântico do empreendimento científico. Talvez esse seja o apelo que ajudou a

fazer com que a Sociedade Planetária tivesse tanto sucesso em iniciar e

dar apoio a projetos tanto na exploração planetária quanto no SETI, a Busca por Inteligência

Extraterrestre. Pode até ser que a nossa capacidade de expressar ideias científicas visualmente seja uma chave para estabelecer uma comunicação com os

extraterrestres. Os registros fonográficos metálicos levados em cada uma das espaçonaves gêmeas Voyager levavam cumprimentos, música e uma descrição de nosso planeta em sons e

imagens (Figura 15.8). Ao montar essa sequência de imagens, os princípios de clareza e simplificação que orientam a criação da ilustração científica foram úteis na concepção da

melhor forma de criar uma mensagem visual da Terra. Apesar de a maioria das imagens registradas na gravação da Voyager serem fotografias, também usamos técnicas

como diagramas moleculares, visões transversais e transparências em sobreposição para apresentar a complexa informação sobre nosso planeta de forma que um extraterrestre

inteligente pudesse entender. Frank Drake e eu tivemos de planejar uma forma para ajudar o ET a entender o propósito do Gravador Voyager. Chegamos a um diagrama que está gravado no container

de alumínio no qual a gravação espera para ser descoberta entre as estrelas. O diagrama na capa da gravação mostra como colocar o cartucho no disco metálico, a velocidade

na qual girar a gravação, quanto tempo leva para tocar um lado e como as ondas quadradas de vídeo, gravadas no disco, devem ser reconstruídas em imagens.

FIGURA 15.7

Logomarca da Sociedade Planetária < .

#FIGURA 15.8

A capa da gravação da Voyager. Por Frank Drake e Jon Lomberg. Uma vez que a sequência do quadro tenha sido decodificada, outros gráficos tentam estabelecer um sistema de símbolos que possam ser entendidos, tais como símbolos

para os elementos associados com os diagramas dos átomos. Então os elementos indicados são mostrados formando a base nucleotídica do alfabeto genético da vida na

Terra. Da mesma forma, diagramas concebidos mostram os planetas do Sistema Solar, a estrutura da Terra, a composição da atmosfera e outros fatos específicos e quantitativos

sobre nosso planeta. Um exemplo real da ilustração científica aparece em uma página de um livro de Sir Isaac Newton, mostrando o método primário pelo qual os humanos

armazenam informação, em que o método de lançar um objeto na órbita terrestre é diagramado (Figura 15.9). Mesmo se os extraterrestres que o receberem reconhecerem

esse quadro como mostrando algum tipo de escrita, o texto dessa página deve permanecer enigmático para sempre. No entanto, é possível que as apresentações das trajetórias orbitais sejam entendidas por uma atenta inteligência alienígena. Alguns dos princípios desenvolvidos para as mensagens interestelares têm sido recentemente forçados a funcionar por uma causa mais mundana, mas bastante importante

- o depósito seguro de lixo nuclear (Figura 15.10). Em 1991 fiz parte de um painel incumbido do problema de marcar a WIPP - Waste Isolation Pilot Plant (Planta Piloto

de Isolamento do Lixo) no Novo México, com uma mensagem de alerta que pretendia continuar efetiva por pelo menos 10 mil anos. Isso demandou uma abordagem interdisciplinar

que combinava ciência física, antropologia e psicologia, com arquitetura e arte. Investigamos com que durabilidade os marcadores físicos poderiam ser construídos

e a melhor forma de gravar uma mensagem de alerta contra uma inadvertida intrusão humana no repositório de lixo enterrado. Nossa recomendação final do projeto empregou

um sistema redundante de marcadores pequenos e grandes, inscritos com marcas em linguagem escri-

#A apresentação visual da ciência

223

10

FIGURA 15.9

Página do Sistem do Mudo de Isaac Newton. (Cortesia do Centro Nacional de Astronomia e Ionosfera).

ta, símbolos e pictografias, alertando para que as pessoas não cavassem naquele lugar. Além dos marcadores individuais que definiam o perímetro do local, todo o

local deveria ser marcado colocando-se grandes montes de terra em formas simbólicas, usando material com um brilho de radar diferente do solo desértico que cercava

a área; o local poderia então ficar visível para observações de aeronaves ou espaçonaves.

Usando da experiência de pensar sobre assuntos do SETI, nossa equipe investigou como os símbolos e as pictografias poderiam ser usados nos marcadores feitos para

informar a nossos remotos descendentes sobre os perigos de um antigo depósito de lixo. Alguns dos princípios elucidados na elaboração da mensagem para os extraterrestres

foram incorporados, tais como a necessidade de começar do primeiro princípio de tentar descrever alguma coisa. Como no SETI, uma boa mensagem é auto-explicativa.

Se quisermos usar um símbolo como o trevo de radiação, por exemplo, devemos incluir na mensagem uma pictografia explicando o significado do símbolo. Não poderíamos

simplesmente confiar que os símbolos ficariam na memória humana, sem mudar seu significado, por milênios.

Há uma certa ironia no fato de as habilidades desenvolvidas para a arte astronômica poderem ser impostas ao serviço de utilidade pública em importantes questões

da Terra, na confluência de questões tecnológicas e bemestar público. O exemplo mais dramático é o uso da arte para representar a hipótese do Inverno Nuclear. Em

1983, Carl fazia parte de um grupo de cientistas que lançou um estudo sobre o efeito da poeira sobre o clima. Os

#Jon Lomber

WPPÂTE AT CLOSURS

FIGURA 15.10

Projeto para o marcador de lixo nuclear feito por Jon Lomberg, de Expert Judgement on Markers to Deter Inadvertent Human Inirusion into fhe Waste Isolation Pilot

Planf\ Relatório Sandia SAND92-382, 1993.

resultados foram publicados na literatura científica, mas Carl também teve a sabedoria e a coragem de apresentar sua nova teoria para o público em geral, na revista

Parade, que era de grande circulação. Além de publicar o trabalho deles em periódicos científicos, o grupo apresentou essas dramáticas e importantes descobertas

ao público em geral na revista Parade (Figura 5.11).

Carl pediu-me para preparar uma fita de vídeo narrada por ele, mostrando os efeitos climáticos da guerra nuclear mundial. As imagens da Terra durante e depois de

uma mudança nuclear foram desenvolvidas a partir dos modelos do grupo de Carl, com consultas adicionais ao dr. Stephen Schneider do Centro Nacional de Pesquisa

Atmosférica. Essa fita foi transmitida no mundo todo e suas imagens foram reproduzidas em muitos jornais. O fato

#A apresentação visual da ciência

225

ould nuclear war be the end of the world? In a major exchangemore than

a tíim peoe woutí instantiy be killed. But the long-term cortsequences coutí be much worse...

A SPECIA.L RE:i3RT BY CARL SAGAN

FIGURA 15.11

Capa da revista Parade ©, de outubro de 1983.

de mostrar às pessoas as imagens que ilustravam essa hipótese teve pelo menos alguma participação no estímulo à ampla discussão e ao debate que se seguiram, ao permitir

que pessoas que não eram cientistas visualizassem o mecanismo que causaria um Inverno Nuclear. A fita foi mostrada para líderes políticos no Congresso dos Estados

Unidos, no Parlamento Canadense e em muitos outros países dos blocos das duas superpotências. David Lange, o Primeiro-ministro da Nova Zelândia, usou essas imagens

para explicar a sua recusa em permitir que os navios de guerra americanos, com armas nucleares, aportassem em seu país.

Hoje em dia, visualizar a ciência é tão importante quanto ensiná-la. O projeto Currículo do Instituto da Vida no Universo, do SETI, tem produzido materiais premiados

que usam a arte para aumentar o interesse das crianças por ciências. Um de nossos trabalhos foi produzir um conjunto de slides mostrando a evolução planetária e

biológica. Fotos de grande escala e doses de nosso planeta e seus habitantes, em diferentes épocas, são utilizadas junto com livros-texto e material didático para

ensinar essa difícil e complexa matéria. A matéria é ensinada diversas vezes em diferentes séries, com diferentes ênfases a cada vez que o material é apresentado

(Prancha XI11).

Nosso projeto criou guias de ensino de ciências para o primário que foram testados no país todo. Descobrimos que o uso de uma imagem forte é um valioso componente do material didático. Os estudantes de todas as idades respondem a materiais visuais como esses. O texto deve variar de acordo com a faixa etária, mas as mesmas imagens podem ser usadas com

#2 _____ Jon Lombeig

o mesmo sucesso, o que torna a produção de visualizações tão complexas extremamente efetiva em termos de custo.

O trabalho de Carl sempre destacou a necessidade dos humanos em adotar uma perspectiva cósmica, um preceito que aprendi com ele e que continua sendo o centro de todo o meu trabalho.

Em 1991, os funcionários do Museu Nacional Aéreo e Espacial discutiram comigo as possibilidades de um mural da Via Láctea para a galeria "Where Next Columbus", em

construção à época. Propus que fizéssemos uma imagem não muito esquemática, como a pintura que fiz da galáxia em Cosmos, mas verdadeiramente cartográfica, que marcássemos

a localização dos objetos galácticos mais conhecidos no melhor mapa de estrutura de braço espiral. Para minha surpresa, ninguém tinha tentado isso antes. Trabalhando

com Jeff Goldstein, do Laboratório de Astrofísica do Museu, e com Leo Blitz, da Universidade de Maryland, gastei quase dois anos pesquisando e pintando essa obra,

uma tela de 6 x 8 pés (2 x 2,25 m) que agora está em exibição no Museu (Prancha XIV). Imagine um Y conectando os cantos diagonalmente opostos da obra de arte. Nosso

Sol está no centro do X, a cerca de dois terços do caminho do brilhante e incandescente centro galáctico. Estamos em uma pequena ponte de matéria chamada Orion Spur,

que liga os braços espirais de Sagitário e de Perseu. A maioria das estrelas que se pode ver a olho nu está em um círculo muito pequeno bem ao redor do Sol (cerca

do tamanho de uma pequena moeda na tela original). O que nós chamamos de Via Láctea no céu à noite é apenas uma visão dos braços mais próximos. A maior parte da

Galáxia, e quase toda a luz do centro, é inteiramente bloqueada por nuvens de poeira opaca, escura. A obra de arte inclui miniretratos das Nebulosas de Orion, Trifida,

da Lagoa, Nebulosa da América do Norte, Nebulosa Eta Carinae e Nebulosa da Águia, bem como o aglomerado globular Omega Centauro e quase trezentos outros aglomerados

e nebulosas conhecidos e outros objetos. (Um panorama mais detalhado dessa obra pode ser visto em um grande pôster dessa pintura que pode ser obtido por meio da

Sociedade Planetária em Pasadena.)

Como nos mapas antigos, quanto mais longe você for da Terra, mais conjectural o detalhe fino se torna. No entanto, esse trabalho continua sendo a imagem mais precisa

de nossa Galáxia já produzida pelo ser humano. Levará muito tempo para termos um verdadeiro panorama da estrutura detalhada de nossa Galáxia. Talvez o aspecto mais

sensacional de pintar essa obra tenha sido sentir que era a primeira pessoa a ver como a Galáxia deve realmente parecer.

(E também pode ter surgido alguma ciência dessa obra. O dr. Goldstein percebeu que nossa projeção mostrava uma assimetria na distribuição dos aglomerados globulares ao redor do centro da Galáxia; uma assimetria que parece alinhar-se com uma tênue estrutura semelhante a barras no núcleo que o dr. Blitz havia descoberto, retratado pela primeira vez nessa pintura. O dr. Goldstein agora está escrevendo um ensaio sobre essa prova de uma possível inter-relação entre os aglomerados e o núcleo).

Gostaria de poder dizer que a proveitosa contribuição de que Carl e eu desfrutamos por vinte anos é típica da forma como os cientistas trabalham #A apresentação visual da ciência _____ 227 com os artistas. Mas o apoio e a confiança de Carl na arte têm sido mais exceção do que regra entre os cientistas. Creio que a importância das imagens na comunicação tem sido muito subvalorizada e subutilizada pela comunidade científica. Sinto dizer que muito disso se origina de um tipo de arrogância intelectual que marginaliza as habilidades da arte e do desenho como menos difíceis ou especializadas do que as habilidades da ciência. Mais uma vez, o artista é trazido para os projetos só depois que todas as decisões conceituais sobre os temas e a apresentação foram tomadas.

É como se a contribuição dos artistas fosse limitada a perceber pequenos detalhes de execução, quando a única questão que falta resolver é a cor da ogiva. Geralmente, a forma ingênua como os cientistas visualizam uma imagem, um pôster ou uma animação mostra a falta de experiência deles nessa área. Quando não trazem peritos visuais para o processo no estágio de formação, os cientistas geralmente perdem oportunidades de uma apresentação efetiva.

Uma vez participei de uma reunião convocada pela NASA para melhorar suas comunicações. Sentados ao redor da mesa, com o Administrador da NASA, estavam vários burocratas, uma dúzia de cientistas, alguns professores, alguns escritores de ciências, mas exceto por mim e um outro artista/astrônomo não havia ninguém perito em apresentação visual da ciência; nenhum desenhista de museu, nenhum diretor de arte de revista, nenhum produtor de filme ou fotógrafo, nenhum produtor de televisão, nenhum mago em efeitos especiais, nenhum gênio em computação gráfica. Só de olhar a lista dos presentes já ficava claro qual era o problema da NASA em relação a comunicação.

E é um problema que não é restrito só à NASA. Esperar que o cientista crie, ou até mesmo conceba, a forma como algo pode ser comunicado visualmente, é como esperar que o artista visual construa o instrumento científico. Grandes cientistas que também são grandes escritores são tão raros que celebramos, com razão, o trabalho de Carl Sagan e um punhado de outros que podem fazer a ciência tanto quanto explicá-la. Ainda mais raro é o cientista que, sem ajuda, pode fazer a visualização, quando são necessários gráficos realmente de primeira classe. Mesmo os veículos de comunicação mais comuns, a sala de aula ou a palestra pública, poderiam ser melhorados se o cientista tivesse sido obrigado a cursar um semestre de tópicos como manuseio e apresentação de slides.

Nosso mundo está se tornando mais visual, menos verbal. A geração de analfabetos em ciência, sobre quem demonstramos preocupação, precisa de imagens se precisarem ler ou ouvir as palavras. E essas imagens precisam ser fortes o bastante para competir com a enxurrada de propagandas e imagens de cultura popular que nos bombardeiam todo dia. De outra forma, as pessoas simplesmente não prestarão atenção. Algumas poucas universidades fornecem cursos nos campos de escrita científica. Quase nenhuma ensina ilustração científica e as poucas que o fazem concentram-se mais em interpretações botânicas e médicas do que em física, química ou ciências espaciais. Muitas vezes fui abordado por jovens artistas que queriam saber como ter uma carreira do tipo da minha.

#Gostaria de saber o que dizer a eles. Não há uma trajetória de carreira para esses artistas. O vasto estabelecimento científico deste país basicamente ignora a disciplina. Não há uma única instituição de ensino superior nos Estados Unidos que ofereça treinamento no tipo de trabalho discutido aqui. Algumas vezes, os cientistas lastimam-se por causa de imagens poderosas por terem apenas valor "bobo", como se o apelo emocional fosse, de alguma forma, inconsistente com a transferência de informação. Ainda assim a arte, em todas as suas várias formas de manifestação, com alta ou baixa tecnologia, é uma das melhores ferramentas que os humanos inventaram para se comunicar. Há uma longa e honorável história da ilustração científica, cheia de heróis e mártires. Um deles é Sidney Parkinson, que navegou em 1768 com o capitão James Cook e Sir Joseph Banks no Endeavour em uma grande viagem de exploração científica. Parkinson foi o artista da expedição, "um jovem talentoso e amável", de acordo com Banks, e ele desenhou tudo, desde o plâncton que Sir Joseph pegou no Pacífico até os habitantes aborígenes da Nova Zelândia. Depois de sobreviver aos diversos rigores da viagem, inclusive ao naufrágio no Recife Grande Barreira, Parkinson sucumbiu a uma febre levada a bordo na Batávia, onde o Endeavour havia parado em seu caminho para casa. Ainda assim, as 743 ilustrações baseadas nos desenhos de Parkinson e que formam o núcleo do Florilegium de Banks, são uma duradoura herança muito mais valiosa para a ciência (e para Banks) do que os insignificantes salários de marinheiro que Banks pensou serem suficientes para recompensar a família sobrevivente de Parkinson, na Inglaterra. A família de Parkinson precisou processar Banks para conseguir uma compensação mais adequada. Banks, um dos homens mais ricos da Inglaterra, não mediu as despesas para produzir seu livro e, mais tarde, foi mais generoso com outros artistas no seu emprego, talvez em parte por causa do vergonhoso tratamento que deu a Parkinson. A glória da contribuição de Parkinson comparada a seu sucesso mundial é um símbolo adequado da condição ambivalente que o artista científico sempre teve. O papel do artista na comunicação da ciência é uma parte importante da tradição da ciência e não seria sábio negligenciá-lo agora. Carl Sagan sempre foi um dos grandes

amigos e campeões da arte científica e, nessa área, bem como em muitas áreas, o exemplo dele é digno de ser seguido.

#16

Ciência e imprensa

WALTER ANDERSON Publications Parade

Para mim é um prazer e uma honra participar da celebração do sexagésimo aniversário de Carl.

Se alguém fosse falar sobre ciência e imprensa, deveria ser o próprio Carl Sagan, porque neste século apenas algumas poucas pessoas - como Carl, Isaac Asimov, entre outros - trouxeram a compreensão científica para um grande público de uma forma tão elegante e com tanta autoridade.

Uma vez que pediram a mim, gostaria de dar uma breve ideia da situação atual e do significado do jornalismo científico, pelo menos como parece do lado editorial

da cerca. Em primeiro lugar, então, quero descrever uma outra característica que Carl e eu temos em comum:

Somos mais ou menos como o pequeno caracol na árvore, no início da primavera, e que então começa a trabalhar. E lá no alto da árvore, um casal de pássaros está olhando para baixo e provocando o caracol: "Aonde você vai? O que você está fazendo?" E o caracol olha para cima e diz: "Esta é uma cerejeira". Os pássaros continuam a implicar e a dizer: "Mas não há cerejas nela". O caracol diz: "Haverá quando eu chegar lá".

Carl e eu fazemos mais ou menos isso.

Fico impressionado em ver como os cientistas perdem a disciplina quando chegamos à arte da comunicação. Se alguém acredita que uma mão mágica pôs o dedo no pescoço

de Carl e transformou-o em um bom escritor, então essa pessoa não entende de escrita ou de comunicação. Simplesmente não é verdade. Sempre reconheço um amador porque

um amador chega a mim e diz:

"Sr. Anderson, amo escrever". Nenhum escritor ama escrever. Eles odeiam escrever. Eles amam ter a coisa escrita. É um trabalho duro.

Vocês cientistas precisam aprender a se comunicar melhor. Vocês deveriam frequentar cursos de artes, visitar seus professores de comunicação.

#230Walter Anderson

Melhem a vocês mesmos e disciplinem-se. Se você tiver dez minutos, fale por dez minutos. O público gosta disso.

Suponho ter havido uma época, não há muitos séculos, na qual as notícias de ciência não eram cobertas pela imprensa popular. Há dois motivos para tanto: em primeiro

lugar, a ciência realmente não parecia afetar a vida diária da maioria das pessoas - ou, se afetasse, as pessoas realmente não sabiam. Em segundo lugar, não havia

imprensa popular. Voltando ao século XVI, o grande astrônomo dinamarquês Tycho Brahe construiu sua própria estamperia para que pudesse divulgar suas observações

celestes, e Galileu Galilei não convocou exatamente uma entrevista coletiva para anunciar que a Terra se movia, a despeito do que o Papa tivesse dito. Mas tudo mudou

e, basicamente, durante nossas próprias vidas.

Hoje, as notícias de ciência têm uma impressionante proporção do fluxo diário de notícias. Isso não aconteceu porque os editores de repente decidiram que as notícias

de ciência são boas para você. Claro, a maioria dos editores gosta de contribuir para o bem-estar público e de divulgar as notícias que ajudariam aos leitores. Mas nenhuma publicação permanecerá viva e nenhum editor ficará empregado, a menos que as pessoas leiam o produto deles. Então a grande onda de reportagens científicas, não só em publicações especializadas, mas também em jornais e revistas de grande circulação, reflete uma demanda urgente do público por notícias científicas, bem como uma grande insistência nelas.

Conseqüentemente, há uma nova frase que está sendo cada vez mais ouvida, tanto nos círculos educacionais quanto nos jornalísticos: alfabetização em ciência. Isso

quer dizer não só uma capacidade de ler sobre ciência, mas também de entender a ciência. Para ser cientificamente alfabetizado, você precisa saber mais do que simplesmente que o canal eustaquiano não é uma grande passagem de água ou que o superagente de colisão não é um mau motorista. Você não pode simplesmente aprender as palavras;

você precisa adquirir uma compreensão sobre como a ciência funciona e entender tanto a promessa quanto os riscos que a tecnologia apresenta ao mundo.

Na minha infância e adolescência, nas redondezas do Bronx, a cerca de cinco horas daqui, só duas publicações pareciam oferecer a possibilidade de informação científica

para mim. Elas se chamavam Popular Science e Popular Mechanics. As duas tentavam explicar os mais recentes avanços tecnológicos mais em termos práticos do que em

termos filosóficos. Ao preparar-me para esta palestra, dei uma olhada na sessão de ciência de um trabalho de referência chamado Magazines for Libraries. Eu descobri

que quase cinquenta publicações atuais estavam listadas, variando desde Omni e Discover, que foram descritas como "voltadas para os curiosos casuais", até Scientific

American e Technology Review, que disseram ser dirigidas a leitores mais adiantados. Estou muito mais preocupado com a forma como se trata a ciência não nos periódicos

científicos, mas de forma geral, na imprensa diária - ou seja, nos jornais diários e nas publicações para o mercado de massa, como a minha própria.

Logo depois de eu ter me tornado editor da Parade em 1980, passei algum tempo com William Shawn, então editor do New Yorker. Mais tarde, #Ciência e imprensa _____ 231

depois de Carl ter feito um artigo em especial para nós, fiz a revisão com o sr. Shawn. Queria ver a resposta dele ao artigo, e ele ficou realmente bastante impressionado.

Ele disse: "Walter, no entendimento dos leitores, há o Scientific American, o New Yorker, e depois a Parade. O que você acha disso?" Eu disse: "Bem, para entender

o Scientific American e o New Yorker você precisa ler a Parade".

A Parade tem uma tiragem de 37 milhões de exemplares. O que isso realmente quer dizer? A pesquisa Simmons nos diz que isso se traduz em mais de 80 milhões de leitores.

A Parade não é apenas a publicação de maior circulação nos Estados Unidos, na verdade é a publicação de maior circulação no mundo. Quem melhor do que Carl Sagan

para nos ensinar sobre ciência na Paradel Sai toda semana, vai para todos os estados da União. Seu público inclui todo mundo, desde motoristas de caminhão e garçonetes até professores universitários e políticos.

Como toda publicação não especializada - e aí se incluem jornais diários, até o The New York Times - enfrentamos o desafio de escrever sobre ciência de uma forma que seja informativa e instrutiva, mas também interessante e estimulante, para leitores cuja curiosidade pode ser apenas passageira ou superficial, bem como para todos os que têm um grande interesse em buracos negros, no Big Bang ou na extinção dos dinossauros, mas que não têm um antecedente tecnológico.

Isso é uma coisa difícil de se fazer, especialmente em jornais diários, que por sua própria natureza devem ser postos em circulação às pressas.

Ben Bradiee uma vez referiu-se ao jornalismo como "história na pressa", que é provavelmente a melhor descrição que já ouvi. Bons repórteres sempre estão a prêmio nessa área, e bons repórteres que conseguem escrever de uma forma clara e graciosa sobre um assunto especializado - seja ciência ou música, arquitetura ou hockey no gelo - são ainda mais raros.

Como tenho certeza de que vocês sabem - ou se não sabem, alguém já disse - a imprensa comete erros de vez em quando. Acho que um dos erros mais comuns e sérios é o do ponto de vista. vou incluir toda a imprensa nisso. Um dos exemplos mais comuns é a forma de bola e de grapefruit do jornalismo científico: "Fomos à Lua, observadores.

Aqui está um grapefruit - isso é a Terra. Ali está uma bola de golfe - ela é a Lua... Agora todos entendemos". Na verdade, se fôssemos fazer isso da forma certa, a Lua estaria lá em cima na parede, e isso é o que é realmente impressionante.

Em 1910, quando o cometa Halley passou, a Terra estava para atravessar a cauda do cometa e gases seriam liberados. Bem, isso é certo, e na Terra, é claro, o que aconteceu? Pânico geral. O Papa emitiu diretivas. Pessoas cometeram suicídio. Agora, se você pegasse toda aquela cauda, poderia colocá-la em uma mala. Nada de ruim aconteceu. Perspectiva. Perspectiva.

vou dar outro exemplo. Quando você cai de bêbado, de 80 mil a 100 mil células cerebrais são perdidas. Pense nisso. Você cai de bêbado uma noite e você perde de 80 mil a 100 mil células cerebrais. E isso é veiculado na imprensa. Deu na Time, na Newsweek, no The New York Times.

#É muito sério. É claro que se você bebesse toda noite, levaria 1 .200 anos para destruir suas células cerebrais. Isso não é encorajar o alcoolismo ou que se beba, mas dizer que, se você quiser se divertir de vez em quando, você pode!

Os cientistas têm uma especial inclinação para detectar o que eles consideram erros, apesar de poderem parecer triviais ou até mesmo sem muita importância para um editor apressado. Mas, de vez em quando, sinto dizer, o cientista é mais responsável do que o jornalista por dar uma direção errada ou uma informação errada na imprensa.

A maioria dos pesquisadores se satisfaz em publicar suas descobertas em jornais científicos adequados, mas há alguns, diferente de Galileu, que convocam entrevistas coletivas para anunciar importantes descobertas. Tenho certeza de que muitos de vocês lembrarão um famoso incidente ocorrido há alguns anos, com dois cientistas de uma universidade em Utah que anunciaram - prematuramente, como veio a ser provado depois - que tinham conseguido fusão em uma jarra de vidro à temperatura ambiente.

