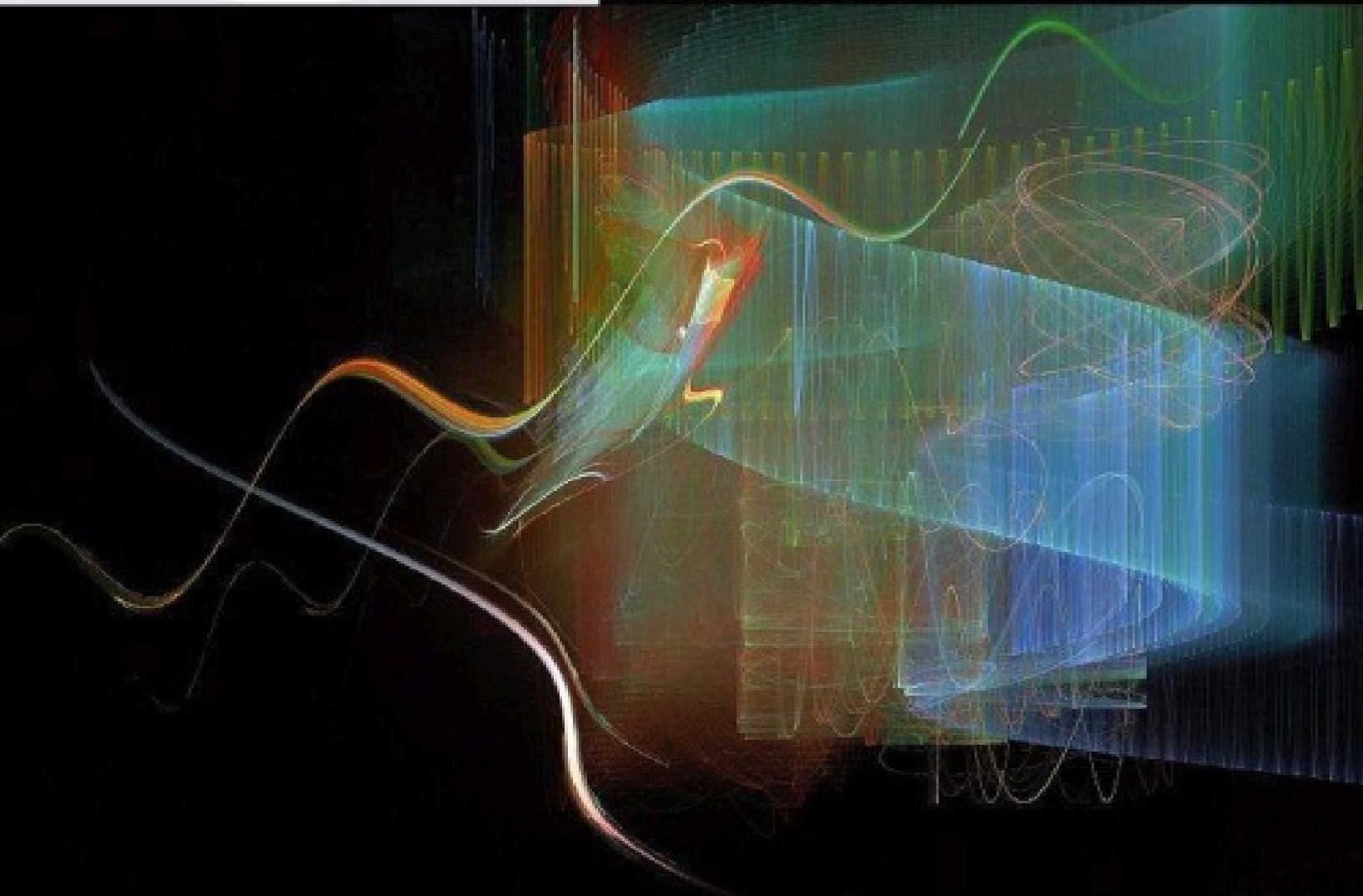


# A SINGULARIDADE ESTÁ PRÓXIMA

Quando os humanos  
transcendem a biologia

**RAY KURZWEIL**

TRADUÇÃO  
ANA GOLDBERGER



**A SINGULARIDADE ESTÁ PRÓXIMA**

*Coleção Os Livros do Observatório*  
dirigida por Teixeira Coelho

*Título original*  
The Singularity Is Near

*Copyright* © Loretta Barretts Books, Inc.


*Publicado por* Itaú Cultural e Editora Iluminuras

*Copyright* © 2018

*Projeto gráfico*  
Eder Cardoso | Iluminuras

*Diagramação*  
Sidney Rocha

*Capa*  
Michaela Pivetti

*Imagem capa*  
sobre foto *Fractal rendered in Apophysis*, de Kh627 (Kuntal Halder) 

*Preparação*  
Jane Pessoa

*Equipe Itaú Cultural*

*Presidente*

Milú Villela

*Diretor*

Eduardo Saron

*Superintendente administrativo*

Sérgio Miyazaki

*Núcleo de Inovação/Observatório*

*Gerente*

Marcos Cuzziol

*Coordenador do Observatório*

Luciana Modé

*Produção*

Andréia Briene



Centro de Memória, Documentação e Referência - Itaú Cultural

Kurzweil, Ray.

A singularidade está próxima: quando os humanos transcendem a biologia / Ray Kurzweil; tradução Ana Goldberger. - São Paulo : Itaú Cultural : Iluminuras, 2018.

628 p.

Título original: The singularity is near: when humans transcend biology

ISBN 978-85-7321-594-6 (Iluminuras)

ISBN 978-85-7979-115-4 (Itaú Cultural)

1. Inteligência artificial. 2. Robótica. 3. Evolução humana. 4. Nanotecnologia. 5. Genética. I. Kurzweil, Ray. II. Goldberger, Ana, trad. III. Instituto Itaú Cultural. IV. Título.

CDD 153.9

2018

EDITORA ILUMINURAS LTDA.

Rua Inácio Pereira da Rocha, 389 - 05432-011 - São Paulo - SP - Brasil

Tel./Fax: 55 11 3031-6161

iluminuras@iluminuras.com.br

www.iluminuras.com.br

# SUMÁRIO

*Agradecimentos,*

*Prólogo*

*O poder das ideias,*

**Capítulo 1**

*As seis épocas,*

*A visão linear intuitiva versus a visão exponencial histórica,*

*As seis épocas,*

*Época Um: Física e Química. Época Dois: Biologia e DNA. Época Três: Cérebros. Época*

*Quatro: Tecnologia. Época Cinco: A fusão da tecnologia humana com a inteligência humana.*

*Época Seis: O universo desperta.*

*A Singularidade está próxima,*

**Capítulo 2**

*Uma teoria da evolução tecnológica: a Lei dos Retornos Acelerados,*

*A natureza da ordem. O ciclo de vida de um paradigma. Desenhos fractais. Evolução clarividente.*

*A Curva em S de uma tecnologia tal como expressa em seu ciclo de vida,*

*O ciclo de vida de uma tecnologia*

*A Lei de Moore e além,*

*A Lei de Moore: uma profecia autorrealizável? O quinto paradigma. Dimensões fractais e o cérebro*

*Sequenciamento de DNA, memória, comunicações, a internet e miniaturização,*

*Informação, ordem e evolução: Os insights de Wolfram e os autômatos celulares de Fredkin. A inteligência artificial pode evoluir a partir de regras simples?*

*A Singularidade como imperativo econômico,*

*Pegue 80 trilhões de dólares —apenas por tempo limitado: Deflação... uma coisa ruim?*

**Capítulo 3**

*Atingindo a capacidade de computar do cérebro humano,*

*O sexto paradigma da tecnologia de computação: Computação molecular tridimensional e tecnologias computacionais emergentes,*