Há uma guerra recente, disputada parcialmente na imprensa, entre os cientistas franceses e americanos reivindicando para si a primazia de terem feito uma importante descoberta na pesquisa da AIDS. Então, tanto os cientistas quanto os escritores científicos precisam desenvolver uma certa prudência e um respeito mútuo para manter o público informado de forma precisa e honesta, sobre o verdadeiro significado e importância das descobertas científicas. Às vezes ambos conseguimos informações de fontes inesperadas. O trágico, brutal assassinato de Nicole Brown Simpson e Ronald Goldman fez mais para chamar a atenção do público para o DNA do que uma dezena de exposições científicas.

No importante mas imperfeito mundo do relato da ciência é vital ter escritores nos quais as pessoas dos dois lados da cerca acreditem, as pessoas que são líderes da comunidade científica e as pessoas que simplesmente lêem os ensaios. E isso que faz com que Sagan seja único e não simplesmente um cientista que consegue escrever.

E um ser humano profundamente preocupado com o que está acontecendo em nosso planeta, sem citar alguns outros planetas. Apenas alguns títulos dos seus artigos na Parade servirão para mostrar a abrangência de suas preocupações: "Guerra nas Estrelas: O anteparo permeável" e "A questão do aborto" escrito com sua talentosa companheira, Ann Druyan. Recebemos mais de 330 mil ligações em seguida ao artigo do aborto. O editor da Parade - vocês o conhecem modestamente disse: "É o melhor artigo que já se escreveu sobre o assunto". com certeza o artigo foi mais lido do que qualquer outro já escrito sobre esse assunto.

A primeira vez que visitei Ithaca foi para passar um tempo com Carl Sagan e foi exatamente quando ele enfrentou a morte. Muitos de vocês sabem ou lembram da experiência.

Ele estava realmente fraco e eu estava na sala de estar com Annie, e Carl chegou, andando muito devagar. Ele sentou-se e começou a conversar comigo sobre algo que o preocupava um projeto em que ele estava trabalhando com outros cem cientistas no mundo todo. Ele estava muito fraco, ficou apenas alguns minutos, e eu disse:

#Ciência e imprensa _____ 233

"Por que você não escreve para a Parade Por que você não fala a todo mundo sobre isso?"

Ele voltou ao quarto e, depois, quando deixei Ithaca, eu estava surpreso que lá estivesse aquele homem que acabara de enfrentar a morte e preocupava-se com o destino dos outros. Ele escreveu o artigo para a Parade. O nome do artigo era "Inverno Nuclear". Ele criou bastante agitação entre as pessoas sérias no mundo todo. Se houve

um acadêmico com o devido toque humano, esse foi Carl Sagan. Também preciso admitir que uma razão de eu ter tanto orgulho de ser associado a Carl é que ele é um dos mais importantes exemplares do poder da palavra escrita.

Não estou revelando nenhum segredo quando reconheço que nossos amigos na televisão também têm um papel no fortalecimento do conhecimento científico e na construção do interesse por novas tecnologias. Mas sendo o que no jargão moderno se conhece como um jornalista da imprensa escrita, gosto de acreditar que é por meio de palavras - bem como das imagens, se não mais - que as mensagens básicas da ciência podem ser mais bem divulgadas.

Nenhum de nós jamais esquecerá o medo que experimentamos em 1969 quando vimos as primeiras imagens televisionadas do homem andando na Lua. Ainda assim, à medida que o tempo passa, essas imagens certamente serão apagadas por fotografias ainda mais espetaculares e reveladoras da exploração espacial. Isso está acontecendo agora.

Mas as palavras, as palavras ditas por Neil Armstrong, o primeiro homem na Lua - "É um pequeno passo para o homem, um grande salto para a humanidade" -jamais serão esquecidas.

Hoje em dia, assim como na época de Galileu, vivemos de palavras e mesmo quando tentamos aumentar a alfabetização científica, devemos lembrar que a alfabetização em geral é um problema que também precisa ser urgentemente tratado neste país. Para mim seria impossível fazer uma palestra sobre qualquer assunto a qualquer hora e não falar sobre alfabetização. Não me desculpo por isso; essa é a cruz da minha vida.

No meu país, nosso país, 44 milhões de americanos - quase um em cinco - existem no nível mais marginal de alfabetização, de acordo com o Departamento Norte Americano de Educação. Então aqui também está um desafio que deve ser enfrentado por todos nós que lemos e escrevemos. Deixe-me enfatizar que acredito que, no futuro, a ciência e a tecnologia vão ter um papel ainda mais importante na imprensa do que desempenham atualmente, simplesmente porque a ciência e a tecnologia vão ter um papel cada vez maior em nossas vidas diárias. Se há avanços médicos, queremos saber sobre eles. Se há problemas ambientais, queremos ser avisados sobre eles. Lembrem-se do pavor do rádion de alguns anos atrás? Ninguém jamais ouvira falar de rádion há algumas décadas - além disso, na imprensa, essa era uma palavra que parecia um erro tipográfico. No entanto, foi por meio da imprensa que o perigo do rádion foi por fim esclarecido e foram tomadas ações corretivas em diversas áreas. Sim, nós deveríamos ter estado mais alertas para o significado da praga da AIDS, mas as autoridades médicas também demoraram a mensurá-la.

#234Walter Anderson

vou aproveitar o momento para sugerir uma fronteira na qual tenho particular interesse. Uma vez que a mão não pode apertar a si mesma e o olho não pode ver a si mesmo, imagino: Podemos entender a consciência? E busco a exploração científica da consciência, seja com micróbios ou com organismos maiores e mais complexos.

Tive grandes professores em minha vida. Três deles, rapidamente:

Um foi um sargento da artilharia, sargento Shimkonas. Quando torneime um sargento da marinha no Vietnã, perguntei a ele: "Como posso motivar a tropa?" E ele disse:

"Andy, pegue-os pelas partes íntimas e os corações e as mentes seguirão". Acho que ele queria dizer que eu devia conseguir a atenção deles.

- Uma vez perguntei a meu mentor, Elie Wiesel: "A minha vida, qualquer vida, tem valor?" E ele respondeu: "Em si e por si, não. Cabe a nós darmos o valor a ela".

Resposta existencial.

- E o que Carl tem a dizer sobre a nossa responsabilidade? Se começarmos dizendo "Sou responsável", podemos não só mudar nossas vidas, mas construir um mundo melhor.

Quem é responsável? Eu sou responsável.

Carl ensinou-me como é importante viver por um motivo mais nobre. Sua vida - de cada um de nós - é digna de um motivo nobre.

Os homens e as mulheres que trabalham para melhorar a qualidade de vida, para educar nossas crianças, para preservar nossos recursos naturais, para provar que o

futuro do nosso Universo tem todo o direito de esperar uma imprensa abrangente mas não necessariamente cooperativa. Eembre:

precisamos dos bichos-de-pé e dos carrapatos.

O Mar da Galiléia e o Mar Morto são alimentados da mesma fonte - a mistura do Monte Hermon - e ainda assim são muito diferentes. Comparado ao Mar da Galiléia, o

Mar Morto é realmente morto. Ele tem muito menos vida, não se move, ele não é atraente ou tentador. O Mar da Galiléia é rico em vida. Por quê? Ele tem um escoadouro.

Ele se escoia na planície da Jordânia, enriquecendo-a. As pessoas são assim: algumas pessoas são como o Mar Morto. Elas conseguem por conseguir. Outras são como o

Mar da Galiléia. Elas conseguem para doar.

Tanto no futuro como no passado essa será a tarefa e o desafio dos cientistas e das pessoas envolvidas com notícias: viajar juntos em um entendimento mútuo, através

da auto-estrada da informação. Odeio essa palavra. Não sei por que escrevi isso. Essa é a coisa mais tola. Ouço o vice-presidente Gore dizer: "Estamos em uma auto-estrada".

O que isso quer dizer, autoestrada? Bem, acho que isso vai surgir e receberá outro nome.

Precisaremos avançar em um entendimento mútuo pela auto-estrada da informação, bem como em quaisquer outras estradas que venham a surgir.

Até onde diz respeito à

revista Parade, espero que meu amigo Carl Sagan, um homem que realmente consegue para doar, ainda fique por aí por muito tempo, para fazer a jornada conosco.

#17

Ciência e ensino

BILL G. ALDRIDGE

Soluções no Ensino da Ciência (Ex-Diretor Executivo, Associação Nacional de Professores de Ciência)

O ensino da ciência nos Estados Unidos enfrenta sérios desafios em todos os níveis. Como nossa tecnologia se expandiu quase exponencialmente em diversidade e na

utilização entre todos os setores de nossa sociedade, a base de conhecimento associada a essa tecnologia também se expandiu, muitas vezes para aumentar ainda mais

o número de subdisciplinas de ciência ou de engenharia. Acompanhando essas mudanças há uma variedade de problemas sociais e globais que têm componentes tecnológicos ou científicos.

Em face dessa mudança tão drástica, o ensino em nossas escolas, e na verdade na maioria das escolas de ensino médio e nas universidades, permanece (em claro contraste com os estabelecimentos de treinamento das corporações americanas) muito atado a uma tecnologia de Terceiro Mundo:

livros, trabalho convencional de laboratório - quando e se existir um laboratório - e um professor em pé, perto de um quadro-negro, falando a um grupo de alunos

sentados nas cadeiras. As proeminentes e bem divulgadas exceções desse cenário estão confinadas a um número muito restrito de escolas nas quais foram postos muito

mais recursos do que na grande maioria das outras escolas.

A resposta de muitos educadores a nossos desafios científicos, tecnológicos e sociais é aumentar, mas não aprofundar, as experiências de seus alunos em relação ao

aprendizado de ciência. Além disso, há um esforço por parte de muitos notáveis educadores em ciência em instituições de educação, nas faculdades e universidades

- pessoas com grandes seguidores entre os professores de ciência - em responder aos desafios tecnológicos, científicos e sociais configurando o ensino de ciência

para um modelo altamente especulativo, criado a partir de uma mistura de filosofia

pós-modernista e algo chamado

#construtivismo radical, que nega o tipo de realidade objetiva que é inerente à reprodução das medidas e das observações feitas por cientistas independentes, bem

como a universalidade das leis da Natureza (von Glasersfeld, 1992).

O ensino da ciência também enfrenta três outros desafios sérios: primeiro e mais importante, e quase exclusivo dos Estados Unidos, a crença bastante equivocada entre

os estudantes, pais e, na verdade, cientistas, mesmo em face de provas contraditórias, de que a verdadeira ciência pode ser aprendida apenas por algumas pessoas

com determinadas habilidades e aptidões especiais e inerentes, e que a maioria de nós só pode aprender algo superficial e geralmente caracterizado como alfabetização

científica; em segundo lugar, a incapacidade da maioria dos educadores em ciência, e a falha da maioria dos cientistas - que conhecem as diferenças - em fazer claras

distinções para os estudantes e para o público, entre as observações e os dados empíricos, ou entre as relações e as leis empíricas, os resultados científicos que

são sujeitos a reprodução, e as teorias e modelos criados pela mente humana e usados para explicar ou justificar os aspectos empíricos da ciência; em terceiro lugar,

a confusão das distinções entre ciência e tecnologia.

A característica terceiro-mundista da maioria das escolas é uma carência direta da falha em dar recursos adequados para essas escolas. As exceções proeminentes

e bem divulgadas dessa situação são conadas a um número bem restrito de escolas para as quais foram alocados muito mais recursos do que para a grande maioria das outras escolas. Essas escolas excepcionais recaem em duas categorias, escolas para os superdotados e algumas poucas escolas para alunos com problemas de aprendizagem, geralmente melhoradas a tal nível que diminuem a crítica pública em relação ao triste estado de outras escolas semelhantes que têm recursos mais míseros. As exceções, escolas como a Academia de Illinois, a Escola da Carolina do Norte para Ciência e Matemática, ou a Escola Secundária Thomas Jefferson na Virgínia, gastam pelo menos dez vezes mais por estudante do que as outras escolas podem gastar. Na maior parte, tais escolas fazem pouco mais do que pegar os alunos mais motivados ou mais bem dotados de outras escolas, junto com uma parcela desproporcional de recursos. Elas criam um mecanismo para dar vantagem adicional aos que têm problemas de aprendizagem, um bom exemplo do bíblico efeito Mateus.

A escola secundária média nos Estados Unidos gasta anualmente cerca de seis dólares por aluno, com material, estoque e equipamento para ciência. Dado haver cerca

de 12 milhões de estudantes, dos quais apenas 25% estudam ciência em um dado ano, atualmente gastamos cerca de 24

milhões de dólares por ano. O aumento da tecnologia na escola precisaria de um incremento de, pelo menos, duas ordens de magnitude no nível desse tipo de suporte, aumentando o custo para cerca de 2,4 bilhões de dólares

ao ano. Portanto, é particularmente ofensivo ouvir, como geralmente ouvimos, a falsa afirmativa de que os professores têm resistência à tecnologia nas escolas e que é por isso que eles permanecem com a tecnologia de Terceiro Mundo.

#Ciência e ensino

237

O impulso para tornar a educação em ciência mais ampla nas escolas tem diversas formas. O fundamento é simples, mas logicamente defeutivo. É mais ou menos assim. Uma

vez que o mundo está se tornando mais complexo em termos de tecnologia e ciência e que enfrentamos uma miríade de desafios globais e sociais, o ensino de ciência

deve presumir o mesmo nível de complexidade no sentido de que ele se torna não só interdisciplinar na ciência, mas que se torna multidisciplinar, ampliando-se até

abranger saúde, economia, civismo e estudos sociais.

Posto que muitos problemas nessas áreas têm componentes científicos ou sociais, argumenta-se que os alunos devem aprender ciência nesses contextos - que, de acordo

com um relatório do Conselho Nacional de Pesquisa (Druckman, 1994) não fornece transferência de aprendizagem. A alternativa de aprender conceitos fundamentais, princípios

e leis da ciência que permeiam todas essas aplicações, é deixada de lado com base em que ela representa a educação tradicional da ciência que, pela maioria das

medidas, concordamos, tem sido um fracasso.

A falácia lógica tem duas partes. Primeiro, só porque o mundo é complexo e nossos problemas globais cobrem muitas áreas da ciência e da não-ciência, não quer dizer

que os métodos da ciência podem resolver esses problemas, ou que aprender a usar as palavras e os termos da ciência em seus contextos leva a uma capacidade de lidar com tais problemas. A outra falácia está na conclusão de que o fracasso da educação tradicional nos fundamentos da ciência demanda essa nova alternativa em particular

(a falácia do meio excluído). Há outras alternativas pelas quais essencialmente todos os alunos podem aprender os conceitos fundamentais, princípios e leis da ciência e podem usá-los nas aplicações agora e, mais importante, no mundo futuro e em suas novas e diferentes tecnologias e seu novo e diferente conjunto de problemas globais.

A questão mais séria no ensino da ciência é a mais recente novidade que assola a nação: o construtivismo radical e a visão pós-modernista. Se mal interpretada e

usada ou não, há um maior impulso para criar professores construtivistas e para injetar esse

elemento nas estruturas públicas do ensino da ciência. Sua rejeição do caráter objetivo da ciência e a afirmativa de que todo o conhecimento é criado subjetiva e individualmente oferece um fértil terreno para aqueles que querem que

os estudantes criem seu próprio conhecimento individual sobre o mundo natural, independentemente de ser fiel à realidade. O construtivismo radical, como usado no

ensino da ciência, é um relativismo peculiar do conhecimento da ciência, e é uma perversão da sabedoria comum de que, quando você ensina algo a alguém, você deve

começar com o que essa pessoa já sabe. Se esses educadores em ciência soubessem as diferenças entre essas teorias ou modelos de ciência que nós criamos para

justificar

o conhecimento empírico, o foco deles poderia legitimamente estar sobre a ajuda aos estudantes para que eles modifiquem a percepção que têm para, assim, melhor comparar

os modelos e teorias científicos que os cientistas criaram e testaram.

Há, dentro do construtivismo radical e do pós-modernismo, elementos de ciência antiocidente, se não anticiência. Geraíd Holton bem trata dessa #238

Bill G. Aldridge

questão de uma forma bastante abrangente em seu livro *Science and Antiscience* [Ciência e Anticiência].

Os problemas associados ao construtivismo estão diretamente relacionados à capacidade de diferenciar a ciência empírica da ciência teórica, ou distinguir os elementos

da ciência, como conceitos, definições, relacionamentos empíricos ou teorias e modelos. Quando chamamos a luz pelo nome ondas de luz, estamos impondo o modelo ondulatório

para a luz. Na verdade, há fenômenos luminosos que precisam de uma teoria de fóton. Nosso fracasso em reconciliar modelos de partícula e de onda não é um paradoxo

da Natureza. É nossa falha em encontrar um modelo ou uma teoria mais abrangente. Um bom exemplo dessa

distinção entre ciência empírica e teoria foi dado de uma forma

mais eloquente por Stephen Jay Gould em *Natural History*, em que ele faz a distinção entre os fatos da evolução e a teoria da seleção natural. Os componentes empíricos

refletem o que ocorre na Natureza; as teorias representam a capacidade dos humanos de criar explicação. Essa capacidade oferece oportunidade para alternativas - cada uma a ser testada por sua previsibilidade. Quando nosso uso de termos ou linguagem impõe um modelo ou uma teoria aos fenômenos naturais, não mais consideramos as explicações dos alunos sobre tais fenômenos. Deixamos de lado os aspectos mais excitantes e interessantes da ciência, levantando hipóteses que podem ser testadas e criando modelos ou teorias que podem ser comparados ao corpo de prova empírica.

Fazer a distinção entre ciência e tecnologia é realmente ver as diferenças entre a pequena quantidade de conceitos científicos, princípios e leis que justificam essencialmente todos os fenômenos naturais e todas as aplicações técnicas ou de engenharia, ou ver a ciência como esse enorme conjunto de fatos e informações que certamente são impossíveis de ser compreendidos. Enfatizar em demasia as aplicações para a atual tecnologia, à custa de fundamentos muito mais duradouros, priva o estudante da capacidade de adaptar-se a seu entendimento de uma tecnologia em mudança. E com relação à capacidade inerente e aptidão para a ciência? com certeza, há pessoas excepcionalmente talentosas, como Carl Sagan. Mas representam uma pequena minoria que provavelmente aprenderá independentemente das circunstâncias. A maioria de nós é muito mais parecida do que diferente no que diz respeito a essas capacidades.

E há provas consideráveis de que todos podemos aprender ciência a fundo, se assim for esperado e se tivermos a oportunidade e os recursos para fazê-lo.

Agora, o que a National Science Teachers Association (NSTA) [Associação Nacional de Professores de Ciência] está tentando fazer para ajudar os estudantes a aprender

os fundamentos da ciência real e suas aplicações? Como o apoio da Fundação Nacional de Ciência, em um projeto nacional plurianual, a NSTA está tentando reformar a ciência na escola de ensino médio (Aldridge, 1995; Aldridge e outros, 1997). O projeto chama-se, Scope Sequence and Coordination (SS&C) [Escopo, Sequência e Coordenação].

A ideia dessa reforma foi concebida no início da década de 1980, basicamente em resposta às práticas nas escolas de ensino médio dos Estados Unidos que fazem com

que a maioria dos estudantes não curse ciência no

#Ciência e ensino

239

nível superior. No que tem sido caracterizado como um bolo em camadas, a maioria dos estudantes norte-americanos estuda biologia em uma série, menos da metade vai

para química na série seguinte e apenas um de cada cinco continuam a estudar física na próxima série.

O atual currículo "bolo de camada" tem defeitos sérios. Poucos estudantes completam a sequência, produzindo uma porcentagem muito pequena de graduados que estudaram

as ciências físicas; a sequência dos cursos individuais é feita de acordo com a lógica da disciplina e não em termos de nível de abstração (por exemplo, na 7a série,

a biologia, a tabela periódica, com números quânticos são apresentados como base para a química orgânica molecular e estrutural; mas esses tópicos são simplesmente a forma concentrada do que deveria ter sido aprendido um ano antes em química); as matérias de ciência ou seu ensino não conseguem levar em consideração as metáforas e os preconceitos dos alunos; a terminologia é apresentada e então explicada, quando o que é necessário é a experiência antes da terminologia; tendo resultados separados de matérias para estudantes que não conseguem ver nenhuma relação entre as disciplinas ou aplicações da ciência com o mundo real; os cursos isolados, de 180 dias, não levam em consideração os benefícios do espaçamento, que permite a repetição em níveis cada vez mais elevados de abstração. O currículo bolo em camada, com suas limitações e fraquezas intrínsecas, pode ser apresentado como uma das principais causas do precário desempenho dos alunos norte-americanos em relação aos estudantes de outras nações industrializadas, onde a disciplina de ciência é estudada todos os anos dos graus secundários. A tão disseminada prática de trilha nos Estados Unidos também coloca muitos alunos em desvantagem ao procurar o estudo da ciência, quer sua meta final seja ou não o campo da ciência. Há claras evidências de que as oportunidades de ciência no nível médio em cursos tradicionais são muito limitadas para a maioria dos alunos. Esses estudantes são "... geralmente colocados inadequadamente no final da educação geral ou em programas vocacionais, têm poucos recursos, os piores professores e normalmente são privados de experiências práticas" (Oakes, 1990). A prova mostra que muitos jovens extremamente talentosos não são identificados no atual sistema de bolo em camada, por blocos, porque eles são removidos em um estágio inicial. Dados recentes mostram que o currículo bolo em camada dificultou a carreira em ciências ou engenharia para cerca de 79% dos jovens afroamericanos, 78% dos hispano-americanos e 78% dos americanos nativos que entraram na faculdade no outono de 1993, contra 28% dos asiáticoamericanos e 67% dos brancos ou outros grupos raciais ou étnicos. Esses são números de calouros que não fizeram o pré-requisito essencial de três anos de ciência no ensino médio (física, química e biologia). Se os elementos de escopo, sequência e coordenação (SS&C) da ciência do ensino médio estivessem em vigor na escola deles, teria havido oportunidade de seguir carreira universitária em ciência e engenharia para, pelo menos, mais 195 mil jovens afro-americanos, hispano-americanos e americanos nativos. #Nossa meta é substituir o currículo bolo em camada aos poucos, com um programa nas séries 7-12, nas quais essencialmente todos os alunos aprendem ciência todo ano em quatro matérias: física, química, biologia e ciências da Terra e espacial. O programa recentemente elaborado é feito em uma sequência adequada e as disciplinas de ciência são coordenadas de forma a ajudar os estudantes a verem a relação entre as ciências, bem como as aplicações da ciência. Mais importante: o projeto está

desenvolvendo materiais e métodos para atender nos novos Padrões Nacionais de Educação em Ciências. A ampla implementação de SS&C aumentará o conjunto de estudantes talentosos, enquanto também faz com que sua composição seja mais representativa da diversidade de nossa população em termos dos grupos atualmente pouco representados.

Quais são os elementos essenciais da reforma da NSTA na educação em ciência? A reforma SS&C tem os seguintes princípios fundamentais:

1. Oferecer ensino em ciência nas quatro áreas de matéria a cada ano: biologia, química, física e as ciências espaciais e da Terra;

2. Explicitamente levar em consideração o conhecimento e a experiência anteriores dos alunos, como expressos por seus preconceitos e metáforas (muitos deles disponíveis na literatura);

3. Conteúdo em sequência e o aprendizado dele, a partir de experiência concreta e expressão descritiva para o simbolismo abstrato e expressão quantitativa;

4. Oferecer experiência concreta com os fenômenos da ciência antes de usar a terminologia que descreve ou representa tais fenômenos;

5. Revisitar conceitos, princípios e leis em níveis cada vez mais elevados de abstração;

6. Coordenar o aprendizado nas quatro disciplinas de ciência para interrelacionar os conceitos e princípios básicos;

7. Usar o relevante poder de motivação a curto prazo ligando a ciência aprendida a áreas de matérias fora da ciência (tais como história, arte e música), para as

aplicações práticas de como os dispositivos em nossa tecnologia funcionam e para o desafio de resolver aqueles problemas pessoais e sociais que têm relevantes componentes científicos subjacentes;

8. Usar o poder de motivação a longo prazo do entendimento repentino e profundo da ciência e da maravilha que resulta da compreensão do poder e da universalidade

de um número relativamente pequeno de princípios fundamentais da ciência;

9. Cobertura de tópicos bastante reduzida, com mais ênfase na maior profundidade de entendimento dos poucos tópicos fundamentais;

10. Criar métodos de avaliação, itens e instrumentos para medir as habilidades do aluno, seu conhecimento, entendimento e atitude, tanto para a avaliação do programa

quanto para a exigência de colocá-lo nas séries, os quais que são bastante consistentes com os princípios 1-9.

#Ciência e ensino

A reforma NSTA do ensino de ciência completou sua fase na escola de ensino fundamental e está na fase do ensino médio. Cerca de treze escolas estão no grupo inicial

de escolas, inclusive uma do Estado de Nova York. As escolas incluem a total diversidade encontrada em nossa nação, incluindo escolas que são quase que exclusivamente

hispânicas, afro-americanas, americanas nativas (esta, uma escola de fronteira, tem quase 450 estudantes de 65 tribos diferentes) ou asiáticas. Elas também estão

em todos os níveis socioeconômicos. Essas escolas, que produzirão os primeiros graduados que podem alcançar os Padrões Nacionais de Educação em Ciência, serão seguidas

por outras que podem começar a implementação no outono de 1996. Obrigado à Microsoft, os materiais para alunos e professores da nona e décima séries são distribuídos

gratuitamente via Internet: [http:// www.Gsh.orgNSTA-SS](http://www.Gsh.orgNSTA-SS) and C.
Para a reforma sustentada da educação e ciência, os professores precisam aprender bem a ciência e, em diversos campos, as faculdades e universidades devem reformar o que e como elas ensinam a ciência, e nossas expectativas e atitudes em relação a quem pode aprender ciência devem mudar. E os cientistas devem aceitar a responsabilidade de definir o que é a ciência e qual ciência é mais importante para se aprender.