*A ponte para a computação molecular em 3-D. Nanotubos ainda são a melhor aposta.*

*Computando com moléculas. Automontagem. Emulando a biologia. Computar com DNA.*

*Computar com Spin. Computar com luz. Computação quântica.*

*A capacidade de computar do cérebro humano,*

*Acelerar a disponibilidade do computador pessoal no nível humano. Capacidade da memória humana.*

*Os limites da computação,*

*Computação reversível. Quanta inteligência tem uma pedra? Os limites da nanocomputação.*

*Marcar uma data para a Singularidade. Memória e eficiência computacional: uma pedra versus um cérebro humano. Ir além do definitivo: picotecnologia e femtotecnologia, curvando*

*a velocidade da luz.*

## Capítulo 4

Projetando o software da inteligência humana: como aplicar a engenharia reversa no cérebro humano,

Engenharia reversa do cérebro: Um panorama da tarefa,

*Novas ferramentas para modelar e obter imagens do cérebro. O software do cérebro. Modelagem analítica do cérebro versus a neuromórfica. Qual a complexidade do cérebro? Modelando o cérebro. Descascar a cebola.*

O cérebro humano é diferente de um computador?,

*Os circuitos do cérebro são muito lentos. Mas ele é maciçamente paralelo. O cérebro combina fenômenos analógicos e digitais. A maioria dos detalhes do cérebro é aleatória. O cérebro usa propriedades emergentes. O cérebro é imperfeito. Contradizemos a nós mesmos. O cérebro usa a evolução. Padrões são importantes. O cérebro é holográfico. O cérebro está profundamente conectado. O cérebro tem, de fato, uma arquitetura de regiões. O design de uma região do cérebro é mais simples do que o design de um neurônio. Tentando entender nosso próprio pensamento: o ritmo acelerado da pesquisa.*

Perscrutando o cérebro,

*Novas ferramentas para digitalizar o cérebro. Melhorando a resolução. Digitalizar usando nanorobots.*

Construindo modelos do cérebro,

*Modelos subneurais: Sinapses e espinhas. Modelos de neurônios. Neurônios eletrônicos. Plasticidade cerebral. Modelando regiões do cérebro. Um modelo neuromórfico: O cerebelo. Outro exemplo: O modelo das regiões auditivas de Watts. O sistema visual. Outras obras em andamento: Um hipocampo artificial e uma região artificial olivocerebelar. Entender funções de nível mais alto: Imitação, predição e emoção*

Fazer a interface entre cérebro e máquinas,

O ritmo acelerado da engenharia reversa do cérebro,

*A escalabilidade da inteligência humana.*

Uploading do cérebro humano,

## Capítulo 5

GNR: três revoluções sobrepostas,

Genética: a interseção da informação com a biologia,

*O computador da vida. Baby boomers de design. Podemos realmente viver para sempre? RNAi (RNA de interferência). Terapias celulares. Chips de genes. Terapia somática de genes. Revertendo doenças degenerativas. Combatendo as doenças do coração. Superando o câncer. Revertendo o envelhecimento. Mutações no DNA. Células tóxicas. Mutações da mitocôndria. Agregados intracelulares. Agregados extracelulares. Perda celular e atrofia. Clonagem humana: A aplicação menos interessante da tecnologia da clonagem. Por que a clonagem é importante? Preservar as espécies em risco de extinção e restaurar as extintas. Clonagem terapêutica. Engenharia de células somáticas humanas. Resolvendo a fome mundial. Clonagem humana revisitada.*

Nanotecnologia: a interseção da informação com o mundo físico,

*O montador biológico. Fazendo o upgrade do núcleo da célula com um nanocomputador e um nanorobot. Dedos gordos e grudentos. O debate recrudescer. Primeiros adotantes. Energizando a Singularidade. Aplicações da nanotecnologia no meio ambiente. Nanorobots na corrente sanguínea.*