Bibliografia

OAKES, J. 1990. *Multiplying Inequalities. The Effects of Race, Social Class, and Tracking on Opportunities to Learn Mathematics and Science.* Santa Monica, CA: RAND.
VON GLASERSFELD, E. 1992. *Questions and Answers about Radical Constructivism.* In PEARSALL, M. K., ed., *Scope, Sequence and Coordination of Secondary School Science: Vol. II. Relevant Research.* Washington, D.C.: National Science Teachers Association.
DRUCKMAN, D. and BJORK, R., Editors. *Learning Remembering Believing: Enhancing Human Performance* (Washington, D.C.: National Academy Press, 1994), pp. 25-56.
ALDRIDGE, B., "High School Science Reform: Taking SS&C to a higher level", *The Science Teacher* (NSTA, Arlington, VA, Oct. 1995), pp. 38-41.
ALDRIDGE, B, LAWRENZ, F., and HLFFMAN, D. "Scope, Sequence and Coordination: Tracking the success of an innovative reform project". *The Science Teacher* (NSTA, January 1997), Vol. 64, #1, pp. 21-25.
A Microsoft Corporation apoiou o site global da escola e também está usando materiais SS&C em seu site Encarta:

<http://encarta.MSN.com/SCHOOLHOUSE>.

#Ciência, meio ambiente e política pública

#1

#18

A relação entre ciência e poder

RICHARD L. GARWIN Divisão de Pesquisa da IBM

Fico muito contente que Carl Sagan tenha chegado a seu sexagésimo aniversário, que tenha realizado tanto que um livro desses é mais do que adequado, e que eu tenha sido convidado para fazer um ensaio sobre "Ciência e Poder".

A ciência (o conhecimento da Natureza e da função do mundo e de suas partes) conota poder, se apenas algumas vezes o poder sabe quando sair do caminho.

A intervenção envolve com mais frequência a tecnologia tanto quanto (ou ao invés de) a ciência, e a tecnologia desenvolveu-se por muito tempo independente da ciência

formal. Agora, é claro, o avanço da ciência a tem tornado muito mais relevante para a tecnologia mais antiga e essencial para a tecnologia moderna.

O encontro de cientistas com poder militar ou político nem sempre foi agradável. Enquanto a morte de Arquimedes foi uma consequência desagradável da guerra, a retratação de Galileu foi uma vitória do dogma sobre a liberdade de expressão, se não liberdade de investigação.

Da ciência provém tanto poder absoluto quanto relativo - isto é, relativo, para uma pessoa. O benefício absoluto pode permitir que alguma sociedade melhore a qualidade

das colheitas, aprenda sobre a natureza dos planetas. O benefício relativo pode ter um valor mais imediato, como na fábula dos dois caçadores, George e Mike, perseguidos por um urso feroz. Correndo como se a vida dependesse disso, depois de um tempo George falou para Mike: "Não sei por que estamos correndo, todo mundo sabe que não se pode correr mais do que um urso feroz". E Mike respondeu: "Não preciso correr mais do que o urso feroz; eu preciso correr mais do que você". Então, mesmo que os governantes procurem uma corte de cientistas para saber das novidades ou para obter informações, e eventualmente para #contribuições práticas, foi o benefício relativo, especialmente em atividades militares, que produziu os vínculos mais próximos entre a ciência e o poder temporal.

Isso nos leva à ciência a serviço da competição, que não é o mesmo que a ciência competitiva. Alguns cientistas são competitivos por natureza uma qualidade que tende a ser valorizada na vida moderna e que, com a necessária regulação, é a base de muitas criações ricas e de muitos avanços dos tempos modernos. Às vezes se fala que a competição inerente à corrida de cavalo tem como propósito melhorar a raça e creio que é verdade; no entanto, também se pode ganhar uma corrida de cavalo drogando o cavalo concorrente ou subornando o jóquei.

Uma das principais formas de competição é a guerra, com a qual a ciência tem uma longa associação. Durante a Segunda Guerra Mundial, os cientistas britânicos foram incentivados ao patriotismo e ao medo da conquista para ver o que ele podiam dar em contribuição contra a ameaça nazista, e, estimulados pelos cientistas refugiados, os Estados Unidos mobilizaram sua comunidade científica para chegar à fusão, para ajudar a desenvolver e fabricar radares e para criar a bomba atômica - as duas primeiras armas nucleares usadas contra o Japão em agosto de 1945. A guerra dificilmente é um jogo, especialmente quando acompanhada por um plano e um programa de genocídio. A meta dos aliados era tanto louvável quanto necessária - parar a máquina de guerra nazista e, também, os militares japoneses. Os meios, contudo, eram destruir os inimigos e seus equipamentos e, eventualmente, o apoio industrial e pessoas.

Graças a gênios individuais e grupos, combinados com dedicação e energia, essa batalha crucial foi vencida. Mas ciência e tecnologia foram usadas efetivamente do outro lado também, particularmente em mísseis de longa distância. Depois da guerra, os Estados Unidos ficaram com uma enorme facilidade para produzir armas e o que foi visto como sendo um enorme sistema baseado na ciência para inventá-las e desenvolvê-las. Excetuando-se as tragédias pessoais e as mortes em combate, os Estados Unidos não sofreram materialmente com a guerra e então não enfrentaram de imediato a gigantesca tarefa de reconstrução, como enfrentaram seus aliados, a Inglaterra e a União Soviética, e os poderes derrotados ou libertos, como a Alemanha e a Polônia.

Na atmosfera pós-guerra imediata, não houve uma ameaça militar óbvia, mas houve um momento criado nos trabalhos de laboratório da época da guerra, junto com a excitação

e com o substancial apoio governamental. A maioria dos cientistas deixou o trabalho com armas por atividades universitárias, com a ciência agora por receber financiamentos substanciais de um governo e de um povo gratos. A indústria convencional, na maioria, realmente não sabia o que fazer com ciência. A indústria americana, no entanto, tinha necessidades de consumidores não atendidas e voltou a fabricar automóveis, refrigeradores, vagões e lâmpadas.

#A relação entre ciência e poder_____247

Foi necessária uma surpreendente iniciativa, como é relatado por Simon Ramo, particularmente, para finalmente criar uma indústria, totalmente baseada na ciência, de

armas modernas, seu comando e controle, e inteligência.

Mas estava claro que se o conflito de grande escala viesse, os Estados Unidos estariam mais bem servidos por versões mais avançadas (até mesmo por versões de menor

custo) de armas que tinham sido tão importantes durante a guerra, e Los Alamos voltou, bastante vagarosamente, a fazer versões melhoradas de armas a sã, a introduzir

o conceito da bomba auto-transportada de sã, e finalmente resolveu o problema de uma abordagem prática para uma arma termonuclear. Do conceito no início de 1951

até a explosão de dez megatons em menos de vinte meses, não foi um programa vagaroso.

O avanço em miniaturizar as válvulas e o rápido desenvolvimento de semicondutores eletrônicos após a invenção do transistor no Bell Telephone Laboratório permitiram

a realização prática de grandes quantidades de cálculo e a capacidade de controle dentro das próprias armas, e facilitou a comunicação onde tal computação necessitava

ser feita remotamente, por assim dizer. Então, os avanços dos tempos de guerra em termos de propulsão, estruturas e especialmente na organização industrial foram

seguidos por sucessivas gerações de armas e sistemas tais como os de defesa aérea, integração de plataforma e armas, e similares.

Mas ao mesmo tempo em que essa enorme indústria bélica dos tempos de paz surgiu, havia um inimigo potencial, mesmo identificado (e talvez parcialmente criado) por

algumas pessoas de visão (ou paranóicas) durante a própria Segunda Guerra Mundial. Era nosso único rival possível à época

- a União Soviética. E Stalin era um formidável inimigo, sem dó de seu próprio povo. Seu terror organizado era acompanhado pelo terror pessoal, fazendo com que

as pessoas temessem chegar a ele para discutir com vigor contra as atividades que eram prejudiciais para a União Soviética e até mesmo para o sistema que Stalin

estava tentando criar. A destruição da biologia soviética pela ascensão de Lysenko feita por Stalin podia ser evitada na física somente pela necessidade que Stalin

tinha de que os físicos criassem a bomba atômica soviética.

Agora temos bastante informação sobre esses assuntos, boa parte dela fornecida por pessoas que viemos a conhecer bastante bem, tal como Roald Sagdeev, Georgi Arbatov

e muitos outros. Em relação à bomba atômica soviética, agora temos o livro acadêmico de David Hollioway.

Mas do nosso lado, não tínhamos esse terror individual que agia contra as pessoas que falassem francamente a nosso presidente. Alguns não tiveram a oportunidade, mas geralmente aqueles que tiveram a oportunidade não tinham boa vontade (pelo que a eles parecia ser um bom motivo) para dar conselhos que pudessem ajudar. Quais são esses motivos?

Em primeiro lugar, suponho que haja a "autodúvida", apesar de esse fator não estar no topo da lista de pontos fracos que se poderia atribuir a muitos daqueles em posição de falar com o presidente.

#248Richard L. Garwin

Em segundo lugar, há o desejo de preservar a influência de alguém para o futuro e não sacrificá-la por algo que pode vir a ser uma causa perdida. Talvez fale um

pouco mais sobre isso mais tarde.

Se o conselho é secreto, quem sabe o que no é dito? Mas em relação ao conselho público para os que estão no poder, não me lembro de uma vez sequer em que não tenha

havido críticas por parte de um lado ou de outro, ou mais comum, pelos dois lados. Chegou-se a diversas soluções parciais. Em primeiro lugar, pode-se tentar ter

cientistas trabalhando como consultores, que tragam com eles a honestidade e o autoquestionamento que são essenciais para se conseguir fazer ciência. Além disso,

a peculiar mobilidade americana de pessoas entre papéis de perito externo e testemunhas no congresso; funcionários de período integral no governo e consultor; é

útil, e tivemos algum sucesso em transmitir isso a outros países.

A grande maioria dos cientistas ativos e efetivos na política pública está nas universidades, e elas assim desempenham um papel vital no nosso sistema democrático.

Cornell, o Instituto de Tecnologia de Massachusetts, Stanford e Harvard estão entre as universidades de onde vieram os colaboradores mais efetivos.

Além das universidades, grupos não-governamentais de interesse público, como a Federation of American Scientists (FAS) [Federação de Cientistas Americanos] que fez

cinquenta anos em 1995, têm um importante papel, muito em conjunto com os cientistas acadêmicos. Vocês leram um artigo de um membro da FAS, Ann Druyan, e vocês

estão lendo de outro membro, posto que sou vice-presidente da FAS e presidente do Fundo FAS.

Também de especial valor para o serviço do governo são as pessoas como Spurgeon Keeny, agora Presidente da Associação de Controle de Armas, e James R. Killian, primeiro

chefe do President Science Advisory Committee - PSAC [Comitê do Presidente para Aconselhamento em Ciência] da Casa Branca. Eles representam pessoas que não são cientistas

profissionais, mas que têm integridade e a combinação de confiança e autoquestionamento que são essenciais para a ciência.

O acompanhamento da influência científica sobre assuntos importantes é a tentação de manipular os outros. Há também o uso do poder e da influência contra a pessoa

do cientista, seus colegas ou mesmo contra instituições e famílias.

Por exemplo, quando Edward Teller estava em uma vigorosa campanha por um compromisso em relação à bomba de hidrogênio, J. Robert Oppenheimer, chefe do Comitê Geral de Aconselhamento da Comissão de Energia Atômica (e legendário Diretor de Los Alamos à época da guerra) apareceu em seu caminho. É apenas natural que alguém tente realizar sua meta e também remova os obstáculos, e parece que foi o que Teller tentou fazer nesse caso.'

Quando Hans Bethe e eu publicamos, em março de 1968, nosso artigo na Scientific American "Sistemas ABM", o Secretário do Exército, Staniey Eu acrescento que o avanço da civilização deriva, em parte, da autolimitação do natural.

#A relação entre ciência e poder _____ 249

Resor, assinou um memorando solicitando que o Exército conseguisse apoio entre os cientistas para o sistema que estava sendo ameaçado por nossos argumentos.²

Como um aparte, de minha própria experiência, o problema mais difícil para os que se interessam realmente não é se opor aos indivíduos que conhecem e são comprometidos com o outro lado, ou às pessoas que são comprometidas apesar de ignorantes, mas se opor a publicitários pagos, ou legisladores, ou àqueles que consideram que seu trabalho seja de atiradores contratados, e fazer qualquer coisa que não seja claramente ilegal para promover as metas daqueles que os contratam.

Em 1991, Ted Postol, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, teve a ingenuidade de analisar fitas de televisão das supostas interceptações dos mísseis Scud iraquianos por interceptadores Patriot da defesa aérea em Israel e na Arábia Saudita. A coragem de publicar os resultados renderam a ele o ataque organizado da Raytheon, fabricante do sistema Patriot. A definição de uma interceptação bem-sucedida agora parece ser que um míssil que esteja chegando tenha sido detectado e um interceptador lançado com sucesso.

O programa de Strategic Defense Initiative (SDI) [Iniciativa de Defesa Estratégica iniciado pelo presidente Ronald Reagan em 23 de março de 1983, com uma transmissão por televisão que surpreendeu não só os cientistas fora de sua Administração, mas também os cientistas e militares de dentro da Administração, é instrutivo na relação da ciência com o poder.

O Sumário Executivo do estudo do SDI, conduzido por James Fletcher em 1983, seguindo (não precedendo) o anúncio do programa SDI feito pelo presidente Reagan, não representou de forma justa o conteúdo e as conclusões dos sete volumes do estudo. Quando questionado, Fletcher reconheceu publicamente que não havia tido influência

no Sumário Executivo e, quando perguntado quem tinha escrito o Sumário, disse, pelo que ouvi: "Não perturbe. Alguém da Casa Branca, eu acho". Mas ele não contestou

publicamente a essência do Sumário. Pragmaticamente, o SDI dissecou os avanços tecnológicos necessários em partes manejáveis que podiam ser parceladas como contratos

para indústria - cada parte uma razoável ou principal extensão de nossa capacidade. No entanto, para que as metas do SDI fossem alcançadas, seria necessário o sucesso

de várias dessas melhorias elementares, bem como a cooperação de nosso adversário, a União Soviética

- dois fatos bastante improváveis.

Um diretor do SDI, tenente-general James A. Abrahamson, só foi nomeado quase um ano depois do discurso de Reagan. Tanto antes como depois daquela época, o major (agora coronel) Simon P. Worden tinha muita influência. Ele era um astrofísico com quem muitos de nós tivemos encontros tensos e geralmente desagradáveis durante nossas análises das perspectivas de sucesso do SDI. Mais tarde, ele se desculpou com alguns de nós por suas ações como um auto-reconhecido atirador contratado, mas isso não nos ajudou, nem à nação, à época.

Stan Resor agora é um leal aliado na luta por programas de defesa racionais, até reais.

#Infelizmente, é raro que um atirador contratado faça o que é necessário mesmo no campo científico menos controverso, e isso dá um documento razoável - não apenas

um gráfico. Mas eu tinha uma vasta correspondência com Peter Worden depois de ele ter afirmado que um espelho com diâmetro de dez metros, em órbita baixa da Terra,

poderia ser usado para focalizar

danificar a superfície da Terra, como se não houvesse uma diferença fundamental neste caso entre a luz desorganizada do Sol e a de um laser.

E mais do que uma ironia o fato de não ser tanto o que você não sabe que vai machucá-lo, mas o que você acha que sabe que não vai. Nesse sentido, admiro muito a

dedicação de Carl Sagan a desabar suas próprias conclusões. Não fiquei muito contente quando um conhecido cientista do Laboratório Nacional Lawrence Livermore, ativo

no SDI, não havia assimilado em 1985 uma simples análise de 1983 que enfatizava um único ponto:

se um míssil ofensivo pode ser destruído na sua fase de lançamento de quatro minutos de duração, por um interceptador muito rápido que precisa de um peso de lançamento

de cem vezes sua carga para alcançar a velocidade necessária, então será necessária uma massa de lançamento do interceptador de 100 x 100 ou 10.000 vezes sua carga

para destruir um míssil com uma fase de impulsão de dois minutos.³

Agora considere três casos:

- com uma arma na mão, abordo uma pessoa na rua que parece rica e ordeno: "Dê-me 100 dólares ou eu te mato", sou pego e mandado para a cadeia por assalto a mão armada.

- Se sem a arma no meu bolso, abordo a mesma pessoa e digo: "Dê-me 100 dólares ou meu irmão vai te matar", sou pego e vou para a cadeia por extorsão.

- Mas se eu for à televisão e ordenar ao público: "Dêem-me 300 bilhões de dólares para nossas atividades militares ou os russos vão matá-los" eu serei considerado

um grande patriota e talvez seja eleito para um alto cargo.

Há verdadeiros perigos e oportunidades nesse mundo e é por isso que nem sempre podemos estar errados no lado da precaução em resposta a toda afirmação de ameaça.

Além disso, os assuntos de armas e dos militares devem ser considerados juntos com as possíveis percepções e respostas de outras nações e com a estabilidade de um sistema interativo.

O controle das armas e o desarmamento são importantes opções que finalmente estamos começando a usar.

O que os cientistas podem fazer para ajudar nosso país e nosso mundo é muito limitado pela ineficiência de nosso processo político atual. No caso das atividades de

algumas pessoas em cargos públicos, o veemente protesto

Essa simples análise foi essencial para mostrar que os interceptadores leves não têm futuro para a defesa contra uma força de míssil de resposta - ou seja, um míssil

que leve em consideração a natureza da defesa.

#A relação entre ciência e poder_____251

do procurador Joseph Weich dirigido ao senador Joseph P. McCarthy na audiência do senador McCarthy sobre se a alegação de uma influência comunista no Exército americano

era adequada: " Você não tem vergonha?"

com seu poder pessoal desafiado nas atividades acadêmicas de apropriações para patrocínios políticos, o deputado John P. Murtha (D-PA), presidente do Comitê de

Defesa de Apropriações da Câmara, criticou seriamente o deputado George Brown (D-CA), presidente do Comitê de Ciência da Câmara, por ter retirado 900 milhões de

dólares da pesquisa acadêmica patrocinada pelo Departamento de Defesa. Na verdade, a Aviation Week and Space Technology de 3 de outubro de 1994 tem um editorial,

"Acabem com a apropriação para patrocínios políticos do R&D".⁴

E enquanto a postura de muitos na Câmara e no Senado, mas não de todos, é a favor do eleitorado e de admitidamente gastar a maior parte de seus esforços em angariar

fundos e créditos para reeleição, os funcionários das duas autoridades eleitas para o Órgão Executivo do governo americano vêm fazendo a mesma coisa por diversos

anos. Nosso Poder Legislativo parece ser 90% postura e 10% desempenho; a Causa Comum (sem surpresa) não atingiu suas metas de reforma.

Paradoxalmente, pode ser que

os Estados Unidos tivessem uma política de longo prazo mais coerente se as autoridades fossem limitadas a um único mandato, então elas poderiam concentrar-se em

fazer o trabalho para o qual foram eleitas.

A rara combinação de espetacular talento científico e dedicação ao interesse público tão aparente entre os convidados do simpósio do sexagésimo aniversário de Sagan

não terá validade alguma se nossa sociedade não puder se governar nos assuntos nos quais a ciência não é central. A democracia, que tanto prezamos, contém a semente

de sua própria destruição. O poder de escolher inclui o poder de escolher errado.

Na Rússia, há o risco de rejeição da democracia, mas também o há nos Estados Unidos. A menos que passemos a oferecer ao público, de forma mais efetiva, segurança,

emprego e assistência à saúde, vejo uma ameaça real de que o eleitorado escolha remédios que levarão ao desastre. Se aqueles de nós que têm algum poder não tratam

desses problemas porque é certo fazer assim, que o façamos porque nosso futuro depende dessa solução.

Na semana seguinte, o Comitê de Conferência da Câmara e do Senado reduziu o corte para

200 milhões de dólares - cerca de 10% da pesquisa universitária patrocinada pelo Departamento de Defesa.

#1

#19

Um mundo livre da ameaça nuclear?

GEORGI ARBATOV

Instituto de Estudos Americanos e Canadenses Academia Russa de Ciência
Estamos testemunhando um interessante paradoxo. Assim que as armas nucleares apareceram, houve (pelo menos oficialmente) um consenso quase unânime de que essas armas deveriam ser consideradas ilegais, banidas e destruídas. Uma vívida demonstração disso foi a primeira resolução da Assembleia Geral da Nações Unidas, unanimamente adotada em janeiro de 1946. A América naquela época apresentou propostas que pretendiam se desfazer das armas nucleares. Tenho em mente o famoso plano Baruch. Banir a bomba atômica também era a posição da União Soviética. As diferenças que evitaram um acordo mais rápido foram na maioria sobre detalhes, não princípios (assim parecia, pelo menos). Referindo-se ao clima daquela época, o falecido Phillip Noel-Baker disse: "Nenhuma voz foi levantada em país algum contra a proposta de que as armas atômicas deveriam ser eliminadas dos armamentos nacionais; a imprensa de todo tipo de opinião foi unânime".
Nos cinquenta anos que se passaram desde que as armas nucleares foram testadas pela primeira vez e pouco depois usadas, aprendemos muito sobre elas, sobre seu valor militar e político, inclusive o básico, eu diria, fato nal, acordado pelas duas maiores potências nucleares muito mais tarde: que uma guerra nuclear não pode ser vencida e nunca pode ser lutada. Apesar de as terríveis consequências do uso de armas nucleares estarem mais ou menos claras desde o início, o processo para sua conclusão (sequer falo aqui sobre sua implementação na estrutura prática, doutrina, arsenal de armamentos das forças armadas) não foi fácil. Logo nos dias seguintes a Hiroshima, alguns líderes políticos e militares consideraram seriamente, por mais de uma vez, a possibilidade de usar essas armas, fizeram exercícios militares com seu uso e então, algumas vezes, chegaram à conclusão de que, para usar as palavras do #então ministro da Defesa da União Soviética, N. Bulganin, as armas nucleares não são tão terríveis "quanto os imperialistas dizem", o que, na opinião dele, entre outras coisas, significava que a experiência adquirida durante a última guerra poderia ser usada no futuro com algumas pequenas correções (Nezavisimaja gaeta 6/06/1991).
O entendimento de que não se pode usar essas armas na guerra surgiu muito vagarosamente, e essa conclusão foi precedida por muitas tentativas de criar um recurso técnico ou estratégico, que tornaria possível e seguro utilizá-las. A Guerra nas Estrelas de Mísseis Antibalísticos foi apenas um deles. Muito estranhamente, esse entendimento não impediu a corrida de armas nucleares. Essa, parece, adquiriu vida própria e quanto mais óbvio ficou que as armas nucleares

não podem ser usadas para qualquer objetivo racional, mais intensa se tomou a corrida quantitativa e qualitativa por essas armas e pelos meios de soltá-las, às vezes até mesmo justificada pela falta de uso delas como forma de entrar em uma guerra. Um dos truques para fazer parecer que elas eram utilizáveis foi o tamanho menor e a seletividade (por exemplo, a assim chamada bomba de nêutrons, que pretendia matar apenas as pessoas e deixar intactos as cidades, os prédios, os equipamentos, etc.).

As promessas de verdadeira mudança só apareceram com o fim da Guerra Fria. Mas o caminho era longo e árduo e ainda permanece a dúvida se essa mudança é irreversível.

Durante esses cinquenta anos, toda a situação geopolítica no mundo precisou mudar radicalmente. Foi por necessidade um longo e doloroso processo. O mundo entrou em algumas crises políticas muito sérias e em guerras locais, embora muito destrutivas e sanguinárias. As vezes parecia que um conflito nuclear estava para acontecer

a qualquer momento. Por décadas, tudo que acompanhava a Guerra Fria, que na verdade constituía sua essência, floresceu: a corrida armamentista, atividades subversivas, propagandas caluniosas e outros instrumentos que pretendiam derrotar ou pelo menos desestabilizar um ao outro.

Parece que só depois de as maiores potências terem tentado de tudo para ganhar a Guerra Fria, sem sucesso, elas chegaram à conclusão de que, independentemente de

grandes riscos e gastos fantásticos, essas relações não prometiam nada. A Guerra Fria, assim como a guerra nuclear, não pode ser vencida e, portanto, seria bem melhor para os dois lados terminá-la. Cada país então pôde voltar às suas próprias atividades - ou seja, a sua própria economia doméstica e problemas sociais e políticos

- que até certo ponto foram negligenciadas por causa da Guerra Fria e, portanto, tomaram-se cada vez mais complicadas e, com o tempo, perigosas. Esse é, na minha opinião, o motivo e o modo pelos quais a Guerra Fria finalmente chegou ao fim. É claro, independentemente da futilidade óbvia dos esforços e do

cansaço crescente, houve também uma necessidade daquele famoso garoto de uma fábula, que dizia que o rei estava nu. Em outras palavras, foram necessários uma nação

e um homem de Estado que tivessem coragem e habilidade para iniciar o processo e mostrar a tolice de todo

#Um mundo livre da ameaça nuclear? _____ 255

o exercício, assim privando seu parceiro nos jogos da Guerra Fria de um inimigo, e automaticamente dando um fim à Guerra Fria. Esse papel essencial foi desempenhado

principalmente pela URSS, por M. Gorbachev e alguns poucos de seus colegas.

O fim da Guerra Fria mudou radicalmente as relações entre os antigos inimigos mortais, que também eram os principais rivais nucleares: a URSS, bem como a herdeira

de seu arsenal nuclear, a Rússia, e os Estados Unidos. Mesmo que eles não tivessem se tomado amigos, um conflito militar entre eles, especialmente um conflito nuclear,

já é simplesmente inimaginável, bem como um conflito militar entre a Rússia e qualquer país ocidental.

E - aqui está o paradoxo - apesar de todas essas importantes mudanças, as chances de criar um mundo livre do perigo nuclear parecem ao público hoje em dia ainda

mais distantes e vagas do que há meio século (isso não quer dizer, na realidade, que há cinquenta anos os planos e as esperanças de fazer isso não fossem uma ilusão).