Robótica: IA forte,

*IA fora de controle. O inverno da IA. O jogo de ferramentas da IA. Sistemas especializados. Redes bayesianas. Modelos de Markov. Redes neurais. Algoritmos genéticos (AGs). Busca recursiva. Deep Fritz empata: Os humanos estão ficando mais inteligentes ou os computadores estão ficando mais burros? A vantagem do hardware especializado. Deep Blue versus Deep Fritz. Ganhos significativos no software. Os jogadores humanos de xadrez estarão condenados? Combinando métodos. Uma amostragem da IA restrita. As Forças Armadas e os serviços de inteligência. Exploração espacial. Medicina. Ciência e matemática. Negócios, finanças e indústria. Indústria e robótica. Fala e linguagem. Lazer e esportes. IA forte.*

## Capítulo 6

O impacto...,

*Uma panóplia de impactos*

... no corpo humano,

*Uma nova maneira de comer. Redesenhando o sistema digestivo. Sangue programável. Com o coração na mão, ou não. Então, o que sobra? Redesenhando o cérebro humano. Estamos virando ciborgues. Corpo humano versão 3.0.*

... no cérebro humano,

*O cenário em 2010. O cenário em 2030. Torne-se outra pessoa. Projetores de experiências. Amplie sua mente.*

...sobre a longevidade humana,

*A transformação para a experiência não biológica. A longevidade da informação.*

... na guerra: o paradigma de realidade virtual remoto, robótico, robusto, de tamanho reduzido,

*Pó inteligente. Nanoarmas. Armas inteligentes. RV.*

... no aprendizado,

... no trabalho,

*Propriedade intelectual. Descentralização.*

... no brincar,

... no destino inteligente do cosmos: Por que é provável que estejamos sozinhos no universo,

*A equação de Drake. Os limites da computação revisitados. Maior ou menor. Expandindo-nos além do sistema solar. A velocidade da luz revisitada. Buracos de minhoca. Alterando a velocidade da luz. O Paradoxo de Fermi revisitado. O princípio antrópico revisitado. O multiverso. Universos que evoluem. A inteligência como destino do universo. A derradeira função utilitária. A Radiação Hawking. Por que a inteligência é mais forte do que a física. Um computador na escala do universo. O universo holográfico.*

## Capítulo 7

Ich bin ein Singularitarian,

*Ainda humano?*

A questão vexatória da consciência,

Quem sou eu? O que sou eu?,

A Singularidade como transcendência,

## Capítulo 8

GNR: Promessa e perigo profundamente entrelaçados,

Benefícios...,

... e perigos entrelaçados,

Uma panóplia de riscos para a existência,

*O princípio da precaução. Quanto menor a interação, maior o potencial explosivo. Nossa simulação é desligada. Penetras na festa. GNR: o foco adequado na questão da promessa versus o perigo. A inevitabilidade de um futuro transformado. Abandono totalitário.*

Preparando as defesas,

*IA forte. Voltando ao passado?*

A ideia do abandono,

*Amplo abandono. Abandono em sintonia fina. Lidando com o abuso. A ameaça do fundamentalismo. Humanismo fundamentalista.*

Desenvolvimento de tecnologias defensivas e o impacto da regulamentação,

*Proteção contra a IA forte “não amigável”. Descentralização. Energia espalhada. Liberdades civis na era das batalhas assimétricas.*

Um programa para a defesa GNR,

## Capítulo 9

*Respostas às críticas,*

Uma panóplia de críticas,

A crítica da incredulidade,

A crítica de Malthus,

*Tendências exponenciais não duram para sempre. Um limite virtualmente ilimitado.*

A crítica do software,

*A estabilidade do software. A capacidade de reação do software. Preço-desempenho do software. A produtividade do desenvolvimento do software. A complexidade do software. Algoritmos que se aceleram. A fonte básica dos algoritmos inteligentes.*