Pelo menos esses problemas apareceram novamente entre os que estão sendo ativamente discutidos. Nesse sentido, eu faria referência a uma monografia de Pugwash, "Um mundo livre de arma nuclear", de 1993; e a "Armas nucleares" de E. Bahr (Ditchiey Park, 1993).

A situação parece estranha na verdade. As potências nucleares chegaram à conclusão de que essas armas não podem ser usadas em uma guerra, que elas são, por assim

dizer, armas políticas e psicológicas, que pretendem evitar uma agressão por meio da ameaça de retaliação que infringirá um risco inaceitável. Mas agora a ameaça

de uma agressão também desapareceu, o que torna as armas nucleares redundantes mesmo como uma arma política. A porta para um mundo livre do perigo nuclear parece

aberta. Ao mesmo tempo, no entanto, essa meta não parece menos distante do que parecia há meio século. Talvez pareça até mais distante.

Quais são os principais motivos para tanto?

Por que a ideia de um mundo livre de armas nucleares parece, mesmo hoje em dia, com as condições políticas radicalmente melhoradas, apesar de bem intencionada,

ainda idealista, baseada em ilusões e não na prática?

Ao ouvir os oponentes da ideia, não se pode escapar da impressão que pode ser, como temido pelos autores de Dr. Strangelove, que nós realmente

tenhamos aprendido a viver com a bomba nuclear e, mesmo que não a amemos, aprendemos a nos sentir bastante bem e confortáveis na companhia dela. Em relação a esse fato podemos também

ouvir algumas explicações, entre as quais umas poucas parecem racionais. Diz-se, por exemplo, que a humanidade tem convivido com as armas nucleares há meio século. Ao mesmo tempo, evitamos a experiência da

guerra nuclear e até mesmo de uma nova guerra mundial. Não foi exatamente o tremendo poder de destruição dessas armas que evitou que os governos as utilizassem? Se foi, não deveríamos rejeitar

toda a ideia de um mundo livre de armas nucleares como sendo perigosa e obsoleta?

Isso é assim porque a Guerra Fria terminou e as maiores potências nucleares normalizaram suas relações. Elas não ameaçam umas às outras com uma guerra, elas diminuirão

radicalmente seus arsenais nucleares e

#parece agora que elas estão prontas até mesmo para cooperarem entre si nesse campo. Nessa situação, uma quantidade razoavelmente pequena de armas nucleares pode

até mesmo estabilizar a paz, servir como uma garantia contra o comportamento criminoso de alguns governos que, tendo obtido algumas poucas armas, de uma forma ou

de outra poderiam chantagear o resto do mundo.

Em minha opinião, esses argumentos merecem uma resposta. Sim, a decisão de usar o poder destrutivo das armas, sem dúvida alguma, estava disponível para a liderança

política das potências nucleares e isso também significava envolver-se com crises que podem sair do controle, e desencadear uma grande guerra era muito mais difícil.

Mas mesmo hoje em dia não podemos dizer com certeza se foi graças a uma política sábia e prudente ou simplesmente à sorte que não chegamos a tais resultados. Esse foi só o alvorecer da era nuclear. Pode a existência da espécie humana depender sempre da sorte e do bom-senso dos líderes políticos? Temos visto entre eles personalidades como Hitler e, pelo menos no atual estágio da civilização política do mundo, ninguém ainda pode sentir-se imune a novos acidentes históricos desse tipo. Além disso, as chances de personalidades irresponsáveis governando uma potência nuclear e tomando decisões políticas em relação ao uso de armas nucleares está em uma relação bastante direta com o número de tais potências.

Aqui chegamos ao cerne da questão. Quando as armas nucleares continuam a existir e permanecem nos arsenais mesmo de algumas potências selecionadas, a proliferação se torna praticamente inevitável. Esse fato aumentará radicalmente os riscos.

Se justificarmos as armas nucleares como instrumentos de repressão que podem evitar a agressão e assegurar a segurança de seu próprio país, não se pode privar os outros países do direito de desfrutar do mesmo tipo de segurança. Caso se continue a reconhecer a igualdade, os direitos iguais à segurança como um princípio de relações entre as nações, um princípio básico do direito internacional, aconteceria uma proliferação universal.

Mais um comentário: a força destrutiva das armas como um fator de restrição às lideranças políticas tem um valor bastante relativo. Qual é o limite que inibirá os políticos de seu - deixemos ser apenas uma ilusão uso limitado? Há poucos exemplos nos quais mesmo pessoas brilhantes mostraram estar erradas em seus julgamentos sobre o poder de destruição das armas como um meio para acabar guerras. Alfred Nobel, por exemplo, estava certo de que sua invenção, a dinamite, teria esse papel.

Friedrich Engels, que, qualquer que seja a atitude que se tenha em relação ao marxismo, foi um excepcional cientista social e devotou muita atenção aos assuntos militares, tinha certeza de que a invenção da arma automática impossibilitaria novas guerras. Os dois, assim como muitos outros que fizeram previsões semelhantes, estavam errados.

Uma coisa, é claro, pode desculpar pessoas como A. Nobel ou F. Engels. A atitude deles foi racional: com os novos meios de destruição em massa e aniquilação em massa proporcionados pelas conquistas da ciência e da tecnologia, a guerra estava virando uma luxúria que a humanidade não mais suportaria. Mas essas pessoas racionais subestimaram a força do irracional que está oculta no nacionalismo: ganância, xenofobia, fanatismo político e zelo missionário, bem como as consequências irracionais de uma batalha interna pelo poder, que muitas vezes influenciou e até mesmo determinou as decisões de política externa dos

governos. Quem pode garantir que tais erros, subestimando as consequências do uso de novas armas, não seriam cometidos no futuro? Cito esses exemplos também para mostrar, entre outras coisas, que a invenção de armas nucleares não foi um acidente, mas um estágio lógico na evolução da elevada arte de assassinato em massa e destruição em massa. A arma final, conclusiva, também poderia tornar-se algo mais: uma nova substância química ou biológica se precisasse vir da família de armas que de uma forma ou de outra já existem, bem como algo mais exótico, que ainda está por ser descoberto apenas nos romances de ficção científica.

Meu ponto principal é que no curso da história, a tecnologia em geral, a tecnologia militar em especial, como regra, desenvolveu-se muito mais rápido e de uma forma muito mais dinâmica do que a organização civilizada da sociedade e das relações internacionais. Isso criou uma lacuna que sempre aumenta e que, por sua vez, abriu uma perspectiva ainda mais realista de um suicídio coletivo para a humanidade, de uma guerra que de uma vez por todas destrua a civilização humana.

Parece que a primeira vez em que as pessoas começaram a ver e a entender isso foi durante a Primeira Guerra Mundial.

É por isso que ela foi declarada "a guerra que deveria terminar com todas as guerras", e a própria guerra terminou não só com o ato de capitulação, costumeiro nesses casos, mas também com uma tentativa de criar um sistema de segurança internacional, sob liderança da Liga das Nações, que, esperava-se, evitaria qualquer repetição da trágica experiência.

Essa tentativa, como se sabe, fracassou. A Segunda Guerra Mundial foi um alerta ainda mais sinistro sobre o possível desastre iminente para a humanidade. Dessa vez o alarme era ainda mais difícil de ser ignorado porque a guerra terminou com Hiroshima e Nagasaki.

Como logo aconteceu, esse alarme também foi até certo ponto ignorado. A Guerra Fria começou muito cedo. E foi diretamente ligada à ameaça nuclear. Tivemos sorte:

a ameaça, às vezes muito grande, não se materializou. Depois de a Guerra Fria terminar, finalmente conseguimos uma oportunidade única de sair da ameaça.

Aqui volto à questão já levantada no começo: por que nós não parecemos estar ansiosos para pegar essa oportunidade? A razão já mencionada é séria, mas não é a única.

A era nuclear deu vida à sua própria mitologia. Um dos mitos já citamos: o alegado efeito estabilizador sobre a força destrutiva das armas nucleares. Mas esse não é o único.

Um outro é que as armas nucleares são baratas, não custam nada se comparadas às armas convencionais. Esse mito é baseado em simplificações excessivas e, portanto, está errado. Sabemos muito bem, com a experiência passada, que logo depois de as armas nucleares aparecerem nos arsenais, as potências nucleares começam a entender que elas não podem

ser usadas em qualquer conflito militar sem causar um total holocausto nuclear. Portanto, para ter opções e para estar pronto para enfrentar prováveis desafios militares, é necessário que se complete um conjunto das mais modernas armas convencionais, e em grandes quantidades, porque a simples existência de armas nucleares militarizou o mundo e criou grandes incentivos para a produção de quantas armas fossem possíveis e até mais... Os fatos inflexíveis mostram que nunca as principais potências gastaram mais em armamentos, em época de paz, do que depois de se tornarem nucleares.

Há muitos outros motivos por aí que explicam por que é melhor refrear as armas nucleares. Eu, pessoalmente, considero apenas um deles como realmente sério. É a preocupação se a coibição nuclear não voltará a ser necessária, devido à instabilidade política, dúvidas se a atual situação internacional prevalecerá e se ela pode se desenvolver em um sentido positivo.

Creio que essa pode vir a ser uma profecia que se concretiza. O primeiro motivo que vejo aqui é a pesada carga de militarismo herdada da Guerra Fria. Montanhas de armamentos; grandes forças armadas; enormes indústrias de defesa (no meu país, cerca de 50% da indústria no geral) e ciência, servindo à máquina militar e paga por ela; enormes interesses econômicos

e políticos, que abrangem um influente lobby - tudo isso cria uma força que, no caso de se abrir uma oportunidade conveniente, pode retroceder todo o curso dos fatos

(pelo menos por um certo tempo). Diria mais: não se pode excluir a possibilidade de que essa força venha a ser capaz, na ausência de verdadeiros motivos para tais retrocessos, de criá-los artificialmente.

O legado da Guerra Fria não deveria ser reduzido a armas, forças armadas e indústria de defesa. Ele contém também um certo tipo de mentalidade política que faz surgir

suspeita, nacionalismo e grandes ambições por poder que facilmente poderiam levar a sérios problemas, atritos políticos e mesmo conflitos. Até nos liberarmos desse legado, é difícil esperar que as potências nucleares estejam preparadas para desistir de seus arsenais nucleares, e desejem fazê-lo, mas

esses avanços ainda não ocorreram na situação internacional. Pode-se dizer mais: ainda é difícil, na situação atual, considerar as mudanças positivas que aconteceram

nos assuntos mundiais, especialmente o fim da Guerra Fria, como já sendo irreversíveis.

Eu, por um lado, poderia imaginar alguns cenários de acordo com os quais os avanços na Rússia

tornarão possível uma volta às relações hostis. Isso poderia ser facilitado,

ou até mesmo iniciado, por certos comportamentos ou ações por parte dos Estados Unidos.

No que diz respeito ao meu país, tenho em mente duas questões parcialmente interligadas: o colapso econômico e uma explosão de nacionalismo e neo-imperialismo, seguido

pela introdução, de uma forma ou de outra, de uma ditadura. As perspectivas de um colapso econômico infelizmente tornaram-se bastante reais como um resultado lógico

da assim chamada reforma Gaidar - terapia de choque, que já foi testada em muitos países (a maioria em desenvolvimento) e que fracassou em quase todos os

#Um mundo livre da ameaça nuclear? _____ 259

lugares. Para a Rússia, esses quatro anos da nova política econômica foram um verdadeiro desastre.

Inflação galopante (os preços aumentaram em centenas de vezes); um decréscimo de mais de 50% na produção; o empobrecimento da maioria da população e a chocante prosperidade

de alguns poucos rendendo um consumo conspícuo; um tremendo aumento da criminalidade e da corrupção;

um estado deplorável; o declínio da pouco custeada educação, cultura, ciência e saúde; a desintelectualização e a degradação moral de uma significativa parcela da

população; um aumento na mortalidade e uma diminuição na taxa de natalidade: esses são os principais resultados da reforma Gaidar. E ainda não chegamos ao fundo.

Isso quer dizer que se a política econômica não for mudada na maior brevidade possível, a economia vai despencar. O colapso será inevitável.

Isso também terá consequências de longo alcance para nossa política externa. Um resultado muito provável de um colapso econômico será, como já mencionado, uma ditadura

(a miséria econômica já aumentou a influência dos extremistas da direita e da esquerda, o que as eleições de dezembro de

1993 mostraram da forma mais óbvia). Para legitimar-se, para justificar a opressão política, será necessário um inimigo externo (no caso de necessidade, pode-se

inventar

um) e tensões internacionais. Tanto é que, na mente de muitos russos, a terapia de choque está associada à influência, ao conselho e até mesmo à pressão (tanto política quanto financeira) do Ocidente.

Quanto mais óbvio o fracasso da reforma de Gaidar (ou do Fundo Monetário Internacional), mais popular

torna-se entre os russos a teoria de que isso na verdade é uma

conspiração, que nós enfrentamos aqui uma tentativa consciente dos americanos, e de seus aliados, de impor à Rússia uma política que minaria nossa economia, desindustrializá-la-ia

transformando-a em um tipo de país de Terceiro Mundo, cuja função econômica será reduzida a um papel de fornecedor, do Ocidente, de matéria-prima e de um depósito

para o lixo tóxico deles.

Muitas vezes tentei argumentar contra esses pontos de vista, dizendo que apesar de encontrarmos americanos que aceitariam de bom grado essa política, assim de uma

vez por todas eliminando o arquiinimigo, há muito mais americanos que entendem que o caos econômico na Rússia será seguido, nesse país altamente militarizado e que

possui um grande arsenal de armas nucleares, por um caos político muito perigoso para o Ocidente também. Mas o inflexível apoio dos americanos à reforma Gaidar

torna

essas razões cada vez menos persuasivas aos ouvidos russos.

Para ser honesto, tal situação já começou a reviver alguns sentimentos antigos de desconfiança em relação ao Ocidente (particularmente sentimentos antiamericanos)

e junto com a miséria econômica, um ar de humilhação nacional, que sempre gera o nacionalismo.

É claro que o nacionalismo não tem raízes apenas econômicas. Há (e não só entre os russos) um sentimento de uma certa nostalgia pela velha e grande União Soviética.

Muitos deles sentem que não desfrutam de sua antiga segurança, que não são tratados pelos outros países, inclusive os Estados Unidos, como iguais, com a devida

estima e respeito por seus direi-

#tos. Há também o problema bastante real dos 25 milhões de russos que de repente se viram no exterior, às vezes sentindo-se (em alguns casos com razão) discriminados

e limitados em seus direitos humanos. Há também cidadãos de outras repúblicas antigas da URSS, que agora vivem fora do país ao qual pertencem etnicamente.

É natural que em um antigo império o nacionalismo seja ligado às ambições imperiais, o que o

torna ainda mais perigoso.

Falei sobre o meu país, mas o problema é de importância universal. E um problema de todo e qualquer país, porque a segurança da comunidade mundial e a garantia contra

a ameaça de uma guerra nuclear estão em jogo.

Esse também é um problema universal em outro sentido. Depois do final da Guerra Fria, ao que parece, todos os países ficaram muito complacentes, muito seguros de

que os problemas de sua segurança já estavam solucionados e de que eles poderiam concentrar toda a sua atenção e seus recursos em outras coisas. Não tenho dúvidas

de que muitos deles são realmente urgentes. Mas ainda é muito perigoso esquecer ou negligenciar a segurança e a política externa, especialmente se levarmos em conta

que a Rússia, a elite política russa, por causa de falta de experiência, educação e muitas vezes capacidades elementares (uma porção de gente preencheu postos importantes,

sem seleção, geralmente por sorte), não está pronta para iniciativas audazes e criativas. Nós, por sinal, demos nossa parcela dessas iniciativas no governo de Gorbachev,

que também teve um papel bastante significativo nas mudanças positivas dos últimos anos, pondo um fim à Guerra Fria. Então, agora é a vez dos americanos, do Ocidente.

Aqui gostaria de voltar ao tópico de um mundo livre de armas nucleares. Na minha opinião, o maior ponto fraco da maioria das publicações dedicadas a esse assunto

é que os autores tratam o problema da completa aniquilação das armas nucleares principalmente como sendo uma questão técnica. Entendo muito bem a importância dos

aspectos técnicos do problema. Se não forem tratados com o devido cuidado, eles podem criar um obstáculo insuperável. Mas o mesmo é ainda mais verdadeiro quando

tratamos dos problemas políticos que podem se tornar um obstáculo para um mundo livre de armas nucleares.

Para ficarmos livres das armas nucleares, para bani-las e para reforçar efetivamente um regime mundial livre de armas nucleares, é necessária uma verdadeira revolução

nas relações internacionais, na abordagem de toda a comunidade mundial e, acima de tudo, das grandes potências, com relação aos princípios básicos de seu comportamento

internacional, da soberania, do uso da força e do jogo limpo na política externa.

Isso deveria começar com uma total parada da corrida armamentista nuclear. É claro que a intensidade dessa corrida diminuiu, talvez quase tenha parado. Por que digo quase? Em primeiro lugar porque não estou absolutamente seguro de que a produção de todas as armas nucleares tenha cessado. Apesar de nós, dos dois lados, destruímos antigas ogivas, não se pode ter certeza de que a produção de novas armas tenha sido cancelada. O pretexto de modernização pode justificar essa produção, bem como o trabalho em novos modelos nos laboratórios. O maior perigo é que a melhor

#Um mundo livre da ameaça nuclear? _____ 261

parte, e talvez a maior, da infra-estrutura científica e industrial para a produção de armas nucleares permanece intacta. Isso quer dizer que a corrida armamentista

nuclear pode facilmente recomeçar, pelo menos em teoria. Não acho que nesse momento esse é um perigo real.

O fim da Guerra Fria apresentou-nos uma chance única para encerramos a corrida armamentista e, talvez, termos sucesso na busca de um mundo livre de armas nucleares.

é claro que para tanto será necessária uma revolução em nossas atitudes, nossa política, nossas relações, como já mencionei.

Essa revolução como única alternativa para o suicídio coletivo é, de qualquer forma, iminente. Mais cedo ou mais tarde, por causa da ameaça das armas nucleares ou

por causa de algum outro feito da ciência e da tecnologia militar, a humanidade, se não mudar sua forma de comportamento, está fadada à autodestruição.

Geralmente, ao discutir a nobre causa de livrar nosso planeta das armas nucleares, os especialistas tentam mostrar a possibilidade de chegar a um acordo para se

desfazer delas com um meio já inventado de guerra, apontando o exemplo das armas químicas e biológicas. Compartilhando do desejo deles de ficarmos livres das armas

nucleares o mais rápido possível, tenho a dizer que essa analogia não é muito

correta e, portanto, não serve de boa referência. Se as grandes potências, sem o consentimento

e até mesmo desejo das quais os tratados de banir as armas químicas e biológicas não poderiam ser concluídos, não tivessem armas nucleares, esse banimento seria

bastante improvável.

Talvez seja exatamente a posse de armas que as tenha preparado para concordar com as limitações de tipos menos importantes de formas de guerra, especialmente porque

é muito mais fácil para uma porção de outros países, entre eles os menores e mais pobres, adquirir essas armas, também pondo em perigo as grandes potências, minando

até certo ponto o monopólio delas sobre a dissuasão militar.

Concordar com o banimento de armas nucleares seria muito mais difícil para elas, mesmo depois de os obstáculos citados terem sido removidos.

Elas esperariam uma

série de garantias: garantias de um estado de questões mundiais que excluísse qualquer ameaça militar a elas e que garantisse que ninguém poderia trapacear, mesmo

escondendo uma pequena parte de seus antigos arsenais nucleares ou criando, clandestinamente, algumas armas novas. E isso quer dizer transparência total e absoluta, bem como meios mais invasivos de verificação. Isso também significa um novo papel das organizações internacionais, o de garantir a segurança - um direito indiscutível e um mecanismo eficiente para impor suas decisões em relação à inspeção ou destruição de certas instalações. Em outras palavras, uma transição da manutenção da paz para a imposição da paz, por meio de organizações internacionais e sob sua vigilância.

Esse é um caminho bastante longo, complicado e talvez penoso - uma verdadeira revolução nas relações internacionais. Mas temo que esse seja o único caminho para garantir nossa sobrevivência.

A desinvenção das armas nucleares é, sem dúvida, impossível. A única substituição seria se o banimento e a destruição delas fossem acompanhadas da invenção de um novo tipo de relações internacionais, que tornaria essas armas, assim como a maioria das outras armas, redundantes, inúteis e até mesmo ridículas.

Enquanto isso, há uma tarefa muito importante e urgente de evitar o roubo de armas ou material fósil e de outros ingredientes que permitam a um marginal internacional criar talvez até mesmo algumas armas, permitindo que ele chantageie a comunidade mundial. A antiga União Soviética atualmente está em uma desordem tal que, nesse sentido, cria-nos uma preocupação especial. Não quero diminuir nossa responsabilidade em particular, mas aqui a necessidade de uma cooperação internacional ampla e muito próxima é de importância excepcional.

Agora - pelo menos dizemos isso - a antiga URSS e os Estados Unidos não se consideram inimigos, não se sentem ameaçados um pelo outro. Os dois países consideram a proliferação nuclear como sendo a maior ameaça externa. Para isso é necessária uma cooperação bem próxima. Esse também é o principal motivo por que um mundo livre de armas nucleares é tão importante para a nossa segurança.

Entendendo as dificuldades, alguns especialistas propõem compromissos, como a coibição limitada ou um pequeno arsenal nuclear pertencente às Nações Unidas. Penso nisso como importantes passos para a meta final, que são bem-vindos e razoáveis. Mas a meta não deve permanecer o mesmo mundo livre de armas nucleares, completamente livre, sem nenhum compromisso, porque senão o risco de proliferação, que também significa perigo de uma guerra nuclear, continuará conosco, prestes a explodir mais cedo ou mais tarde.

Também é importante reconhecer que todos os passos em direção a um mundo livre de armas nucleares correspondem à lógica do desenvolvimento normal das relações internacionais, garantindo a sobrevivência e o bemestar da humanidade. Considerações sobre segurança, progresso econômico, segurança ecológica - todos apontam para a mesma direção. Não é um problema de sacrifícios, mas de interesses comuns em todos os passos desse longo e difícil caminho - do primeiro ao último passo.

Georgi Arbatov

#262

Voltando à situação internacional atual, tenho a dizer que ela cria uma impressão de grande euforia desde o fim da Guerra Fria. Sim, esse é um grande feito, mas diversos problemas continuam sem solução. E tem-se a impressão de que a maioria deles nem sequer está na agenda das negociações atuais. Para ser honesto, nenhum governo (e, creio, a maioria dos especialistas) estava muito preparado para a nova situação pós-Guerra Fria, às vezes nem mesmo imaginando os problemas e os desafios que enfrentaremos depois que a Guerra Fria acabar ou, pelo menos, sem certeza sobre como lidarmos com eles. Esse é um dos motivos por que nenhum de nossos países hoje em dia tem uma política abrangente, realmente pensada, ajustada às novas realidades. Em particular, a despeito da séria situação econômica (e no meu país uma situação desesperadora), gastamos muito com armas e forças armadas, às vezes justificando esse fato com a explicação de que simplesmente não temos dinheiro para o desarmamento e para a conversão

#Um mundo livre da ameaça nuclear? 263

da indústria militar. As mudanças na política são muito lentas e superficiais. Normalmente, reagimos a eventos e a desafios e somos muito lentos com um programa de longo prazo que vise criar um ambiente internacional são e seguro para nós mesmos, nossos filhos e os filhos e netos deles. Essa situação, a meu ver, não é sustentável.

#20

Carl Sagan e o Inverno Nuclear

RICHARD P. TURCO

Departamento de Ciências Atmosféricas e Instituto de Geofísica e Física Planetária,

Universidade da Califórnia, Los Angeles

Não houve poder maior por trás do desenvolvimento da teoria do Inverno Nuclear, e sua aplicação para assuntos críticos da política das armas nucleares, do que a

determinação da mente de Carl Sagan. Quem mais poderia ter tido a visão para prever, mesmo ao estudar o Cosmo, a eventual auto-aniquilação de nossa espécie por armas

de um poder de destruição sem precedentes, controladas por brilhantes mentes abjetas? Ninguém mais teve a vastidão de interesse e conhecimento; nem a dedicação e

a coragem para confrontar as duas mais poderosas e entrincheiradas organizações burocráticas da história - os estabelecimentos de defesa dos Estados Unidos e da

antiga União Soviética. O Inverno Nuclear foi descoberto na convergência de duas linhas de pensamento bastante diferentes. Uma envolvia o grande interesse de Carl

pela vida, pela inteligência e pela origem do Universo. Esses interesses eventualmente levaram Carl à pantanosa fronteira da política e da física de armas nucleares,

na qual apenas especialistas ousaram se aventurar antes. Felizmente, os interesses de Carl são tão diversos que os elos entre a ciência planetária, o clima, a biologia,

a evolução, a economia e a política pública tornaram-se, de uma vez só, lógicos e naturais. Nesse sentido Carl é único entre seus companheiros. Ele não é apenas

um analista de primeira dos eventos que ocorrem no mundo natural, ele é um acadêmico das letras com excelente habilidade para escrever e, importante, ele é um homem de consciência que deseja abraçar o dogma mais tenaz. Sob esse aspecto, não nos surpreende que ele fosse encontrado, armado com seu penetrante ponto de vista sobre a ciência, entrando no pântano da política nuclear, procurando por dragões para matar.

#266Richard P. Turco

A segunda trilha convergente para o Inverno Nuclear envolve diversas revelações independentes relativas a impactos de meteoros e extinção dos dinossauros, e uma

descoberta mais tempestiva feita por dois cientistas atmosféricos - Paul Crutzen e John Birks - de que a umaçã pode vir a ser um problema depois de múltiplas detonações

nucleares. O trabalho mais recente, publicado no periódico sueco *Ambio*, em 1982 (Crutzen e Birks, 1982), deu início a uma pesquisa que gerou a hipótese do Inverno

Nuclear e colocou em movimento um dos mais calorosos debates científicos do século. Na verdade, logo depois em 1983 houve o artigo crucial da revista *Science* que definiu, pela primeira vez, um Inverno Nuclear (Turco et al., 1983; também Turco et al., 1984, Turco et al., 1990; Turco et al., 1991). A publicação desse conceito

provocante e contraditório foi em grande parte resultado do patrocínio e da dedicação científica de Carl.