A crítica do processamento analógico,

A crítica da complexidade do processamento neural,

*A complexidade do cérebro. O dualismo intrínseco de um computador. Níveis e Loops.*

A crítica dos microtúbulos e da computação quântica,

A crítica da tese de Church-Turing,

A crítica da taxa de defeitos,

A crítica do “bloqueio”,

A crítica da ontologia: um computador pode ter consciência?,

*O Quarto Chinês de Kurzweil.*

A crítica da divisão rico-pobre,

A crítica da provável regulamentação do governo,

A crítica do teísmo,

A crítica do holismo,

## Epílogo,

*Quão singular? A centralidade humana.*

## Apêndice,

*A Lei dos Retornos Acelerados revisitada.*

## Recursos e informações de contato,

## Notas,



Para minha mãe, Hannah,  
que me forneceu a coragem de procurar  
as ideias para enfrentar qualquer desafio.

# AGRADECIMENTOS

*Gostaria de expressar meu profundo reconhecimento a minha mãe, Hannah, e a meu pai, Fredric, por terem apoiado todas as minhas primeiras invenções e ideias sem questionar, o que me deu liberdade para experimentar; a minha irmã Enid por sua inspiração; e a minha mulher, Sonya, e meus filhos, Ethan e Amy, que dão sentido, amor e motivação a minha vida.*

*Gostaria de agradecer as muitas pessoas talentosas e dedicadas que me ajudaram com este projeto complexo.*

*Na Viking: meu editor, Rick Kot, que me deu liderança, entusiasmo e editoração inspirada; Clare Ferraro, que me deu um forte apoio na publicação; Timothy Mennel, que me deu revisão especializada; Bruce Giffords e John Jusino, por coordenarem os muitos detalhes da produção de um livro; Amy Hill, pela diagramação interna do texto; Holly Watson, por seu trabalho eficiente de publicidade; Alessandra Lusardi, que foi uma competente assistente de Rick Kot; Paul Buckley, por seu design de arte claro e elegante; e Herb Thomby, que desenhou a atraente capa.*

*Loretta Barrett, minha agente literária, cuja orientação entusiástica e astuta ajudou a orientar este projeto.*

*Dr. Terry Grossman, meu colaborador em assuntos de saúde e coautor de *Fantastic Voyage: Live Long Enough to Live Forever*, por me ajudar a desenvolver minhas ideias sobre saúde e biotecnologia através da troca de uns 10 mil e-mails e por uma colaboração multifacetada.*

*Martine Rothblatt, por sua dedicação a todas as tecnologias discutidas neste livro e por nossa colaboração no desenvolvimento de várias tecnologias nessas áreas.*

*Aaron Kleiner, de longa data meu parceiro nos negócios (desde 1973), por sua dedicação e colaboração em muitos projetos, incluindo este.*

*Amara Angelica, cujos esforços dedicados e inspirados orientaram nosso time de pesquisa. Amara também usou suas notáveis habilidades de editar para me ajudar a articular as complexas questões deste livro. Kathryn Myronuk, cujos dedicados esforços em pesquisas, deram importante contribuição para a pesquisa e as notas. Sarah Black contribuiu com pesquisas específicas e habilidades editoriais. Meu time de pesquisas deu-me uma assistência muito capaz: Amara Angelica, Kathryn Myronuk, Sarah Black, Daniel Pentlarge, Emily Brown, Celia Black-Brooks, Nanda Barker-Hook, Sarah Brangan, Robert Bradbury, John Tillinghast, Elizabeth*

*Collins, Bruce Damer, Jim Rintoul, Sue Rintoul, Larry Klaes e Chris Wright. Assistência adicional foi fornecida por Liz Berry, Sarah Brangan, Rosemary Drinka, Linda Katz, Lisa Kirschner, Inna Nirenberg, Christopher Setzer, Joan Walsh e Beverly Zibrak.*

*Laksman Frank, por criar muitas das imagens e diagramas atraentes a partir de minhas descrições e formatar os gráficos.*