O Inverno Nuclear, nascido na confluência dessas duas trilhas, lançou uma flecha no coração de uma infra-estrutura de armas nucleares firmemente estabelecida, que

por quatro décadas não foi, em essência, reprimida em suas hipóteses, ações e orçamentos. com a publicação, em 1990, de uma análise detalhada das implicações científicas

e políticas da hipótese da Guerra Fria (Sagan e Turco, 1990), Carl finalmente abriu um caminho racional para a eliminação das armas nucleares.

Como aconteceu, a União Soviética estava em um estado de colapso terminal à época, parcialmente sob o peso de um sistema econômico impossível, mas talvez também

exacerbado por estresses das políticas nucleares internacionais que uma vez foram onerosas e agora potencialmente auto-destrutivas. Na verdade, a década de 1990

finalmente testemunhou a dramática reestruturação das relações, das políticas e dos arsenais das superpotências mundiais. No entanto, apesar desses avanços inesperados

e dramáticos, a infra-estrutura nuclear permanece rígida hoje em dia - isolada da realidade de uma nova ordem mundial por um medo mordaz e pelo interesse próprio.

Não é necessário ser um cientista de foguete (ou até mesmo um físico) para entender a apavorante ameaça das armas nucleares. No deserto próximo de Alamogordo, Novo

México, em 16 de julho de 1945, a primeira detonação nuclear feita pelo homem produziu uma luz penetrante que humilhou a maioria dos cientistas que a testemunharam,

convertendo muitos deles em eternos engajados em campanhas contra o fruto de sua própria imaginação. Mesmo assim, a posterior aniquilação nuclear das cidades japonesas

de Hiroshima e Nagasaki, em 1945, não conseguiu superar o medo americano dos exércitos soviéticos (e vice-versa). Os programas de desenvolvimento de armas nucleares nos dois países cresceram exponencialmente. Trilhões de dólares e rublos foram gastos desde então, e o resultado é uma coleção mundial de armas nucleares que, mesmo depois dos recentes cortes, continua 10% maior do que o necessário para atingir os objetivos políticos nacionais e internacionais, tanto existentes quanto projetados, principalmente o de evitar a agressão. Para justificar os programas de armas durante a Guerra Fria, os defensores gastaram muita energia criando um faz-de-contas de homens e de #Carl Saan e o Inverno Nuclear lacunas - por exemplo, a lacuna do míssil, a lacuna do bombardeiro e a lacuna do Veículo Múltiplo de Reentrada com Alvo Independente (Multiple IndependentIy-Target Reentry Vehicle - MIRV) - nenhum dos quais realmente existia. Foram gastos vultosos recursos também estudando os efeitos das detonações nucleares e fazendo uma série de experimentos eticamente questionáveis com materiais humanos, e que só recentemente vieram à tona. É impressionante que milhares de peritos em defesa, que trabalham há quarenta anos, pareçam ter deixado escapar um dos efeitos mais importantes - a mudança ambiental e climática do mundo decorrente da fumaça.

FIGURA 20.1

O incêndio controlado em Chapleau, Canadá, em agosto de 1985. A base do fogo tem aproximadamente um quilômetro de diâmetro. O cogumelo de fumaça elevou-se em cerca de vinte mil pés (6.085 m) na atmosfera e a fumaça densa espalhou-se na direção do vento por mais de cem quilômetros do local. (Fotografia de R. Turco, 1995). Todo mundo sabe que o fogo produz fumaça. Um caso excepcional é um bico de Bunsen bem controlado, no qual a chama é limpa e azul. A figura 20.1, por outro lado, mostra uma grande queimada em uma floresta, de cerca de meia milha (0,8 km) de extensão, que está mandando uma densa fumaça para a atmosfera mais alta. Os incêndios nos poços de petróleo no Kuwait durante a Guerra do Golfo Pérsico fizeram-nos lembrar que o petróleo, em particular, produz muita fumaça escura, cheia de fuligem, formada por incontáveis partículas microscópicas de aglomerado de carbono em #longas cadeias e agrupamentos. O efeito de tal fumaça sobre a luz do Sol na atmosfera é previsível: em grandes quantidades, ela pode transformar o dia em noite. O que não está tão claro, mas o que Carl e outros demonstraram, é que a fumaça também pode resfriar o clima. Orientada por Crutzen e Birks, a equipe do TTAPS foi organizada sob liderança de Carl para investigar esse importante efeito. TTAPS é o acrônimo formado pelas iniciais dos sobrenomes dos autores do documento da Science sobre Inverno Nuclear - Turco, Toon, Ackerman, Pollack e Sagan (Turco et al., 1983). Lembro-me da primeira reunião com Carl na sua casa de fraternidade em Ithaca, Nova York, no fim de 1982. Brian Toon e eu fomos convocados por Carl para irmos ao leste, e ele estava se preparando

para a conferência via satélite. O Mundo Depois da Guerra Nuclear: a Conferência sobre as Consequências a Longo Prazo da Guerra Nuclear. Apesar de Carl ter sido submetido a uma cirurgia há pouco tempo e estar obviamente recuperando-se do trauma, sua energia e entusiasmo em relação a essa importante missão foram impressionantes.

Ao final da visita, eu - relativamente saudável e consideravelmente mais jovem à época - me vi exausto pelo ritmo que Carl havia estabelecido. Na nossa partida Carl havia brilhantemente estabelecido as diretrizes técnicas para os estudos da TTAPS sobre o Inverno Nuclear, bem como para sua exaustiva revisão posterior.

O resto é mais história. Os estudos mostraram que apesar de não ter certeza do Inverno Nuclear, ele era possível. Os modelos de previsão global mais poderosos disponíveis à época foram trazidos para suporte, indicando distúrbios climáticos no mundo todo. (Consulte Malone et al., 1986; veja também Sagan e Turco, 1990, as figuras de 16 a 21 e o texto que as acompanha). O principal efeito de resfriamento causado pela fumaça ocorre sobre o solo e pode atingir 25 graus centígrados ou mais em regiões interiores dos continentes. No litoral, o efeito de resfriamento sobre o solo é bastante moderado pela presença de água mais quente, especialmente nos litorais ocidentais, onde os ventos que prevalecem levam ar oceânico, mais quente, para a praia. As diminuições previstas nas temperaturas do solo - ocorrendo em questão de dias ou semanas - representam enormes perturbações no clima normal e poderiam ameaçar a sobrevivência humana.

Carl introduziu a ciência planetária no quadro, notando, entre outras coisas, que um resfriamento semelhante havia sido detectado na superfície de Marte durante as grandes tempestades de poeira. O fato de Marte ter gelado quando foi envolto pela poeira fortaleceu o argumento de que a Terra responderia da mesma forma quando coberta pela fumaça. A analogia entre as tempestades globais de poeira em Marte e o Inverno Nuclear deu uma forte imagem para a desolação que seguiria a uma guerra nuclear (assim como o buraco na camada de ozônio deu recentemente um exemplo perfeito da destruição em larga escala do ozônio estratosférico). Carl também começou

a fazer duros questionamentos sobre a política nuclear estratégica em face dessa potencial calamidade climática global.

Em *A Path Where no Man Thought: Nuclear Winter and the End of the Arms Race* [Um Cenário que Nenhum Homem Considerou: o Inverno Nuclear e o Fim da Corrida Armamentista

(Sagan e Turco, 1990),

#Carl Saan e o Inverno Nuclear

Carl e eu tentamos desenvolver uma resposta simples e lógica para o Inverno Nuclear, tendo em mente as incertezas nos efeitos ambientais globais (Sagan e Turco, 1990, 1993; Turco e Sagan, 1989a, 1989b.). Em um Inverno Nuclear, os impactos sobre a infra-estrutura climática e social aumentam muito porque a sobrevivência humana depende de uma ampla e estável oferta de alimentos, ao mesmo tempo que a produtividade agrícola é bastante sensível à mudança climática global e regional, bem como

à perda de sistemas de apoio humano de alta tecnologia. O Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) [Comitê Internacional sobre Problemas do Meio Ambiente] publicou um estudo (Harwell e Hutchinson, 1985) do provável resultado do Inverno Nuclear sobre a população humana, que sugeria que a maioria da população humana pereceria depois de uma guerra nuclear (veja afigura 20.2) - muito longe das extremas estimativas anteriores, mais otimista, que apenas algumas centenas de milhões de pessoas morreriam, o que se julgava administrável.

Obviamente, o risco de uma guerra nuclear mudou qualitativamente de administrável para inaceitável. Mesmo assim, muitos peritos em política não viam dessa forma.

Em uma reunião de alto nível de que Carl e eu participamos em Washington, D. C., um pouco depois de o Inverno Nuclear ter sido anunciado pela primeira vez,

80-71 N

70-61Nj

60-51N|

50-41N

40-31Ni

30-21N|

Lat (•) 20-11Ni

10-1N

0-9S|

10-19S

20-29Sj

30-39St

40-49S|

50-59S

400 600 800

População (milhões)

FIGURA 20.2

A população humana que atualmente vive nesses intervalos específicos de latitude, do Norte para o Sul, é representada por barras sólidas. As barras tracejadas mostram

a estimativa de populações sobreviventes depois de uma guerra nuclear geral, seguida dos impactos do Inverno Nuclear sobre a agricultura, presumindo-se que os níveis

de armazenamento de alimentos estejam em níveis médios e que a distribuição de alimentos para os sobreviventes seja ótima. No todo, seria de se esperar que menos

de um terço da população inicial sobrevivesse. No caso de os estoques de alimento serem inicialmente baixos e os sistemas de distribuição serem interrompidos, prevê-se

que mais de 90% das pessoas na Terra pereçam. (Harwell e Hutchinson, 1985, figura 7.4, p. 480).

#um renomado estrategista nuclear declarou que "se você acredita que a ameaça do fim do mundo mudará o pensamento em Washington ou Moscou, você nunca passou um tempo

em nenhum desses lugares". Na verdade, há alguma evidência que indica que a assim considerada ameaça de extinção da civilização humana, como a conhecemos, tenha

realmente afetado muito as pessoas de consciência em altos postos no mundo todo.

A ameaça de fome em massa, em seguida a uma guerra nuclear, continua hoje em dia uma possibilidade por causa do número de armas nucleares que continuam nos arsenais nacionais. De acordo com nossas estimativas, mesmo um número relativamente pequeno de armas poderia resultar em sérios efeitos climáticos, dependendo de como as armas fossem usadas. Por exemplo, valiosos e vulneráveis estabelecimentos petrolíferos, junto com outros grandes patrimônios industriais, poderiam, por si só, gerar fumaça o bastante para interromper, de forma significativa, a produção agrícola do mundo todo.

Dessa forma, para minimizar a ameaça potencial do Inverno Nuclear caso aconteça o pior - Carl e eu desenvolvemos um conceito de impedimento de suficiência mínima.

A suficiência mínima conta com uma força pequena e robusta de armas, chegando basicamente a cem ogivas em cada lado. Apesar de tal arsenal ainda ser equivalente

a

mais poder de destruição do que todo o armamento convencional já fabricado, ainda é bem menor do que o patrimônio nuclear proposto de milhares de armas. As vantagens de forças nucleares muito pequenas são ainda mais distintas no mundo póssoviético de hoje em dia, no qual o conflito armado estratégico mundial não é mais um risco.

Na verdade, o contínuo toque de tambor do discurso retórico a favor de mais armas nucleares, mais pesquisa em armas e mais testes nucleares é de entorpecer a mente.

Para chegar a arsenais nucleares pequenos Carl e eu pensamos em traçar um mapa para os grandes estudiosos das armas. A figura 20.3 mostra um esboço do nosso plano

para descontinuar as armas e reequilibrar os arsenais das superpotências. com certeza fomos arrogantes e tivemos muita autoconfiança ao esperarmos que os peritos

militares levassem a sério um plano tão audaz e claro. E nenhum deles, até onde sei, o fez. No final da década de 1980, estávamos propondo uma redução contínua no

número de ogivas estratégicas para milhares em 1995 e depois para centenas no início do século seguinte. Àquela época, esse plano foi considerado ultrajante! Hoje

em dia, estamos chegando aos milhares, mas será que vamos chegar a números menores? Carl e outros sentem que precisamos disso.

Para complicar o quadro, houve a Iniciativa de Defesa Estratégica (SDI) de Ronald Reagan. Esse projeto terrivelmente mal concebido sempre foi um calo nas discussões

sobre armas estratégicas. Na década de 1980, os Estados Unidos gastavam 5 bilhões de dólares por ano para concretizar um sonho simplório de um abrigo defensivo impenetrável

no espaço, com o motivo dissimulado de levar os soviéticos à falência. Ao invés disso, fomos nós que quase nos consumimos. Carl e eu (e muitos outros) sugerimos

que o prepotente e inútil gasto público deveria ser diminuído, uma postura que o próprio Pentágono adotou. Ainda assim, tem havido uma obstinada persistência

#Carl Sagan e o Inverno Nuclear

tência no conceito de uma defesa a prova de falhas. A mais recente encarnação do SDI é um sistema, baseado no espaço, de explosivos nucleares transportados por mísseis

para defender a Terra de cometas e asteróides errantes. Esse frágil pretexto tem sido usado para defender mais desenvolvimento de armas nucleares, testes e estocagem!

A trilha na qual Carl foi pioneiro redução do SDI para um modesto programa de tecnologia avançada - faz muito mais sentido.

O programa de teste de armas nucleares mostrou ser uma forma eficiente de manter os cientistas e técnicos nucleares empregados por mais de quatro décadas - primeiro sujando o meio ambiente com radioatividade e, mais recentemente, limpando a bagunça (o que pode levar mais quatro décadas). Na mente de Carl, a trilha aqui sempre levou claramente a zero de teste. E é para onde parecemos nos dirigir. Na verdade, o último obstáculo para atingirmos nosso destino, por todos esses diversos caminhos, é a proliferação nuclear. Aqui, todas as partes concordam, uma liderança esclarecedora será a chave para deter a propagação da tecnologia de destruição em massa.

FIGURA 20.3

Um mapa para reduções de armas nucleares. As linhas de tempo para reduções nas armas nucleares estratégicas e táticas, bem como para descontinuar os testes nucleares, são para o período de 1990 até 2015. Já houve progresso nessas linhas desde 1990 (Sagan e Turco, 1990, figura 7, p. 293).

#Em resumo, está claro para mim que a força de vontade de Carl, seu amplo treinamento científico e sua genuína criatividade, bem como sua grande preocupação com o bem-estar da espécie humana (e tudo o mais neste planeta e na verdade em outros planetas a serem descobertos) ajudaram de forma substancial a fazer com que a civilização se afastasse da margem de uma autodestruição nuclear.

Bibliografia

CRUTZEN, R, BIRKS, J. 1982. Twilight at noon: The atmosphere after a nuclear war. *wo*, 11:114-125. HARWELL, M.A., HUTCHINSON, T. C. 1985. Environmental Consequences of Nuclear War, Vol. II. Ecológica and Agricultural Effects, SCOPE-28. Chichester: Wiley. MALON, R. C. AUER, L. H., GLATZMAIER, G. A., WOOD, M. C., TOON, O. B. 1986. Nuclear Winter: Three-dimensional simulations including interactive transport, scavenging and solar heating of smoke. *J. Geophys. Rés.*, 91:1039-1053. SAGAN, C., TURCO, R. P. 1990. A Path Where No Man Thought: Nuclear Winter and the End of the Arms Race. Nova York: Random House. SAGAN, C., TURCO, R. P. 1993. Nuclear winter in the post-cold war era. *J. Peace Rés.*, 30:369-373. TURCO, R. P., SAGAN, C. 1989a. Policy implications of nuclear winter. *Ambio*, 18:372-376. TURCO, R. P., SAGAN, C. 1989b. Strategy and policy in a nuclear-armed world: Implications of nuclear winter. Relatório do Laboratório para Estudos Planetários (centro de Carl), Universidade Cornell. TURCO, R. P., TOON, O. B., ACKERMAN, T. P., POLLACK, J. B., SAGAN, C. 1983. Nuclear winter: Global consequences of multiple nuclear explosions. *Science*, 222:1283-1292. TURCO, R. P., TOON, O. B., ACKERMAN, T. P., POLLACK, J. B., SAGAN, C. 1984.

The climatic effects of nuclear war. *Sci. Amer.*, 251:33-43. TURCO, R. P., TOON, O. B., ACKERMAN, T. P., POLLACK, J. B., SAGAN, C. 1990.

Climate and smoke: An appraisal of nuclear winter. *Science*, 247:166-176. TURCO, R. P., TOON, O. B., ACKERMAN, T. P., POLLACK, J. B., SAGAN, C. 1991.

Nuclear winter: Physics and physical mechanisms. *Ann. Rev. Earth Plane Sei.* 19:383-422.

#21

O entendimento público sobre a mudança climática global

JAMES HANSEN NASA, Instituto Goddard de Estudos Espaciais, Nova York

Em meados da década de 1960, quando eu tinha 24 anos e era estudante na Universidade de Kyoto, no Japão, de licença da Universidade de Iowa e ansioso por definir

alguns cálculos que poderiam servir de base para uma dissertação de Ph.D. porque eu havia me candidatado a uma posição de pós-doutorado na NASA, escrevi uma carta

para Carl Sagan, um jovem professor-assistente na Universidade de Harvard.

Achava que gostaria de discutir a teoria de Sagan de que Vênus era quente porque tinha uma espessa atmosfera causadora de efeito estufa. Minha ideia era que Vênus

mantinha-se quente por causa de uma atmosfera de poeira, que prendia o calor planetário interno. Ele respondeu com uma detalhada explicação sobre o porquê de acreditar

que não era assim. Fiz grande uso de muitos documentos de Sagan e Pollack sobre Vênus, mas eu continuava a desenvolver meu modelo de poeira e consegui meu Ph.D.

no ano seguinte, quando acabei em uma conferência em Kitt Peak sobre a atmosfera de Vênus, na qual Carl Sagan era um participante-chave. Eu era muito tímido para

me aproximar dele, mas conversei com o aluno dele, Jim Pollack, e terminamos em um almoço com Carl, que me perguntou se eu realmente acreditava que era a poeira

que mantinha Vênus tão quente. Eu disse que achava que era mais provável que fosse um efeito estufa, mas alguém havia me levado àquela ideia e eu achei que o modelo

de poeira era uma alternativa plausível. É claro que quando a espaçonave americana Pioneer chegou a Vênus eles provaram definitivamente que Carl estava certo.

Um ano depois da reunião de Kitt Peak, Jim Pollack e eu estávamos navegando em um pequeno lago em New Hampshire durante uma Conferência Gordon - mais precisamente,

estávamos flutuando sobre um lago

#274 _____ James Hansen

Sunfish Lembro-me bem de nossa discussão. Um dos assuntos foi a propensão de Carl a falar de ciência com o público por meio da mídia. Notamos que alguns cientistas

pareciam considerar isso uma aberração, achávamos que percebíamos um pouco de preconceito contra Carl por causa disso e, em nosso idealismo da juventude, censurávamos

a injustiça. Concordávamos em relação à importância de falar sobre ciência com o público, que era um trabalho bastante duro, independentemente de quão fácil e natural

Carl fizesse parecer. Mas, voltando no tempo agora, percebo que não tínhamos a menor noção de quão complexa e difícil pode ser essa comunicação.

Nos últimos anos comecei a ter alguma noção sobre essa dificuldade. Para introduzir a discussão climática, deixe-me dar um testemunho de cinco minutos de uma apresentação sobre o efeito estufa que fiz a um comitê do Senado dos Estados Unidos em 1988. Fiz três afirmativas. Primeiro, que o mundo estava ficando mais quente em escalas de tempo de décadas, o que, eu disse, podia ser afirmado com 99% de certeza. Em segundo lugar, com um grande nível de confiabilidade, acreditava que havia uma relação causal entre o aquecimento e um crescente efeito estufa. E, em terceiro, que em nosso modelo climático havia uma tendência ao aumento da frequência e da severidade das ondas de calor e das secas com o aquecimento global. Esse testemunho recebeu atenção por causa do calor e da seca naquele verão norte-americano. Mas em resposta a uma pergunta de um dos senadores, afirmei que não se podia jogar a culpa de nenhuma seca específica sobre um efeito estufa crescente; o efeito alterava apenas as probabilidades. Em um testemunho posterior prestado ao comitê do senador Gore, expandi essa conclusão observando que a intensidade dos dois extremos do ciclo da água, secas e incêndios florestais por um lado e fortes chuvas e enchentes por outro, aumentaria com o aquecimento global. Deixando de lado se os outros cientistas concordavam com isso, essa pareceu-me uma mensagem simples. Mas logo ficou claro que a mídia e o público a interpretaram mal. O programa de televisão Jeopardy declarou que eu disse que a seca era causada pelo efeito estufa. O poder da mídia deve ser persuasivo. Na semana passada li uma edição prévia de Hans von Storch, do Instituto Max-Planck, um dos melhores laboratórios de meteorologia do mundo, na qual afirmava que durante as audiências no Senado em 1988, "James Hansen declarou que há '99 %' de certeza de que a seca seja relacionada à mudança climática antropogênica". Acho que sua fonte deve ter sido o Jeopardy; certamente não foi meu testemunho ou minhas publicações. Durante o meu testemunho, illustrei especificamente que o aquecimento global atual de meio grau Celsius é menor do que a variação natural da temperatura regional. Mas, depois de ver a interpretação da mídia, percebi que muitas pessoas dariam uma interpretação errônea da próxima vez que a temperatura em uma determinada estação fosse menor do que o normal.

Espécie de peixe da América do Norte. (N. do R.)

#O entendimento público sobre a mudança climática global_____275

Então construí um conjunto de dados coloridos. O dado com dois lados vermelhos, dois brancos e dois azuis representa o período de 1951 a 1980. O vermelho é para uma estação mais quente do que o normal, definida pela variação de temperatura das dez estações mais quentes daquele período de trinta anos. O azul é para estações frias e o branco para temperaturas próximas à média. A minha afirmação foi que, com essas faixas de temperatura fixas, o efeito estufa crescente mudaria as diferenças de tal forma que, medidas durante a década de 1990, as chances de se ter uma estação quente aumentariam para quatro em seis ao invés de duas em seis. E achei que

talvez uma rodada dos dados fosse suficiente para os homens na rua perceberem que o clima estava começando a mudar. Usei algumas vezes os dados em programas de televisão, mas eu não sou bom o bastante com essa coisa e definitivamente não gosto disso. Concluí que poderia explicar muito melhor as coisas escrevendo um artigo para um público popular; assim, na manhã de uma segunda-feira liguei para o editor da revista Parade e ofereci meus serviços. Ele foi muito gentil mas, educadamente, recusou e disse-me que já tinha conseguido um artigo sobre o efeito estufa, escrito por Carl Sagan. Isso deu-me a grande ideia de mandar a Carl um conjunto desses dados e de sugerir que ele os usasse para ajudar a explicar o impacto do aquecimento estufa sobre um clima ruidoso. Não tenho certeza sobre quanto ele os usou, mas o Simpósio para Carl lembrou-me dos dados e percebi que já estamos na metade do caminho para a década de 1990. Assim sendo, imaginei que seria interessante verificar como a frequência das estações quentes mudou, se mudou, para ver se eu dei a Carl um bom palpite. Então peguei os dados de temperatura para todas as estações meteorológicas da Monthly Climatic Data of the World (MCDW) [Dados Climáticos Mensais do Mundo] em latitudes médias no hemisfério norte. A prancha XV mostra que no começo da década de 1990 a ocorrência de estações quentes logo atingiu o nível previsto para a média da década

-

1990 foi o ano mais quente do século. Depois da erupção do Pinatubo em 1991, o maior vulcão do século, houve um resfriamento para níveis comparáveis aos dos anos 1950. Há provas de um reflexo do resfriamento Pinatubo nos últimos anos

.

A prancha XVI mostra a porcentagem de estações quentes para todo o globo, com cada zona de latitude ponderada por sua área. As flutuações não são tão violentas

e parece que, mesmo com o Pinatubo, a frequência de estações quentes atingiu 50% - ou seja, três lados dos dados são vermelhos.

Tenho certeza de que ao final da década de 1990 nós veremos que a média para a década está na mira. Mostramos, por exemplo, em um artigo recente da Research and

Exploration

(Hansen et ali., 1993) que haveria um substancial aquecimento na última metade dessa década. O motivo é que os gases estufa antropogênicos já estão levando o sistema

climático a efetivamente competir com a variabilidade climática não forçada. Tenho certeza de que o registro do nível de temperatura global do ar da superfície

para 1990 será excedido pelo menos uma vez na segunda metade da década de 1990, provavelmente mais de uma vez. Não sei se minha certeza vai convencer Carl a fazer

mais uso de meus dados viciados.

#276 _____ James Hansen

Em que se baseia nossa certeza? Os jornais dizem que as previsões vêm de modelos climáticos - cálculos em um computador. Mas isso é tolice e leva a direções erradas.

Na verdade, as expectativas de mudanças no clima são baseadas no entendimento do sistema climático da Terra derivado da análise de dados observacionais, com a ajuda de modelos climáticos.

Um modelo climático é um instrumento que nos permite fazer experiência com

um fax do sistema climático, ajudando-nos a pensar sobre o clima e analisá-lo, de formas

que não poderíamos, ou não desejaríamos, experimentar no mundo real. A modelagem do clima é complementar à teoria básica, aos experimentos em laboratório e às observações

globais. Todos esses instrumentos têm grandes limitações, mas juntos, particularmente em combinações interativas, eles nos permitem entender para que possamos prosseguir.

Apesar de os modelos serem muito imperfeitos, eles estruturam as discussões e ajudam a definir as observações, os experimentos e o trabalho teórico que serão necessários.

Talvez seja útil mostrar isso com um exemplo atual, o experimento climático natural dado pelo vulcão Pinatubo, que está apenas começando a ser analisado.

A erupção do Monte Pinatubo em 1991 injetou cerca de 20 megatons de SÓ na estratosfera terrestre, onde foi espalhado pelos ventos e formou uma camada global de finas

gotas de ácido sulfúrico ou aerossol, que dispersou a luz do Sol de volta no espaço e também absorveu a radiação de calor da Terra, assim esfriando e aquecendo a

estratosfera. A reflexão da luz do Sol causada pelo aerossol do Pinatubo é a maior perturbação climática global deste século e dá uma valiosa oportunidade para testarmos

os modelos climáticos e aprimorarmos nosso entendimento sobre a sensibilidade do clima a tais forças radiotivas globais.

A prancha XVII mostra as temperaturas na estratosfera, troposfera e na superfície da Terra nos últimos anos. Os cálculos do modelo climático foram feitos e publicados

um pouco depois da erupção do Pinatubo, sob a premissa de que o aerossol teria o mesmo tamanho que havia sido medido depois de um vulcão anterior, El Chichon, e

que a quantidade de aerossóis era aproximadamente o dobro da do El Chichon.

As observações mostram que a estratosfera realmente se aqueceu rápido, mas não esfriou com a mesma rapidez do modelo. Agora temos observações que mostram que os

aerossóis do Pinatubo continuaram a crescer em tamanho por mais de um ano depois da erupção, diferentemente dos supostos aerossóis do El Chichon, e provavelmente

esse é o motivo pelo qual a estratosfera continuou aquecida por um período maior. O evidente resfriamento estratosférico antes e depois da erupção também deve-se

obviamente à destruição do ozônio, que não estava incluso nessa simulação. Mostramos em nosso ensaio para a Research and Exploration (Hansen et al., 1993) que o

principal efeito da destruição do ozônio sobre a temperatura nos últimos quinze anos tem sido um resfriamento estratosférico que agora é de cerca de

1 °C.

Como os aerossóis do Pinatubo eram maiores do que havíamos suposto, podemos ter superestimado a força

radioativa líquida da troposfera e da superfície, talvez em 10 - 20%. Contudo, o resfriamento troposférico do #0 entendimento público sobre a mudança climática lobal_____277 modelo parece ter sido preciso. A resposta troposférica, em um sentido, é a mais importante porque a maior parte da massa atmosférica encontra-se na troposfera.

Por outro lado, estamos especialmente interessados na superfície, porque é aí que as pessoas vivem. A superfície, em média, não resfriou tanto quanto o modelo previa;

particularmente, houve muito pouco resfriamento nos invernos do hemisfério norte de 1991/1992 e 1992/1993.

Aquele relativo aquecimento no inverno ocorreu principalmente sobre a Ásia e provavelmente estava relacionado aos aerossóis do Pinatubo. Kodera e Yamazaki (1944)

apresentaram evidências de que o aquecimento estratosférico em decorrência dos aerossóis vulcânicos poderia alterar a dinâmica atmosférica de forma a direcionar mais ar oceânico quente sobre a Ásia no inverno. O mecanismo provavelmente não poderia ser simulado pelo modelo usado aqui porque essa versão do modelo tem apenas

uma camada e meia na estratosfera. Outra possibilidade é que os padrões dos ventos de inverno simplesmente não sejam deterministas o bastante; as flutuações caóticas

dos padrões de vento são maiores durante o inverno.

Há um potencial para se aprender muito com o experimento do Pinatubo, uma vez que definimos com mais precisão a força do aerossol e estudamos a resposta climática

com diversos modelos climáticos diferentes. Provavelmente, a melhor chance de descobrir uma relação de causa e efeito entre os aerossóis do Pinatubo e os padrões

de mudança climática observados ocorra durante as estações de verão, quando os ventos zonais e as flutuações dinâmicas atmosféricas são mais fracas.

A prancha XV11I mostra as anomalias de temperatura durante os últimos quatro verões no hemisfério norte. No canto superior esquerdo, 1991 antes de os aerossóis do

Pinatubo terem a chance de se formar e espalhar;

foi muito quente em relação à média de 1951 a 1980. Nas principais massas de terra no verão 1992 foi muito frio, onde esperava-se o resfriamento máximo do Pinatubo.

Já 1993 ainda foi bastante frio nos continentes e muito úmido com enchentes recordes no centro-oeste dos Estados Unidos; devemos perguntar e investigar se a probabilidade

dessa anomalia climática não foi incrementada pelo resfriamento do Pinatubo. Em 1994, como esperado, a temperatura volta quase totalmente para o calor pré-vulcânico.

O Pinatubo, como um experimento climático natural, dará um exemplo de como os modelos climáticos ajudam-nos a interpretar quantitativamente a mudança climática no

mundo real. Ele nos ajudará a iterar e melhorar nosso entendimento sobre as forças climáticas e a sensibilidade do clima a tais forças.

Como podemos fazer com que o público entenda melhor a natureza da pesquisa científica: o que sabemos e o que não sabemos sobre a mudança climática, como é normal

desafiar toda teoria ou interpretação e assim testar e melhorar nosso entendimento, seja sobre a temperatura em Vênus, sobre a mudança climática na Terra ou o que

quer que seja? Parte da dificuldade é o ensino da ciência em nossas escolas, que enfatiza fatos com respostas corretas ao invés de envolver os alunos em um verdadeiro processo de pesquisa.

Esse é um dos motivos pelos quais inauguramos este ano um Instituto de Clima e Planetas, para onde trouxemos alunos e professores de quatro #278 _____ Jarnes Hansen

escolas de ensino médio de Nova York e cinco colegas juniores e seniores para trabalhar conosco. Uma meta é a educação: mostrar aos alunos e professores como o processo

de pesquisa funciona, envolvendo-os nele e trabalhando juntos para levá-lo de volta à sala de aula. Esperamos, também, dar significativas contribuições à pesquisa:

os problemas escolhidos estão todos na margem principal do entendimento corrente. E queremos dar oportunidades à minoria não representada dos jovens para desenvolver

em seu potencial de contribuição à ciência e conseguirem acesso para seguir carreira em pesquisa: todos os alunos são minorias sub-representadas.

Um de nossos principais projetos chama-se Pinatubo. As minhas duas últimas figuras foram produzidas por estudantes no projeto Pinatubo, da Andrew Jackson High School,

Bronx Science, City College e York College. A primeira tarefa que designamos para eles foi testar a capacidade de nosso mais novo modelo climático em simular o clima

médio do mundo real. A prancha XIX mostra a diferença entre a temperatura do ar, na superfície, no inverno do modelo e a climatologia.

Decepcionamo-nos ao descobrir

que esse novo modelo tinha um erro de cerca de 10 C sobre o Canadá. Pode-se ver, a partir das anomalias do vento, estendidas como setas no mapa de temperatura, que

o ar quente relaciona-se a erros no padrão de vento troposférico. No futuro, os alunos verificarão como as diferentes alterações da física do modelo podem melhorar

a simulação. É claro que sempre haverá imperfeições, então o modelo também está sendo usado para experimentos Pinatubo que serão repetidos no segundo e no terceiro

ano desse programa, com modelos aprimorados. Dessa forma, esperamos identificar quais conclusões são relativamente independentes das imperfeições do modelo.

A segunda tarefa que designamos ao grupo Pinatubo foi comparar a variabilidade observada do clima com a variabilidade não forçada no modelo - ou seja, as flutuações

caóticas do clima que ocorrem de ano a ano simplesmente como um borrifo imprevisível dos fluidos. A prancha XX foi produzida por alunos do Andrew Jackson. A parte

superior é o desvio padrão das temperaturas do ar da superfície observadas nos últimos quinze anos; essas observações devem incluir tanto a variabilidade aleatória

do sistema - ou seja, ruído ou caos - bem como as variações climáticas devidas a variáveis determinísticas, tais como os aerossóis Pinatubo. A figura mais abaixo

é das variações aleatórias., ou caos, no modelo. Temos provas de que a variabilidade aleatória do modelo é bastante realista no inverno e, como se pode ver, a variabilidade

aleatória representa uma grande fração da variabilidade climática total observada dos últimos quinze anos, o que implica uma grave limitação na previsibilidade das flutuações climáticas regionais. Mas isso não significa que não possamos encontrar mudanças substanciais climáticas não aleatórias depois de uma grande perturbação tal como Pinatubo. Além disso, apesar de o sinal esperado dos crescentes gases-estufa atualmente ser menor do que a variabilidade climática regional aleatória, o sinal estufa crescerá constantemente no tempo e eventualmente excederá esse nível de ruído regional.

Isso leva-me a uma pergunta feita pelo público: Quando podemos esperar que o aquecimento global provocado pelo homem seja indubitavelmente #0 entendimento público sobre a mudança climática lobal_____279 óbvio? Eu disse antes que tinha certeza de que veríamos o nível de temperatura global recorde ser superado nessa década, provavelmente mais de uma vez. Isso será significativo, porque, como Bassett e Lin mostraram no periódico Climatic Change (Bassett e Lin, 1993), o recente esfriamento desviou tanto a temperatura global do recorde de 1990, que seria muito improvável que as flutuações fortuitas levassem a um novo recorde. Em outras palavras, um novo recorde representará uma evidência de uma força climática determinante dominante.

Arriscaria afirmar que tal novo recorde renovará o calor do debate sobre o clima, mas certamente não silenciará as críticas científicas ao efeito estufa e, na verdade, nem deveria fazê-lo. Essas críticas não são uma barreira ao avanço do entendimento científico sobre a mudança climática. O método científico convida à contínua crítica e reavaliação do entendimento. Ele prospera aí. É assim que ele avança. A principal barreira para o entendimento científico é a falta de um adequado monitoramento da mudança climática, especialmente dos mecanismos não aleatórias e feedback que causam as mudanças. As incertezas sobre a mudança climática existirão ainda por muitas décadas, então precisamos preparar os sistemas de medição que nos permitirão entender as mudanças que de fato ocorrem e, assim, estarmos em uma posição para ajudarmos a avaliar os custos e benefícios das ações e inações públicas relevantes.

Mas talvez o assunto mais difícil seja conseguir um novo entendimento público sobre o que sabemos e o que não sabemos. Sempre será possível encontrar peritos em todos os lados da questão científica, então será necessário que o público e seus líderes entendam como o processo científico funciona, avaliem as evidências e escolham entre as ações alternativas. Esse é um dos motivos pelos quais o ensino da ciência em nossas escolas, para todos os alunos, é tão importante. E, por fim, destaca-se a necessidade de uma pessoa rara como Carl Sagan, que pode ajudar a educar o público em relação a essas questões. Temos esperanças de que ele continue a trabalhar por muitas décadas ainda.

Bibliografia

BASSETT, G. W., LIN, Z. 1993. Breaking global temperature records after

Mt. Pinatubo, *Climatic Change*, 23:179-184. HANSEN, J., LACIS, A., RUEDY, R., SATO, M., WILSON, H. 1993. How sensitive is the world's climate? *Natl. Geograph. Res. Expir.* 9:142-158. KODERA, K., YAMAZAKI, K. 1944. A possible influence of recent polar stratospheric coolings on the troposphere in the northern hemispheric winter. *Geophys. Res. Letters*, 21:809-812. Monthly Climatic Data of the World. 1995. Asheville NC: NOAA National Climate Data Center.

#22

Ciência e religião

JOAN B. CAMPBELL Conselho Nacional das Igrejas de Cristo

Ciência e religião. Cada uma exige uma enorme energia humana, um imenso poder e uma infundável atenção intelectual. Alguém teve um demoníaco senso de humor ao permitir-me

apenas algumas páginas para discutir um assunto tão importante. No entanto, a brevidade é uma bênção, uma vez que mesmo um documento maior não poderia tratar adequadamente

do tópico. Observei que praticamente todo mundo que contribuiu para este livro, inclusive Carl e os que o questionaram depois de sua palestra pública no Simpósio

de Aniversário, observaram a existência do mundo da religião.

Deixe-me começar tentando delinear os parâmetros desse grande assunto. A sessão

final deste livro chama-se "Ciência, Meio Ambiente e Política Pública" e gostaria de

centrar a atenção em nossas comunidades - a comunidade da ciência e a comunidade da fé. Alguém fez uma gracinha dizendo que a festa que precedeu ao Simpósio de Aniversário

de Carl foi um colegiado, muitos anos depois, de alguns alunos graduados; uma reunião de turma; uma comunidade amistosa, gentil e vigorosa. Na verdade, nós três

no pequeno caucus religioso (deão James Morton, de St. John the Divine, em Nova York; meu colega Dr. Albert Pennybacker e eu mesma) comentamos entre nós que na verdade

estávamos nos sentindo mais confortáveis nessa reunião do que nos sentiríamos em uma reunião de líderes comerciais na Câmara do Comércio.

Ou, como o deão disse em

um momento de reflexão, "talvez em uma reunião de hierárquicos da igreja". As comunidades da ciência e da religião nem sempre, ou mesmo com alguma frequência, merecem

uma comparação favorável. Em todo o decorrer da história nossas duas comunidades

Nos Estados Unidos, é uma reunião particular de chefes de um partido político a fim de escolher candidatos ou adotar medidas. (N. do E.)

#282 _____ Joan B. Campbell

têm sido vistas como antagônicas. Ainda assim, é a possibilidade de uma comunidade compartilhada que nos reúne para analisarmos nossa situação presente e nosso futuro

que se desdobra.

Não se trata simplesmente de uma questão de dividir o assunto em pedaços menores. É isso, mas também é um reconhecimento de que os antigos debates foram essencialmente

exauridos. Em grande parte, as velhas antipatias foram deixadas de lado, pelo menos na comunidade religiosa progressista. Talvez isso tenha acontecido por bons motivos:

um amadurecimento do pensamento religioso e uma certa integridade, ou até mesmo humildade, no entendimento da ciência sobre si mesma (o que pode ser um sinal de maturidade). As antipatias também sumiram no contexto do realismo sobre a principal mudança que ocorreu. Agora vivemos na era da ciência. Uma vez a ciência batalhou na era da religião. Vivenciamos uma superioridade e não soubemos lidar bem com ela. Esperamos que vocês tenham mais sucesso nessa época de superioridade da ciência e nos esforçaremos para tanto. (Devo dizer que vamos rezar para isso, ou foi isso que nos deixou em maus lençóis em nossa época?) Mas, além da antipatia - resultante do antigo e contínuo lugar que a religião tem e a superioridade da ciência agora confortável consigo mesma - há a possibilidade de compartilhar nosso compromisso com nossa vida comum e buscar um caminho melhor. Deixe-me contar o que creio ser uma história importante. É a história de uma sociedade e começou com o que Carl descreveu-me, pelo menos de forma apócrifa, como uma experiência direta, verificável empiricamente e revista da revelação divina! Essa história um pouco secreta é sobre o esforço do deão James Morton para conseguir que a Igreja Episcopal se preocupasse mais com o meio ambiente. O deão achou que havia conseguido quando sua igreja concordou em discutir a administração há nove anos. Infelizmente, a caminho da convenção eles transformaram a discussão em uma discussão sobre financiamento, não sobre o meio ambiente. Determinado a descobrir uma nova estratégia para chamar a atenção do pessoal da igreja, ele decidiu lançar um desafio dos cientistas para eles. Ao invés de escolher uma encíclica, um filme, um livro ou uma série de televisão, foi feita uma carta. O nome dela era "Uma carta aberta à comunidade religiosa" e a história a terá como um efeito-chave, um catalisador que levou à integração permanente e irreversível das questões ambientais globais ao cerne do pensamento e da vida religiosa americana. Poucas pessoas, talvez nenhuma exceto Carl, poderiam ter encontrado o perfeito refinamento de tom que passaria tal autoridade, autenticidade e ativismo. Poucos poderiam ter identificado e persuadido, em poucas semanas, 32 colegas cientistas de peso a pôr sua assinatura. Na carta, os cientistas disseram que a humanidade estava perto de cometer (muitos diriam que já estamos cometendo) o que na linguagem religiosa seria chamado de crimes contra a criação. Até onde se pode resumir um grande avanço em poucas palavras, a carta continuava dizendo:

#Ciência e religião _____ 283

Como cientistas, muitos de nós têm tido profundas experiências de temor e reverência ante o Universo. Entendemos que o que é considerado sagrado deve ser tratado com cuidado e respeito. Assim deve ser considerado nosso lar planetário. Deve-se infundir esforços para salvaguardar e tratar com carinho o meio ambiente, com uma visão do sagrado. Caso vocês tenham se perdido, esses são cientistas falando com líderes religiosos.

Essa combinação de urgência e profundo reconhecimento - ao longo da distância e da história que compartilhamos - da dimensão da crise global, tornou a mensagem forte e convincente. Poucas semanas depois, centenas de líderes religiosos co-assinaram uma carta expressando sua vontade imediata de entrar em um diálogo aberto. A troca de cartas foi formalmente anunciada em uma reunião convocada pelo presidente Gorbachev em janeiro de 1990, no auge da perestroika. Assim era a atmosfera de abertura, esperança e possibilidade na qual a carta foi apresentada. Apesar de eu não estar lá, surgiu o rumor de que Gorbachev e certamente Scheverdnadze participaram de um cântico, a convite do sacerdote hindu, no qual todos repetiam a palavra sagrada "om". A história conta que tarde da noite, e era uma sexta-feira, um grupo de judeus celebrou o Shabbat em uma pequena sala, reunidos pela primeira vez dentro das paredes do Kremlin.

Essa carta resultou em dois anos de atividades sob um processo conhecido como o Apelo Conjunto da Religião e da Ciência em Favor do Meio Ambiente, agora chamado de Parceria Religiosa. Aquelas discussões tiveram muitos momentos memoráveis. Uma vez estávamos buscando preparar outra carta para apresentar no Congresso americano. O documento seria assinado por Carl e pela comunidade científica e também por representantes da Convenção Batista do Sul e outros, conservadores em termos de religião, e que não costumam fazer parte de tais empreendimentos ecumênicos. Alguns demonstraram preocupação com relação às palavras que se referiam ao aquecimento global em um índice sem precedentes em dezenas de milênios. "Alguns de nós não acham que estamos aqui há tanto tempo", disseram eles. Carl ajudou a esboçar novas palavras que fossem de senso comum: "Não precisamos concordar sobre como o mundo natural foi feito para desejarmos trabalhar juntos para preservá-lo". O que às vezes é necessário para dar andamento a significativos movimentos de pensamento e ação? Uma noite, há alguns anos, um homem, nosso amigo Carl Sagan, decidiu que era necessário escrever uma carta.

Creio que em nossas comunidades, em toda a humanidade, estamos descobrindo caminhos para lidar, juntos, com a difícil situação humana, com a ameaça a esse extraordinário meio ambiente e com a diminuição da vida como a conhecemos. A boa ciência e a boa religião estão criando um livro! A má ciência e a má religião acharam relativamente fácil criar um livro, porque as duas geralmente estão enraizadas em servir a si mesmas, são portanto perigosas. A ciência pode ser socialmente ingênua, sem questionamento e restrição éticos. A religião corre o risco de não ser reflexiva, de não ter integridade ou de pretender guardar seus próprios tesouros. Ela pode tornar-se um movimento teocrático que não é inofensivo nem inocente. Imagine a religião absolutista casada com o poder de nossa tecnologia moderna. É um pesadelo imaginário, mas muito provável. A vida cotidiana seria seriamente ameaçada e isso importa. É errado e sabemos disso. É dever da comunidade científica dizer o que

é boa ciência. Não estou qualificada para falar sobre isso. Posso, no entanto, falar sobre boa religião e é a boa religião que precisa colocar a má religião no seu lugar. Aqui quero ir pelo melhor da reflexão teológica, um campo de investigação e pensamento disciplinados e maduros sobre o qual não se pode esperar que muitos no campo da ciência estejam bastante informados. A boa religião fala sobre questões últimas, ou primárias. Quando solicitado que definisse religião, Langdon Gilkey, uma testemunha teológica no julgamento em Arkansas sobre a criação, sugere que a religião leva a uma certa visão da natureza da realidade; realidade final; realidade como um todo. Depois, a religião focaliza sua atenção sobre o relacionamento dessa realidade final com os problemas mais profundos dos homens e das mulheres e até mesmo das nações: pecado ou alienação, finalmente da própria vida, injustiça, o abuso da vida; morte e renascimento. Ou seja, a religião lida com a questão do significado da existência e responde em termos de símbolos, mitos, ensinamentos, escrituras, doutrina e dogmas. Quando é boa religião, ela responde de forma a resolver o mais profundo dos problemas humanos e a construir a comunidade da vida (Gilkey, 1985, 99-100). A boa religião não constrói divisórias.

A ciência também é uma forma de conhecer a realidade. Talvez seja a nossa forma mais confiável e frutífera. A ciência é um poder extraordinário, ocupando-se da realidade próxima e bastante imediata. Ela abstrai e objetiva, capacitando-nos a entender e funcionar no meio deste cenário da vida que nos deram. A ciência mais ajuda a responder à pergunta sobre como pode ser do que sobre o porquê. Gilkey dá um exemplo:

Quando chove, vamos ao meteorologista para descobrir o que causou a chuva, como chegou e como passa. Mas quando a noiva pergunta: "Por que está chovendo no dia do meu casamento?" essa é uma questão religiosa (Gilkey, 1985, 122).

Além disso, a religião estimula um tipo de vida saturada de renovação, redenção e renascimento que, por sua vez, dá a liberdade para cuidar, arriscar e comprometer-se.

Ou seja, a religião está presente nas vidas que se entendem relacionadas a Deus, a realidade final que a religião arma. De uma forma paralela às palavras de Carl em seu documento, a religião combate o "conceito humano" e está pronta a discutir a afirmação filosófica de que o homem é a medida de todas as coisas. A religião cita o salmista nas escrituras: "O que é o homem para que dele te lembres?" (Salmo 8).

No seu melhor, a religião leva a um senso de verdade e a uma maravilhosa gratidão pelas capacidades humanas de compartilhar o prazer, de conhecer o amor e de viver

em relação com a realidade final que ela afirma. "Graça maravilhosa" cantamos e nessa expulsão do conceito humano, a capacidade humana é realmente libertada.

#Ciência e religião _____ 85

H. Richard Niebuhr falou de seu estilo de vida:

A revelação não é algo milagrosamente esotérico; ela acontece em diversas esferas da experiência humana. A fé não é uma volta irracional ao absurdo; ela é confiança e lealdade, aspectos da experiência humana comum. A vida moral pode ser representada pelas atividades humanas de "fabricantes", "cidadãos" e "respondedores", não apenas pelas atividades de filósofos morais. Os agentes humanos comuns não precisam de credenciais profissionais para amar e cuidar, e essa é a forma de vida que importa. (Gustafson, 1994,885).

Para Carl e Annie e para mim, bem como para aqueles que entraram nessa parceria, esse é o ponto de nossa união. Esse é o estilo de vida sobre o qual Carl falou, no qual tiramos as pedras um da mão do outro. Acredito que estamos falando sobre o mesmo ponto de vista. Usamos palavras diferentes, temos diferentes disciplinas, verdadeiras divergências, autêntico respeito e, ainda, "o terreno foi preparado", como diria Martin Buber, "para o verdadeiro e autêntico diálogo". Creio que a comunidade religiosa ecumênica passa encontrar um sentido da vida comum como da comunidade científica. Podemos virar parceiros. Deixe-me tentar ser professora por um tempo. Quando se lê "o líder religioso diz...", fique atento ao fato de que a mídia não está muito interessada nas vozes religiosas moderadas. Usando suas habilidades científicas, investigue essas afirmações ao invés de criar estereótipos e preconceitos. Há algumas vozes e comunidades religiosas que são diferentes, que são inclusivas e ecumênicas. Essas são as pessoas que querem parar com a queima de livros e com a luta pelo controle religioso das escolas públicas; que defendem a liberdade religiosa porque sem ela não há liberdade. São pessoas que, com olho em uma triste história, insistem na separação da Igreja do Estado, que se opõem à prece nas escolas públicas, ao estudo regido pela religião e a qualquer outra condição oficialmente privilegiada para a religião. E essas pessoas se opõem a isso com bases religiosas muito profundas. Quando centenas de refugiados haitianos HIV positivos chegaram a nossas praias, foi essa comunidade que abrigou cada um deles, a despeito da alegação do nosso governo de que os refugiados deveriam ser mandados de volta porque ninguém os abrigaria. É essa comunidade que está presa na Embaixada da África do Sul, que atualmente se expõe ao risco da úria da direita religiosa, que ordenou mulheres e desafiou o patriarcado e que aguarda os insights científicos de vocês para que possamos por fim à nossa cruel homofobia.

Quais são alguns dos elementos de nosso terreno comum? A nossa experiência com o Apelo Conjunto já sugere muitos. Deixe-me destacar três:

Em primeiro lugar, dividimos uma emoção em relação à beleza, ao mistério e à energia do Universo. Compartilhamos um sentido de maravilha, respeito e afeição pelo mundo. A ciência tem provado, avaliado e descrito,

#com um disciplinado disceimento, o que é o Universo em seu desdobramento. Em ponto algum a religião experiente foi estilçada ou mesmo comprometida por esse discernimento científico. O romance de Carl, Contato, faz alusão a nosso terreno comum, quando a pessoa de fé diz ao cientista:

"Você tornou o Universo grande o bastante para o Deus no qual acredito". Temos uma reverência em comum diante da majestade da criação. Em segundo lugar, a ciência oferece fatos para homens e mulheres de fé. A religião não foi formada pela posse disciplinada e comprovada de fatos que a ciência nos oferece. Por exemplo, um cientista daqui, de Cornell, escreveu-me antecipando o que eu diria. Em uma parte séria ele pôs em questionamento a forma como as afirmações religiosas sobre o pós-vida ignoram a realidade da morte corporal. Ele destacou a total ausência de qualquer prova digna de credibilidade de que qualquer coisa no corpo humano venha a sobreviver. Isso me fez lembrar o verso:

Eu tinha um cachorro que se chamava Rover
Enquanto ele viveu, viveu com sorte
Mas quando morreu, foi completa a sua morte.

Os fatos precisam disciplinar as afirmações religiosas e insistir em nossa responsabilidade. A questão do pós-vida é por si mesma um sermão e não é para esta ocasião.