*Celia Black-Brooks, por fornecer sua liderança nas comunicações e desenvolvimento de projetos.*

*Phil Cohen e Ted Coyle, por implementarem minhas ideias para a ilustração na página 367, e Helene DeLillo, pela foto da “Singularidade está próxima” no começo do capítulo 7.*

*Nanda Barker-Hook, Emily Brown e Sarah Brangan, por me ajudarem a administrar a extensa logística da pesquisa e dos processos editoriais.*

*Ken Linde e Matt Bridges, por me ajudarem com os sistemas computacionais para manter progredindo suavemente o intrincado fluxo de trabalho.*

*Denise Scutellaro, Joan Walsh, Maria Ellis e Bob Beal, por fazerem a contabilidade deste projeto complicado.*

*A equipe de KurzweilAI.net, por me dar uma ajuda substancial para o projeto: Denise Scutellaro, Joan Walsh, Maria Ellis e Bob Beal.*

*Mark Bizzell, Deborah Lieberman, Kirsten Clausen e Dea Eldorado, por sua assistência na comunicação da mensagem deste livro.*

*Robert A. Freitas Jr., por sua detalhada revisão do material relacionado à nanotecnologia.*

*Paul Linsay, por sua minuciosa revisão da matemática deste livro.*

*Meus leitores especializados, meus pares, por realizarem o serviço inestimável de rever com cuidado o conteúdo científico: Robert A. Freitas Jr. (nanotecnologia, cosmologia), Ralph Merkle (nanotecnologia), Martine Rothblatt (biotecnologia, aceleração tecnológica), Terry Grossman (saúde, medicina, biotecnologia), Tomaso Poggio (ciência do cérebro e engenharia reversa do cérebro), John Parmentola (física, tecnologia militar), Dean Kamen (desenvolvimento tecnológico), Neil Gershenfeld (tecnologia da computação, física, mecânica quântica), Joel Gershenfeld (engenharia de sistemas), Hans Moravec (inteligência artificial, robótica), Max More (aceleração da tecnologia, filosofia), Jean-Jacques E. Slotine (ciência do cérebro e cognitiva), Sherry Turkle (impacto social da tecnologia), Seth Shostak (SETI — procura por inteligência extraterrestre — cosmologia, astronomia), Damien Broderick (aceleração tecnológica, a Singularidade) e Harry George (empreendimento tecnológico).*

*Meus hábeis leitores internos: Amara Angelica, Sarah Black, Kathryn Myronuk, Nanda Barker-Hook, Emily Brown, Celia Black-Brooks, Aaron Kleiner, Ken Linde, John Chalupa e Paul Albrecht.*

*Meus leitores leigos, por me fornecerem insights incisivos: meu filho, Ethan Kurzweil, e David Dalrymple.*

*Bill Gates, Eric Drexler e Marvin Minsky, por darem autorização para incluir seus diálogos no livro e por suas ideias, que foram incorporadas nos diálogos.*

*Os muitos cientistas e pensadores cujas ideias e esforços estão contribuindo para nossa base de conhecimentos humanos que se expande exponencialmente.*

*As pessoas mencionadas acima me forneceram muitas ideias e correções, que consegui realizar graças aos seus esforços. A responsabilidade por quaisquer erros que tenham permanecido é inteiramente minha.*

# PRÓLOGO

## *O poder das ideias*

*Acho que não há excitação que possa passar pelo coração do homem igual à sentida pelo inventor quando vê alguma criação do cérebro caminhando para o sucesso.*

Nikola Tesla, 1896, inventor da corrente alternada

Quando tinha cinco anos, tive a ideia de que me tornaria um inventor. Tive a convicção de que ideias podiam mudar o mundo. Quando outras crianças pensavam alto o que elas queriam ser, já sabia o que seria. O foguete para a Lua que eu, então, construía (quase uma década antes do desafio que o presidente Kennedy lançou ao país) não funcionou. Mas perto de fazer oito anos, minhas invenções ficaram um pouco mais realistas, como um teatro robótico com ligações mecânicas que podiam mover o cenário e as personagens para dentro e para fora do campo de visão, e jogos virtuais de beisebol.