No entanto, chegamos ao cerne da questão. A religião e a ciência precisam lidar com os fatos que a ciência nos fornece com integridade. Em terceiro lugar, os fatos são críticos. Eles não são moralmente e eticamente neutros. A acumulação deles, o conhecimento humano, não é, por fim, um espectador da vida. O conhecimento leva ao poder. Aí também a religião e a ciência encontram-se.

Uma vez que o poder está envolvido, nossa questão passa a ser de ética e moralidade: o que devemos fazer com ele? Como devemos agir? Se a religião é um reino de reflexão moral e ética, essa reflexão também deve se tornar um terreno comum para a ciência e a religião.

A partir desses elementos comuns de nossa vida paralela - admiração, conhecimento factual e reflexão moral e ética - podemos e devemos encontrar um caminho para lidarmos juntos com a condição da vida, geralmente as condições desesperadoras.

Deixe-me ser prático. Há fatos que são produto do pensamento disciplinado e do trabalho duro da investigação. Temos um grupo de pessoas comprometidas que se importam. Suponha que por meio do acesso religioso ecumênico montássemos um programa no qual toda congregação aceitasse bem em seu púlpito uma pessoa de ciência para contar os fatos, com urgência e paixão. Isso faria diferença? O que significaria, para aqueles que têm compromissos morais, serem confrontados com os fatos e tratar do que está acontecendo a nosso mundo e a nosso Universo? A religião é empurrada a um futuro tolerável para todos nós tanto quanto é guiada por sua tradição e memória.

A ciência é um bem. Uma vívida parceria poderia ser enriquecedora e engrandecedora.

#Ciência e religião_____287

Isso parece muito esperançoso? Vamos deixar de lado e dar uma olhada no que tem acontecido. Pense na imagem do planeta Terra como um ponto azul claro ou, na sua forma mais familiar, aquela maravilhosa esfera cheia de azuis, cinzas e roxos. Imagine sua fantástica semelhança com uma imagem de ultra-som do útero de uma mãe bem no começo da gestação. Essa imagem, um ícone secular como pode ser chamada na linguagem religiosa, tem ajudado a formar em nossas mentes e corações a realidade de um mundo sem paredes; um mundo onde as barreiras são quebradas e a vida libera e desagrilhoa os conceitos de raça, classe, preferência sexual, gênero e até mesmo de Estado-nação.

Importa que a imagem do mundo como um útero esteja pendurada em um lugar central na parede da sala do vice-presidente? É difícil saber, impossível provar, mas alguma

coisa está acontecendo. Em menos de um ano, Arafat e Rabin trocaram o aperto de mão da paz. Yeltsin e Clinton ficaram juntos no Jardim Rosa e falaram de paz e cooperação.

Mandela, prisioneiro por trinta anos nas mãos do regime apartheid, assumiu como o primeiro presidente negro da África do Sul e quatrocentos anos de dominação branca

caíram, em evento tão significativo quanto a queda do Muro de Berlim. Também há a Irlanda; e amanhã Aristide entrará em um avião americano e voltará ao poder no

Haiti. Antigas inimizades são postas de lado, pelo menos por enquanto.

Quem pode dizer qual é o papel que a imagem do pálido ponto azul desempenhou nesses importantes eventos? Talvez nenhum, mas para mim e para o meu lar ela faz uma

diferença, porque a ciência deu-nos a capacidade de vermos nosso pequeno mundo insignificante como uma "tableau rosa" na qual a paz pode substituir os rios de sangue.

Bibliografia

GILKEY, L. 1985. Creationism on Trial. Minneapolis: Winston Press.

GUSTAFSON, J. N. 1994. Em memória de H. Richard Niebuhr: Fé. The Christian Century. Vol III.

Chicago: Christian Century Foundation.

#23

Discurso em homenagem a Carl Sagan

FRANK PRESS Instituto Carnegie de Washington

Thomas Huxley disse uma vez: "Um homem de ciência depois da idade de sessenta anos faz mais mal do que bem". Isso pode-se aplicar a alguns de nós, mas Carl é uma

das poucas exceções! Conheço Carl de seus trabalhos públicos e de seu trabalho como acadêmico em ciência - tendo participado com ele do projeto Apollo como cientista

ativo e lendo os periódicos científicos para os quais ele escreve. Todos conhecemos Carl como um dos maiores generalistas de nossa época - um dom natural que deixa

alguns especialistas restritos preocupados. Mas com coragem e vivacidade Carl atua no reconhecimento (para citar Einstein) de que "todas as religiões, artes e ciências

são ramos da mesma árvore. Todas essas aspirações são direcionadas a enobrecer a vida do homem, elevando-a da esfera de mera existência física e levando o indivíduo

à liberdade". A seu modo, Carl é um dos nossos melhores exemplares de como pode-se quebrar o restrito círculo dos especialistas, ainda que ele esteja à frente da ciência, e usar esse talento de uma forma construtiva para a sociedade. Infelizmente, muitos cientistas tendem a ser impacientes com os conceitos da história da ciência, com a consciência social e até mesmo com a ética. Pouco se importam com o grande alcance público. Em parte, isso se dá porque eles pouco se expuseram em seu treinamento; em parte, porque essa não é a praia deles e, em parte, porque não vêem ganho nisso. Na França, a palavra para popularização é vulgarização - o que resume a atitude de muitos cientistas em relação à popularização da ciência. Gostaria de discutir brevemente os cientistas e a consciência social e encerrar com alguns aspectos da sociologia da ciência, se houver tempo. Farei isso, não apresentando um discurso filosófico, mas dando exemplos da consciência social bem-feita e da consciência social mal-feita, com consequências destrutivas. O principal ponto a que quero chegar é que a ciência só pode tomar consciência de todo o seu potencial social para melhorar a condição humana, se ela funcionar em uma sociedade democrática, se seus praticantes receberem uma educação mais ampla em ciência do que geralmente ocorre, sustentada pela história, pela cultura e pela ética. E, por fim, os cientistas devem se ligar muito à sociedade. Para citar Carl: Em todos os usos da ciência não é suficiente produzir apenas um clero pequeno, altamente competente e bem reconhecido de profissionais; alguns conhecimentos fundamentais sobre as descobertas e sobre os métodos da ciência devem ser disponibilizados em maior escala. Na história da ciência um tema subjacente tem sido a aspiração à denição de um procedimento sistemático, de um método científico e de uma ética para revelar novos conhecimentos, um processo independente do temperamento da pessoa e da pressão cultural, social e política do tempo. E claro que isso nunca foi assim nem será. A ciência importa-se muito com assuntos militares e econômicos e com a reputação das nações. E os cientistas, enquanto exercem sua profissão, não podem ficar completamente isolados de seus valores. Só preciso lembrar a vocês que Sakharov e Zel'dovich, Oppenheimer, Teller e Heisenberg trabalharam para desenvolver armas nucleares para governos com ideologias opostas, o que significava vida ou morte para milhões de pessoas. Alguns de vocês devem ter lido sobre a festa de celebração depois do primeiro teste nuclear bem-sucedido, em que Oppenheimer encontrou um jovem líder de um grupo passando mal no mato. Ele sabia o porquê. A ciência - pura, investigadora, isenta - tinha, na verdade, conhecido o diabo. E aqueles que estavam lá, daquele líder de grupo a Oppenheimer, a alguns de Cornell que também estavam naquela mesa, sabiam que a ética com base em uma clara separação entre a ciência e as metas nacionais era uma ficção. Essa ainda não é toda a história. Depois daquela experiência, os cientistas deram entrevistas como peritos e fizeram com que os cidadãos

ficassem preocupados como jamais ocorrera antes. O FAS foi criado. Houve uma sucessão de estudos não-governamentais sobre controle de armas e defesa, liderados pelos cientistas apenas como peritos e, por fim, com mais influência do que aqueles de dentro dos Departamentos de Defesa e Estado. A proibição de testes atmosféricos, em 1963, foi estimulada e promovida pela comunidade científica. Linus Pauling recebeu o segundo Prêmio Nobel por seus esforços em cessar com os testes atmosféricos de armas nucleares. Sakharov embarcou em seu corajoso trabalho na União Soviética a grandes custos pessoais. Ele viveu o bastante para ver os frutos de seus trabalhos.

Aquele vestígio da história dos físicos e seu desenvolvimento da consciência social poderia ser recontado na história de como a fundação científica do movimento ambiental evoluiu, em como as descobertas do DNA recombinante foram as primeiras a suscitar cuidados e a propor regulações dessa nova ciência até que fosse mais conhecida, no começo dos alertas sobre mudança climática global ou sobre o buraco da camada de ozônio.

#discurso em homenagem a Carl Saan _____ 291

Havia dificuldades que aqueles que estavam na vanguarda do desenvolvimento da consciência social dos cientistas americanos precisaram enfrentar. Os cientistas precisavam informar suas preocupações para autoridades públicas que eram, muitas vezes, hostis. As atitudes tolerantes dos cientistas uns para com os outros geralmente desapareciam quando chegavam a diferenças políticas. O público geralmente ficava confuso quando os cientistas discutiam os dois lados de uma questão de política pública. Muitos cientistas aprenderam, muitas vezes com prejuízos irrecuperáveis para suas carreiras, para sua reputação científica e, muitas vezes, pública o que é ter de gastar mais tempo nos corredores do poder do que nos laboratórios, ou de se preocuparem mais com questões de política pública do que com o número de ensaios acadêmicos que publicavam. E, por fim, os cientistas aprenderam como ficavam as delicadas questões sociais quando iam além de declarar fatos fundamentais derivados da ciência, chegando às suas implicações políticas.

Lembro como fizeram piquete em frente à casa do físico Mal Ruderman e como Murray Gell-Mann em Paris e Sid Drell na Córsega foram calados quando tentaram dar palestras sobre física. A consciência social de Sid manifestou-se, no decorrer dos anos, em seu envolvimento como consultor eterno e crítico nas questões de controle de armas e defesa e em outros bons trabalhos. Ao escrever para o Bulletin of the Atomic Scientists, ele explicou por que fazia o que fazia daquela forma: Acho que todos os homens conscientes e inteligentes deparam-se com obrigações relativas a seu conhecimento e aos potenciais efeitos sobre seus concidadãos no mundo todo. Alguns podem escolher atuar sozinhos por meio de seus ensinamentos e escritos científicos, outros por meio de seu envolvimento com seus governos e, ainda,

outros por meio de organizações internacionais que busquem promover melhores condições humanas. No meu caso, escolhi um caminho que, inter alia, inclui esforços substanciais para afetar, da forma que eu puder, as políticas dos Estados Unidos por meio de diversas consultorias científicas e técnicas e mecanismos de trabalho...

Uma vez que moro em um país no qual tenho o privilégio de eleger meus representantes no governo, aceitei a obrigação de tentar ajudar a função do governo.

Contudo, ouvi colegas cientistas dizerem que a ciência é um guia para se fazer as perguntas certas, e isso exclui as questões sociais. E certas quer dizer perguntas

que possam ser respondidas - por observação e por experimentação. Assim, a ciência evita fazer perguntas a que, por fim, não possa responder. E ela não pode responder

a perguntas que cheguem a imperativos morais e religiosos. A ciência natural não pode perguntar como o Universo era antes do Big Bang. Ou porque há o mal no mundo.

Ou porque as nações e os povos lutam entre si.

Isso quer dizer que uma consciência social com base no conhecimento científico é inadequada para os cientistas? Nem tanto, quando uma importante questão social

ou política tem um significativo componente técnico. E a quantidade de questões desse tipo está aumentando rapidamente neste

#292Frank Press

mundo de crescente complexidade. Para citar alguns: controle de população, o buraco na camada de ozônio e a proibição de clorofluorcarbonos, controle de custos em saúde, política de comércio, segurança na era pós-soviética, o controle de emissões de carbono, a regulamentação da pesca, a nova autorização do Ato de Espécies

em Perigo atualmente enredada em um beco sem saída no Congresso. Cerca de 50% da nova legislação no Congresso têm um importante componente científico ou tecnológico.

Concordo com Sir Crispin Tickell, ex-embaixador britânico nas Nações Unidas (que se diz ser o responsável pelo enverdecer de Margaret Thatcher) quando ele escreveu no New Scientist:

Os cientistas deveriam ser muito mais bravos. Acho que esse argumento ético - se eles deveriam falar ou não - é bobagem. Os cientistas não podem prometer mais certeza

do que os economistas quando pedem mudanças nos impostos ou nas taxas de juros. A incerteza é parte da condição humana. A precaução, em qualquer caso, pode na verdade

ser imprudência. Sempre devemos ver o custo de não fazer nada.

Aconteceu um evento histórico em Delhi, ano passado. Cerca de cinquenta acadêmicos em ciência, do mundo todo, foram convocados pela Academia Nacional de Ciências,

pela Real Sociedade e pela Academia Sueca de Ciências. Isso nunca acontecera antes. Eles se reuniram para ver se poderiam chegar a um acordo em relação a uma declaração

sobre população feita pelos cientistas do mundo para os líderes políticos do mundo. Eles pretendiam lançar uma declaração comum sobre o crescimento populacional.

Isso teve um importante papel no consenso a que se chegou no Cairo, em

1994, na conferência das Nações Unidas sobre população. De forma simples, os cientistas do mundo disseram a seus líderes políticos que a ciência não podia evitar a fome, a doença, a degradação ambiental e o deslocamento que, por fim, seguiriam ao crescimento ilimitado da população. O documento fazia um esboço dos passos que tinham uma base científica e mesmo assim eram compatíveis com políticas humanas e compassivas para reduzir a taxa de natalidade. com esse sucesso inicial eu esperaria que as academias do mundo, trabalhando juntas, se tornassem uma voz da razão enquanto as nações lutam com outras questões sociais. Tenho cuidado com tudo isso. William Shockley é um exemplo, usando a credibilidade e o Prêmio Nobel conquistados por sua grande descoberta para desenvolver seus pontos de vista sociais sobre a inferioridade racial dos afro-americanos. Um exemplo atual é um renomado matemático, Igor Shafarevich, que usou o prestígio de ser membro das Academias Russa e Americana de Ciência, para dar credibilidade às suas ideias anti-semitas e súplicas a favor da purificação étnica da Rússia. Esses são exemplos de peritos limitados ultrapassando seu conhecimento especial e alcançando proeminentes posições públicas na política social. O comentarista social e pesquisador de opinião pública, Daniel Yankelovich disse sobre tais intervenções de especialistas ignorantes, ainda que consumados, em um ensaio intitulado You can argue with Einstein Você pode argumentar com Einstein #Discurso em homenagem a Carl Saan_____293

Esses exemplos ajudam-nos a perceber quão limitada pode ser a experiência de uma pessoa. Somos levados a ver que os peritos, não importa quão impressionantes sejam suas credenciais, geralmente não possuem, uniformemente, todas as formas de conhecimento. Gostaria de que ele tivesse escolhido outro nome para seu ensaio, mas eu concordo plenamente com o conteúdo. Isso não quer dizer que os cientistas não possam adotar causas políticas ou sociais que estejam fora de sua especialidade. Mas eles devem fazê-lo sem nenhuma reivindicação especial à verdade e à virtude que se originam em suas realizações científicas. Por outro lado, os cientistas com conhecimento profissional relacionado a uma questão pública, seja guerra nuclear, destruição ambiental, os perigos de uma nova tecnologia ou qualquer coisa que o valha - funcionando em uma democracia onde se podem ouvir pontos de vista contrários - deveriam falar sobre essas questões públicas e assim dar uma luz à discussão. Linus Pauling o fez, Sakharov o fez, Jerome Wiesner, Sid Drell, Carl Sagan, Hans Bethe, Maxine Singer e muitos colaboradores deste livro continuam a fazê-lo. O que todos esses cientistas têm em comum? Os que conheço têm um senso de história e cultura da ciência, têm um amplo treinamento científico e uma elevada consciência social. Por meio de suas intervenções, eles elevam o nível da discussão pública para o crédito da comunidade científica e para benefício das pessoas em todos os lugares. Mais uma vez deixe-me repetir que os cientistas podem ser especialmente destrutivos quando ultrapassam

as fronteiras do conhecimento especial em áreas em que são ignorantes. Isso é particularmente perigoso quando eles representam o ponto de vista de governos que não aceitam oposição. Lembrem-se da destruição da agricultura soviética causada por Lysenko, ou a condenação da teoria da relatividade de Einstein pelos nazistas e comunistas.

Gostaria de mencionar, de forma breve, duas questões importantes no fundamento social da ciência, que merecem discussão em todo campus. A primeira trata da educação e da preparação para a próxima geração de cientistas. A segunda diz respeito a como uma nação aloca seus recursos para a ciência. O sistema de treinamento que a maioria de nossos jovens cientistas recebe evoluiu do processo sério, competitivo, de revisão pelos pares que surgiu nos anos pós-guerra.

É verdade que esse sistema levou os Estados Unidos a uma posição de liderança na ciência. Mas ele também produziu muitos jovens cientistas que são superespecializados, porém analfabetos em ciência como cultura, com uma história e muitas dimensões. Acredito que seja hora de reconsiderar uma escola de graduação e um processo de pós-doutorado que resulta em especialistas restritos, mal preparados para lidar com a transição econômica, com a reestruturação das indústrias e das universidades e com questões éticas que enfrentarão quando estiverem trabalhando como cientistas. Esses processos não servem bem a um jovem cientista se suas qualificações limitarem seu potencial de trabalho a uma sub-disciplina excessivamente restrita em uma época na qual os campos estão em rápida mudança, os orçamentos para ciência mudaram de um

#294Frank Press

crescimento exponencial para um crescimento com o PIB. Para muitos jovens cientistas, o professor como um modelo de papel para uma carreira pode não ser viável.

Por que o treinamento de um físico de partículas ou de um astrônomo não pode ser expandido de forma que eles também possam qualificar-se como um engenheiro ou um físico aplicado ou um analista de sistemas, criando assim mais opções de uma carreira compensadora e satisfatória em uma sociedade com mudanças tão rápidas?

Muitos físicos de partícula recém-formados pouco sabem sobre a ampla extensão da física; muitos geólogos não estão informados sobre os problemas que a sociedade enfrenta porque a humanidade tornou-se um agente de mudanças geológicas mais importante do que a Natureza; muitos jovens biólogos têm problemas porque o código de ética que se desenvolveu no decorrer da história com o método científico nunca foi discutido nos programas de treinamento dados a esses biólogos.

Preocupo-me que esses cientistas em treinamento gastem pouco tempo absorvendo o grande contexto cultural e histórico da ciência e sua evolução desde a época de Francis Bacon e Kari Popper. Por que temos tão poucos Bethe e Sagans - cientistas de primeira classe que encontram tempo para envolver-se com questões de primordial importância para a nação, tais como controle das armas e mudança climática global?

Talvez a situação esteja melhorando. O Conselho Nacional de Pesquisa está procedendo uma ampla revisão do grau de Ph.D. Tenho orgulho de uma brochura chamada *On being a scientist* [Sobre ser um cientista], publicada pela Academia Nacional de Ciências durante meu mandato como presidente. Essa brochura é voltada a estudantes graduados e aborda algumas das questões históricas e éticas com as quais um cientista alfabetizado e culto deve preocupar-se. Foram distribuídas mais de 100 mil cópias para escolas de graduação para leitura individual e uso em seminários. Uma nova versão está quase pronta agora. Os Institutos Nacionais de Saúde agora exigem a concessão de verbas para dar tal treinamento. Seria de se esperar que as faculdades houvessem reconhecido essa necessidade por conta própria. Contudo, essa pressão é responsável pelo crescente número de cursos em história e ética da ciência que estão surgindo nos currículos universitários.

Ao discutir a alocação de recursos para ciência, centralizarei minha atenção em dois tipos de suporte, representando extremos em custo e complexidade administrativa. São suportes para o pesquisador individual e o suporte para a ciência na nação como um todo. A maioria das concessões de verbas feitas a cientistas individuais acontece por meio de revisões pelos pares. A revisão pelos pares não é muito nova. Ela data do século XVII, quando os senhores cientistas da Real Sociedade começaram a rever os artigos submetidos a seus periódicos. Então, o sistema teve alguns séculos para amadurecer e melhorar. Sob esse ângulo, não causa surpresa que funcione tão bem.

A questão é não abandonar a revisão pelos pares. Bem pelo contrário, a questão é certificar-se de que nós a usemos de forma eficiente. Em primeiro lugar, apoio à pesquisa individual. Alguns princípios gerais são aplicáveis. As concessões são feitas a pessoas, não a organizações. O apoio é baseado na qualidade, não no grau ou afiliação. O apoio ocorre

#Discurso em homenagem a Carl Saan _____ 295

com base no reembolso de custo. Por fim, a própria pesquisa é monitorada por meio do processo de revisão pelos pares, de publicações e pelo uso dos resultados da pesquisa por outros.

Apesar de as concessões para pesquisa individual representarem menos da metade do apoio federal à pesquisa, elas constituem o pilar da ciência norte-americana. E a eficácia da revisão pelos pares - sua eficácia em resguardar a excelência - é obviamente crítica para a força desse pilar. As preocupações que temos com a revisão pelos pares das concessões para pesquisa individual incluem tanto o novo quanto o aparentemente intemporal.

É nosso temor que os pesquisadores sejam obrigados a tornarem-se empresários de documentos - que a documentação para fins de pesquisa, a utilização de concessões por um ano apenas e os sistemas geralmente de muitas camadas imponham uma carga que consome tempo e é onerosa. E, para alguns cientistas, o sistema pode impor um bloqueio aparentemente

intransponível. O que o sistema de documento faz com as chances de um jovem investigador sem registros? Está certo que há uma preocupação em relação ao conservadorismo indevido na concessão de recompensas. Como uma vez disse o economista Roger Noil: se uma pessoa está no negócio de comprar ciência, como se pode dar apoio a uma ideia revolucionária? Na verdade, muitos órgãos nacionais de revisão têm se preocupado com o "tradicionalismo dos revisores pelos pares" e com sua "falta de habilidade ou boa vontade em reconhecer e recomendar o apoio para propostas muito inovadoras, de alto risco".

Noil conta uma história que eu acho que ilustra muito bem a questão. Ele pede que você imagine que é um funcionário da Fundação Nacional de Ciência. Você acabou de receber uma gorda proposta de um físico de 29 anos de idade. Nela, ele afirma que "todo o trabalho em biologia feito até agora é de má qualidade. Eu tenho uma forma totalmente diferente de ver, que começa na física. Meu antecedente em física é bastante para que eu revolucione a biologia". Suponha que você também saiba que a ideia que esse físico tem de diversão é dirigir o carro no deserto até ficar atolado e então armar sua tenda. Como Noil diz: "A probabilidade de que essa proposta consiga apoio é zero". Mas, é claro, o físico era Max Deibrock. E ele teve um grande impacto sobre a biologia, um impacto pelo qual ele ganhou o Prêmio Nobel.

Há outras preocupações em relação à revisão pelos pares feita em propostas individuais. Por exemplo, os beneficiários em potencial fazem suas propostas de forma a ajustá-las ao sistema de revisão ou à estrutura do comitê ao invés de apresentar suas melhores ideias? Os pesquisadores são forçados a dividir programas a longo prazo em projetos menores, desconexos? E qual o efeito disso? O sistema de revisão pelos pares pode forçar os cientistas a pensar de forma tradicional e estabelecida. À medida que os impactos da ciência rapidamente começam a atravessar linhas disciplinares - como a física afeta a biologia, como a informática afeta a física, como os avanços genéticos afetam a ciência agrícola - os pesquisadores inovadores continuamente buscam formas de aplicar e utilizar a transferência de conhecimento. Mas como

#296Frank Press

um cientista pioneiro satisfaz os painéis de revisão voltados à disciplina - e, na verdade, os editores de periódicos voltados à disciplina? Fico contente que a maior agência de concessão do país, cujo novo diretor sabe que eu estou falando sobre os Institutos Nacionais de Saúde, está discutindo agora seu processo de revisão pelos pares tendo em mente esse tipo de preocupação.

com relação às políticas gerais de ciência, eu devo lembrá-los dos três períodos da história da política de ciência e tecnologia nos Estados Unidos. A primeira corresponde ao período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando o governo federal era um provedor menor de apoio à ciência e tecnologia, e a maioria da pesquisa

da nação era realizada nas universidades que recebiam apoio da filantropia e de alguns laboratórios industriais. Esse é o período no qual a Europa era o centro da liderança científica, os Estados Unidos lideravam na tecnologia e eram a potência industrial dominante. Pode-se dizer que os Estados Unidos eram o Japão daquela época.

O segundo período é aquele que começou com o nal da guerra e está terminando agora. É adequado chamá-lo de era Vannevar Bush por causa de seu influente relatório

de 1945, Science, the endiess frontier Ciência, a fronteira sem fim], que criou esse estágio. É óbvio que essa é a era na qual eu e alguns de vocês crescemos, aquela

na qual a ciência do mundo foi liderada pêlos Estados Unidos. Ela é caracterizada pelo papel predominante do governo federal no apoio à ciência fundamental e à engenharia

nas universidades e nos laboratórios federais. Esse também é o período no qual os Estados Unidos

tornaram-se um líder mundial em ciência e tecnologia militar, mas perderam sua primazia como inovador em projetos e fabricação de produtos em diversos setores importantes.

Entramos em uma nova era, que eu chamo de era pós-Vannevar Bush, até que alguém pense em um nome melhor. Creio que nessa era os Estados Unidos, o Japão e a Europa

Ocidental lutarão para serem fortes em ciência, tecnologia e excelência na criação, na fabricação e na arte global de venda. A principal declaração do presidente

Clinton sobre sua política de ciência e tecnologia, lançada semana passada, trata dessa nova era. Para o crédito da administração, essa política reconhece o valor

intrínseco da pesquisa básica e não demanda um teste para a relevância ou contribuição para com algum propósito nacional. Ela também reconhece a necessidade de

mecanismos eficientes para explorar novo conhecimento para o benefício econômico e social da nação.

Quando eu estava no governo, o então diretor do Escritório de Administração e Orçamento perguntou-me (em frente ao presidente): como vocês cientistas sabem quando

têm dinheiro o bastante? A pergunta é ainda mais adequada hoje em dia e creio que temos uma resposta que cabe em todos os tempos. Ela vem do último relatório que

foi emitido pela Academia Nacional de Ciências, durante o meu mandato. O Comitê de Ciência, Engenharia e Política Pública da Academia fez uma grande reavaliação

do fundamento federal para investir em ciência e tecnologia. Algumas das recomendações do relatório foram incluídas na declaração de política do presidente Clinton,

que citei anteriormente. O relatório argumenta que a única vantagem comparativa dos Estados Unidos nos anos que virão será sua força científica.

#Discurso em homenagem a Carl aan_____297

Ainda, essa foi uma declaração que reconheceu que o crescimento exponencial nos números de cientistas ativos e os recursos

financeiros para dar apoio a eles não poderiam

ser sustentados. com isso, levanta-se a questão: De quantos cientistas uma nação como os Estados Unidos realmente necessita? O relatório

estabelece metas de desempenho

que, pela primeira vez, dão aos elaboradores de política um padrão de comparação para estimar quanto investir em ciência. Esses são os pontos principais das recomendações:

- A primeira meta é que os Estados Unidos devem estar entre os líderes mundiais em todas as principais áreas da ciência. Alcançar essa meta permitiria que essa nação rapidamente aplicasse e expandisse os avanços em ciência onde quer que eles aconteçam.

- A segunda meta é que os Estados Unidos devem manter uma clara liderança em algumas principais áreas da ciência. A decisão de selecionar um campo para liderança teria como base os objetivos nacionais e outros critérios externos ao campo de pesquisa.

Isso pode parecer chauvinista, mas parece aos Estados Unidos, como a única superpotência que resta, que o mundo atua nesse papel! A liderança em determinados campos

é essencial para esse papel. Minha escolha para a liderança nesses anos seria a astronomia pelo conteúdo intelectual e pelo passo da descoberta, a biologia por motivos

óbvios, as ciências materiais, incluindo áreas afins em engenharia, física da matéria condensada e química pelo impacto econômico, e as ciências da terra por causa

de sua ligação com questões globais de meio ambiente e recursos.

Cada país precisa encontrar seu próprio caminho para melhorar o padrão de vida, a segurança, a saúde de seu povo, bem como para ver a vida cultural e intelectual

da nação prosperar. Para os Estados Unidos, com seus diversos problemas, a trilha

fica mais fácil por causa do grande sistema de universidades de pesquisa que foi

construído, bem como pela posição de liderança mundial em ciências que resultou desse sistema. Carl Sagan disse dessa forma, escrevendo no Washington Post Book Review

de 9 de janeiro de 1994:

[A ciência] faz a economia nacional e a civilização global funcionarem. Outras nações entendem bem isso. E por isso que tantos alunos graduados em ciência e engenharia

pelas universidades norte-americanas - ainda as melhores no mundo - são de outros países. A ciência é a mina de ouro para as nações emergentes saírem da pobreza

e do retrocesso. O corolário, aquele que os Estados Unidos às vezes não conseguem captar, é que o abandono da ciência é o caminho de volta à pobreza e ao retrocesso.

#Epílogo

#24

Carl Sagan aos sessenta

FRANK H. T. RHODES

Presidente Emérito, Universidade Cornei

Carl e Annie; membros da família, a quem acabamos de homenagear e temos tanto orgulho de ver aqui nesta noite; amigos. Quero parabenizar Carl em nome de todos os

membros da comunidade de Cornell, que devem tanto à sua liderança por tantos anos. E impressionante que precisemos dois dias e vinte e cinco palestrantes para cobrir

um mero esboço do trabalho de Carl. Ainda mais notável são duas coisas que parecem abranger a característica do simpósio, e que ficaram tão evidentes aqui nesta

noite. Uma é a assombrosa amplitude de campos - astronomia, ensino de ciência, política pública e a relação entre ética e ciência - com os quais Carl contribuiu e que reuniu por dois dias esse grande número de pessoas de diversas formações. A segunda é uma qualidade que nem sempre marca os simpósios profissionais: um real sentido de amor. Nesta sala houve um sentimento não só de respeito e admiração, mas de amor. Isso é um fato notável. Quero parabenizar e agradecer a você Carl, como um membro exemplar da comunidade de Cornell. Não terá escapado àqueles que gastaram os dias nos vinhedos acadêmicos que a profissão acadêmica tem tido um pouco de publicidade negativa nos últimos anos. Na sexta-feira, tive o privilégio de falar para nossa própria assembleia de membros da faculdade sobre as perspectivas. Conversamos sobre a profissão acadêmica, e sobre a necessidade de explicitarmos quais são nossas expectativas como colegas profissionais. Quero fazer um brinde a Carl Sagan nesta noite como a personificação de tudo que há de melhor na vida acadêmica e explicar o porquê de termos tanto orgulho de podermos chamá-lo de colega aqui em Cornell. Discurso do banquete feito em 14 de outubro de 1994. na Universidade Cornell, em homenagem ao 60º aniversário de Carl Sagan. #Exigimos três coisas de qualquer membro de faculdade: erudição, ensino e serviço. E, como quer que você analise a equação, o desempenho de Carl em cada uma foi digno de nota. Como cientista, ele é um homem com uma extraordinária largueza de visão, em parte porque, indubitavelmente, sua própria herança de astronomia, biologia, física e química é acompanhada por uma maravilhosa convergência. Ele tem nos guiado - até mesmo aqueles entre nós que não são astrônomos - pelo caminho da origem da vida neste belo planeta até problemas intrigantes, tais como as estações em Marte e a poeira levada pelo vento que as acompanha; a temperatura da superfície de Vênus e o efeito estufa que a produz; a névoa vermelha de Titã e as moléculas orgânicas que se estendem por trás dela. Isso tudo tem um extraordinário alcance, mesmo dada a amplitude da vocação astronômica. O trabalho de Carl não impressionou só a seus colegas, mas guiou-os e desaiou-os por muitos anos, e tem sido reconhecido por homenagens que são feitas aos borbotões em todo o mundo. Carl Sagan é um mestre em pesquisa e um líder profissional em seu campo, editando o principal jornal de ciência planetária, *ícarus*, por doze anos, com muita distinção. É daí, e do estímulo por trás disso, que o ensinamento de Carl flui. Não posso render um tributo mais poderoso à efetividade dos ensinamentos dele do que os três maravilhosos tributos que vocês ouviram dos estudantes esta noite. E verdade que o assunto de Carl é o Cosmo e sua sala de aula é o mundo. Quinhentos milhões de pessoas em sessenta países assistiram a *Cosmos* pelo Sistema Público de Difusão. O livro com o mesmo nome ficou setenta semanas na lista de mais vendidos do *The*

New York Times. Isso é ensino e não simplesmente uma rápida demonstração popular. Por trás do ensinamento de Carl há a erudição do tipo mais substancial. Não somente o tranquilo ponto de vista e a persuasiva explicação de Carl foram levados ao público geral de forma tão triunfante, mas também um entendimento mais profundo e um interesse mais direcionado à própria ciência.

John Slaughter, ex-chefe da Fundação Nacional de Ciência, disse uma vez: "A pesquisa está para o ensino como o pecado está para a confissão. Se você não participar do primeiro você não tem muito o que fazer no segundo". Não teço comentário algum sobre pecado e confissão, mas a pesquisa de Carl está por trás de seu ensinamento.

Em uma era na qual Washington está obcecada com o valor utilitário da ciência, quando 60% do orçamento da Fundação Nacional de Ciência devem ser

alegados para a assim chamada pesquisa estratégica, o que Carl, o professor-mestre, tem feito é mostrar como essa qualidade humana mais distintiva - a necessidade de saber, a necessidade de compreender e perceber e entender - orienta e incentiva tudo o que fazemos.

Carl é um professor-mestre: aqui no campus de Cornell para os alunos não graduados; no Níger e, na verdade, no mundo todo. Mas Carl é mais do que isso. Carl é um exemplo

inspirador de cidadão global engajado - não distante, não isolado, mas envolvido. Vivemos na era do reducionismo, e da mesma forma que ele é poderoso e essencial

na ciência, é uma abordagem devastadoramente malsucedida para a maior parte do restante. A verdadei-

#Carl Saan aos sessenta _____ 303

ra realização na vida social e individual não vem do reducionismo, nem só da análise, mas também da síntese. Carl é mestre da síntese e tem usado essa habilidade

para nos engajar como uma sociedade em algumas das principais questões de nossos tempos.

Essa não é uma posição popular para um acadêmico. Normalmente pressupõe-se que um acadêmico deva ser mais circunspecto e imparcial do que isso. Esse é um negócio

arriscado e, é claro, tem seus perigos. O politicamente correto tem nos mostrado o efeito arrepiante que o proselitismo pode ter na sala de aula. Mas o engajamento

de Carl é de um tipo diferente. com a consciência de um humanista e a capacidade consumada de um cientista, ele trata das necessidades da sociedade na qual vivemos, e nós ficamos mais ricos com isso.

Carl, celebramos seu aniversário porque sessenta anos, como posso testemunhar, são dignos de comemoração. Amo a história do homem que estava em um táxi, passeando

por Washington, e passou no prédio do Arquivo Nacional. Ele viu a inscrição na pedra: "o que é passado é prólogo", e perguntou ao taxista o que isso queria dizer.

O taxista disse: "É conversa burocrática. Isso realmente quer dizer que você ainda não está vendo nada!"

Sessenta anos é esse tipo de idade e eu quero que vocês acompanhemme nesta noite fazendo um brinde a Carl Sagan: cientista honrado, professor devoto, expositor mestre, guia cósmico, colega respeitado, membro exemplar de Cornell, amigo confiável. Carl, nós brindamos a você.

#Índice

20/20, 198

47 Ursae Majoris, 170

51Pegasi,170

70Virginis,170

Abrahamson, General James, 45,187,249

Academia Nacional de Ciências, 164,292,

294,296

Academia Russa de Ciência, 292 Academia Sueca de Ciências, 292 Agência Espacial Europeia (ESA), 38 Agostinho, Santo, 171 Alimani, 167 Andes, 179

Andrew Jackson High School, 278 Antena Kraus, 126

Antropocentrismo, 167 Aquecimento global, 274,278,283

Ciclo da água, 274 Aquino, Santo Tomás de, 171 ArafatYasser287

Aristarco de Samos, 167 Aristide, Jean-Bertrand, 287 Aristóteles, 171, 190

Armas químicas e biológicas, 261 Armstrong, Neal, 42 Asteróides,18,179

Astrologia, 178

Ateneu, 186

Aterrissagem da Apollo, 42 Autismo, 195

Backster,Ceve,197

Bacon, Francis, 294

Bethe, Hans, 248,293,294 Betz,Al,131 Bohr,Niels,206

Bomba de nêutrons, 254 Bonestell,Chesley,218 Bradbury, Ray, 51 Bradiey, James, 168 Breynev, Leonid, 42 Bronx Science, 278

Buber, Martin, 285 Bulganin, Nikolai, 254

Buraco de minhoca, 145, 146, 147, 148,

150,151,152,153

Buraco negro, 144,145 Burroughs, Edgar Rice, 67,68,79 Bush, Vannevar, 296

Cápsulas lunares, 43 Carbonato de cálcio antigo, 61 Carson, Johnny, 175

Cárter, John, 79 Cayce, Edgar, 198 Challenger, ônibus espacial, 62

Chapman, Clark, 98

#Chelyabinsk, 46

Chemomyrdin, primeiro-ministro, 46

China, 167,68

CIA, 188

Ciência esdrúxula, 194,195,196,197,200

Cirurgia psíquica, 198

City College, 278

Clarke,ArthurC.,194

Clima

Modelos, 276,278

Mudança, 277,279,290 Clinton, presidente William, 287,296 Clorofila, 52

Cocconi, Giuseppe, 108,121,124,125 Colisões cósmicas, 93 ColôniaAmhem, 176 CometaHalley44,87,88

Cometa Shoemaker-Levy 9 (S-L 9), 32,

93,94,95,96

Come 220

Comitê para Investigação Científica de Alegações de Paranormalidade, 200

Como pensar sobre as coisas fantásticas, 200

Comunidade espacial internacional, 63

Comunidade religiosa Uma carta aberta à, 282

Conselho Nacional de Pesquisa, 294 Conto,108,141,149,286 Copérnico,
Nicolau, 167,168 CornellEzra, 109
CorsonDale, 109
Cosmonautas, 43
Cosmos, 16,187,190,217,219,220,226,
32
Cratera de impacto, 53
Chicxulub85,98
Herschel, 29
Criacionismo, 188
Julgamento de Arkansas, 284 Crônicas marcianas. As, 51
Cullers, Kent, 109 Cura pé Ia fé, 195 Cuzzi,Jeff,126
da Vinci, Leonardo, 214
Dados Climáticos Mensais do Mundo,
275
Darwin, Charles, 85,103,171,179 Defense Nuclear Agency, 188 Dejah Thoris,
68 Delbruck,Max,295
Demócrito, 185
Deserto Kalahari, 165
Deus, a existência de, 177
Deuteronômio, 191
Dióxido de carbono, 52
Discos circunstelares, 169
Dixon,Jeane, 197 DNA82,83,290
D r. S f range Io vê, 255 DrakeFrank, 125,28,135,138,221 DrellSid291,293
Druyan, Harry e Pearl 190 Dyson, esferas, 129
Efeito estufa, 273,274,275,279,302 EinsteinAlbert, 142,170,177,181,289
Elementos biogênicos, 82 Emissão de rádio cósmica, 107 Empédocles, 185
Enciclopédia Britannica, 81 Engeis, Friedrich, 256 Equação de Drake, 120
Eram os deuses astronautas',
180
Escritório de Administração e Orçamento, 296
Espaçonave Magellan, 22,218 Espaçonave Mariner2, missão, 21,38 Espaçonave
Mariner 4, missão, 53 Espaçonave Mariner 6, missão, 54 Espaçonave Mariner
7, missão, 55
#Índice
Espaçonave Mariner 9, missão, 56,68 Espaçonave Voyager 1, 37,38,174
Espaçonaves Voyagers 1 e 2,27,62,174,
221
Missão, 214 Gravação,221
Espectrômetro de cromatografia de massagás, 60
Espectro de microondas, 111-113
Espectrometria gama, 46
Estação Orbital Mir, 41
Estação Orbital Salyut, 43
Europa, 24,27,29
Evolução, o ensino da, 188
Ewen,Harold,122,123,124
Expedição Airbone Antarctic Ozone, 69
Experiências de detecção de vida, 59
Exploração planetária, 16
Extraterrestre
Civilização, 105
Inteligência, 117,172
Visita, 166,179
Federação de Cientistas Americanos (FAS),248,290
Filósofos, pré-socráticos, 185

Fobos, retomo de amostras de, 46
Foguetes Energia, 45
Friedman, Louis, 62
FriedmanWilliam, 106
Fundação Nacional de Ciência, 295,302
Fundo Monetário Internacional, 259
Reforma Gaidar, 259 Fusão a frio, 194
Galilei,Galileu,106,167,168 Geller,Uri,196,197 Gell-Mann, Murray, 291
Geocentrismo, 166,167 Gilkey, Langdon, 284 Gödel,Kurt,151
Gold,Thomas,163
Goodall, Jane, 171
Gorbachev, Mikhail, 45,255,260,283
Gore, vice-presidente Albert, 46,274
Gott, Richard, 151
Gould,StephenJay,238
Greene,CarlSagan,189
Grupos caçadores-catadores, 164
Guerra dos mundos 51
Guerra Fria, 49,254,255,257,258,260,
261,262
Guerra Mundial, Primeira, 257
Guerra Mundial, Segunda, 246,247,257
Guerra nas Estrelas, 187,188,254
Habitabilidade, zonas de, 78 Haiti, 285,287
Hawking, Stephen, 143,151 Heisenberg, Werner, 290 Hertz, Heinrich, 121
Hipócrates, 185 Hiroshima253,257 Hitler,Adolf,256 Hobbes, Thomas, 171
Holmberg,Allan,201,202 Holton,Gerald,237 Homeopatia, 194 Homosapiens,
164,208 Hopi167
HumeDavid, 71
Huxley, Thomas, 289 Hyperion, 30
lapeto, 34,35
ícarus, 302
Impacto cretáceo, 98,103
Instituto de Clima e Planetas, 277
Instituto Max Planck, 274
Institutos Nacionais de Saúde, 294, 296
Io, 24
Inverno Nuclear, 188,265,266,268,269
#Índice
Jansky,Karl,107,122 Jefferson, Thomas, 186,203,204
Jodrell Bank Radio Observatory, 42 Júpiter, 21,24,27,32,34,167,174,199,
Impacto do Cometa S-L9,94,95,96
Kant, Immanuel, 170
Khrushchev,Nikita,42
Klass,Phil,198
Kremlin, 283
Kruskal, Martin, 146
!Cung, aborígenes, 165,167
Laboratório de Propulsão a Jato (JPL),
174
Lança-foguetes Proton, 43 Laplace, Pierre de, 170 Lee, Richard, 164
LeideHubble,169 Leighton, Robert, 54 Leonov, general Alexei, 188 Liga das
Nações, 257 Locke,John,
171
Loki Patera 24
Lovell, Bemard, 42

Lowell, Percival, 50,51 Lua, 32,42,46,102,103,166 Luz, aberração da, 168
Lysenko, Trofim, 293
Mágica, 199
Mandela, Nelson, 287
Marte, 21,23,49-50,69,72,88,102,103
Atmosfera, 51,71,72,77
Calota polar sul, 51
Canais, 67
Canais (ranhuras na superfície), 57
Eixo de rotação de, 52
Estações, 51,302
Exploração humana de, 63
Exploração robótica de, 63
Flutuações climáticas, 57 História aquática, 58
Missão para recolhimento de amostra, 43
Módulo de aterrissagem, 43 Monte Olimpo, 56,68 Mudanças climáticas
globais, 57 Origem da vida em, 89 Pressão na superfície de, 69 Radiação
solar ultravioleta, 61
Relevos antigos, 70 Requisitos para a vida em, 71 Sinais de rádio de, 106
Solo superoxidante, 61 Tempestade de poeira, 56 Valles Marineris, 68
Margulis, Lynn, 190
Marxismo, 256
Material físsil, 262
Meio Ambiente, Apelo Conjunto da Religião e da Ciência em favor do, 283
Mercúrio, 21,36,102,170
Meteoritos Shergottite-Nakhlite-Chas-
signite(SNC),89
Mimas, 29,30
Miranda, 30
Mishin,Vasily,43
Missão 5M, 43
Missão Cassini, 38, 79
Missão da nave Galileo, 29, 32, 79
Missão Luna 24,42
Missão Luna 9,42
Missão Marte 1992,45
Missão Marte 1994,45
Missão Pioneer Vênus, 22,44, 75,273
Missões Viking, 43,214
Módulo de aterrissagem, 49,59,70
Espaçonave, 24 Mitos, invenção dos, 166 Monografia de Pugwash, 255
Morrison, Philip,121,124,125
#Índice
Montgolfier, irmãos, 44 Morton, deão James, 281,282
Moscou, 188
Mundo livre de armas nucleares, 255,
260,261,262
Murray, Bruce, 189
Nações Unidas, 253,262,292 Nagasaki,257
NASA - Centro de Pesquisa Ames, 68,
98
NASA, 21,168,227 National War College, 188 Nazca, planícies de, 179,180
Netuno,21,36,174 Neugebauer, Gerry, 55
Nevada, Instalações para Testes Nucleares em, 188-189
New York Times, The, 302
Newton, Isaac, 170
Niebuhr, H. Richard, 285,287

Ni Io, rio, 180
Nixon, presidente Richard, 194
Nobel, Alfred, 256
Noel-Baker, Phillip, 253
Noll, Roger, 295
Nova, 200
Nuclear(es)
Armas, 253, 254, 255, 257, 258, 260, 261, 262
Arsenais, 255, 258, 26 Bomba, 25 5
Corrida armamentista, 188, 254, 260, 261
Era, 256, 257 Guerra, 253, 260, 262 Holocausto, 258
Potências, 255, 256, 257 Proliferação, 262
Oberg, James, 198 Observatório Arcetri, 168
Observatório de Arecibo, 109, 117, 118, 127, 129
Observatório Nacional de Radioastronomia, 109
Own/, 198
Ondas de rádio, propagação das, 108
Oppenheimer, J. Robert, 248, 290
Osiander Andreas, 167
Ozônio
Buraco, 290, 292
Camada de, 61
Pacini, Franco, 168
Palestra em Condon, 38
Palmer, Patrick, 126
Panspermia, 88
Papa João Paulo 11, 188
Parapsicologia, 194, 196
Pauling, Linus, 290, 293
Perestroika, 283
PÉS-Percepção Extra-Sensorial, 178, 196
Pesquisa sobre onda cerebral, 194
Pirâmides, 180
Placa da Pioneer 10, 115
Plano Baruch, 253
Platão, 171, 186, 190
Plutão, 18, 21
Polígrafo, 197
Política de ciência e tecnologia nos Estados Unidos, 296
Política Pública, 16, 281
Pollack, Jim, 273
Popper, Kari, 294
Prédio do Arquivo Nacional, 303
Princípio antrópico, 173
Princípio antropocêntrico, 173
Programa espacial russo, 41
Programa N 1, 42
Projeto Apollo 17, 174, 289
Projeto Fogo e Gelo, 46
Projeto META, 131, 132
#Projeto Ozma, 110, 111, 121, 125, 128
Projeto Phoenix, 109, 113, 135
Pseudociência, 16, 194, 195, 97, 200
Pulsar B 1257+12, 170

Pulsar, 70
Purcell, Edward, 20,122,124,138
Quadro Consultivo Científico da Força Aérea, 188
Rabin,Yitzhak,287
Radiação solar ultravioleta, 61 Rádio, sistemas de recepção de, 110
Reagan, presidente Ronald, 45 Realismo Socialista, 42
Real Sociedade, 292,294 Relatividade especial, 171 Relatividade geral,
143,145,146
Religião Judaica-CristãIslâmica, 171,
177
Revista Parade, 187,224,230,231,232,
233,234,275
RNA82,83
Rudennan, Mal, 291
Sagan,Carl, 15,16,21,23,34,36,37,38,
44,45,50,62,63,74,81,88,94,108,
109,115,132,138,141,148,149,152.
154,163,164,187,188,190,211,216.
221,226,227,228,229,232,234,245,
265,268,270,271,272,273,282,283.,
289,301,302,303
Sagan, Dorion, 190
Sagan, Jeremy, 190
Sagan,Nick,190
Sagan, Rachel Gruber, 189
Sagan, Sasha, 190
Sagan, Sam (filho de Carl Sagan), 190
Sagan, Sam (pai de Carl Sagan), 189
Sagan, Tonio, 190
Sagitário, 199
Sakharov, Andrei, 290,293
Saturno 5,42
Saturno, 21,36,174
Scheverdnadze, Eduard, 283 Schneider, Stephen, 224 Schwarzschild, Kari,
146
SDI (Iniciativa de Defesa Estratégica), 46,
249,270
Secret life ofplants, The, 197 Seqüenciamento com base no DNA, 172
SERENDIP129,134
SETI - Busca por Inteligência Extraterrestre (Search for Extraterrestrial
Intelligence), 105,117,120,122,125,
27,130,132,134,137,138,221
Shafarevich, Igor, 292 Shapley,Harlow,122,123 Shklovskii,losef,44,81,108
Shockley,William,292 Singer, Maxine, 293 Sistema BETA, 137 Sistema Solar,
18,23,24,174 Sistemas
planetários, 108,170 Siaughter, John, 302 Smith,Dick,198,199
Sociedade de Exploradores do Espaço,
88
Sociedade Planetária, 46-47,49,138,210,
221
Sol, 165,166,167,168,174
Sonda Huygens, 38
Spinoza, Benedict, 177
Sputnik41
StarTrek, 190
St. John the Divine (catedral), 281
Stone, Edward, 174

Supercomputador Cray 1,113
Tarter, Jill, 109, 126
Telecinésia, 178
Teleki, Geza, 171, 172
Telepatia, 195
Telescópio espacial Hubble, 51
#Índice
Telescópio Parkes, 114 Teller, Edward, 101, 248, 290 Teoria da comunicação,
109 TeoriadoBigBang, 181, 291
Terra, 102, 103, 166, 167, 168, 170, 171,
174, 179, 287
Atmosfera, 276, 277, 278
Camada de ozônio, 60
Impacto Cretáceo-Terciário, 85, 103
Crosta arqueana, 84
Elementos biogênicos, 87
Origem da vida na, 85
Período Cretáceo, 85
Precursores químicos da vida na, 108
Período de rotação, 52 Testes Rorschach, 166 Thatcher, Margaret, 292
Tickell, >SÍCrispin, 292 Titã, 36, 37, 38, 79, 108, 218, 219, 302 Toon, Brian, 98
Townes, Charlie, 131
Tritão, 36
Tunguska, 98
Umbriel, 35
Universidade de Cornell, 189, 286, 290,
301
Universidade de Harvard, 273 Universidade de Iowa, 273 Universidade de
Kyoto, 273 Universidade de Wisconsin, 195 Universidade Estadual de Ohio,
126, 130 Unsolved
Mysteries, 198 Urano, 21, 174
Veme, Júlio, 67 Via Láctea, 108, 169
Vida inteligente no Universo, 81, 121,
138
Vida, a origem da, 302 Von Dänniken, Erik, 180
Von Storch, Hans, 274 Vulcão
El Chichon, 276
Pele, 27
Pinatubo, 275, 276, 277, 278 Vulcões, Marte, 56
Watergate, fitas de, 194 Wells, H. G., 51 Wheeler, John, 146 Wiesner,
Jerome, 293 Wilson, Peter, 79 Wilson, Robert, 178
Yankelovich, Daniel, 292 Yeltsin, Boris, 287 YorkCollege, 278
Zahnle, Kevin, 98, 103 Zel'dovich Ya. B., 290 Zuckerman, Ben, 126
Venera, sondas espaciais soviéticas, 23,
44
Vênus, 21, 22, 23, 38, 44, 46, 72, 73, 102,
103, 170, 302
Atmosfera de, 44, 273
Temperaturas altas da superfície, 75,
277