Tendo fugido do Holocausto, meus pais, ambos artistas, queriam uma criação mais secular, menos provincial e religiosa, para mim.<sup>1</sup> Minha educação espiritual, como resultado, aconteceu em uma igreja unitarista. Ficávamos seis meses estudando uma religião — frequentando seus serviços, lendo seus livros, dialogando com seus líderes — e então mudávamos para a próxima. O tema era “muitos caminhos para a verdade”. É claro que percebi muitos paralelos entre as tradições religiosas do mundo, mas até as inconsistências eram instrutivas. Para mim, ficou claro que as verdades básicas eram profundas o suficiente para transcender aparentes contradições.

Com oito anos, descobri a série de livros de Tom Swift Jr. O enredo de todos os 33 livros (só nove deles tinham sido publicados quando comecei a lê-los em 1956) era sempre o mesmo: Tom iria ver-se em uma situação terrível, em que seu destino e o de seus amigos, e muitas vezes do resto da raça humana, estavam por um fio. Tom iria recolher-se a seu laboratório no porão e pensaria como resolver o problema. Esta, então, era a tensão dramática em cada livro da série: qual ideia engenhosa iriam ter Tom e seus amigos para salvar o dia?<sup>2</sup> A moral desses contos era simples: a ideia certa tinha o poder de vencer um desafio aparentemente insuperável. Até hoje, permaneço convicto desta filosofia básica: não importam quais dificuldades estamos enfrentando — problemas nos negócios, questões de saúde,

dificuldades de relacionamento, bem como os grandes desafios científicos, sociais e culturais de nosso tempo —, existe uma ideia que nos permite superá-las. Além disso, é possível encontrar essa ideia. E, quando a encontramos, precisamos pô-la em prática. Minha vida tem sido pautada por esse imperativo. O poder de uma ideia... isso, em si, já é uma ideia.

Por volta da mesma época em que lia a série de Tom Swift Jr., lembro de meu avô, que também tinha fugido da Europa com minha mãe, voltando de sua primeira visita de retorno à Europa com duas lembranças fundamentais. Uma foi o tratamento cordial que ele recebeu dos austríacos e alemães, a mesma gente que o tinha forçado a fugir em 1938. A outra foi uma rara oportunidade que lhe foi dada de tocar com as próprias mãos alguns manuscritos originais de Leonardo da Vinci. Ambas as lembranças influenciaram-me, mas esta última é para onde voltei muitas vezes. Ele descrevia a experiência com profundo respeito, como se tivesse tocado a obra do próprio Deus. Esta, então, foi a religião com que fui criado: veneração pela criatividade humana e pelo poder das ideias.

Em 1960, com doze anos, descobri o computador e fiquei fascinado com sua habilidade para modelar e recriar o mundo. Perambulei pelas lojas de eletrônicos excedentes na rua Canal em Manhattan (ainda estão ali!) e reuni peças para montar meus próprios aparelhos. Durante os anos 1960, estava tão absorto nos movimentos contemporâneos musicais, culturais e políticos quanto meus pares, mas estava igualmente envolto em uma tendência muito mais obscura: ou seja, a notável sequência de máquinas que a IBM produziu nessa década, de sua série de grandes “7000” (7070, 7074, 7090, 7094) até o pequeno 1620, de fato o primeiro “minicomputador”. As máquinas eram apresentadas com intervalos de um ano, e cada uma custava menos e era mais potente do que a anterior, um fenômeno familiar hoje. Tive acesso a um IBM 1620 e comecei a escrever programas para análise estatística e, depois, para composição de músicas.

Ainda me lembro de quando, em 1968, permitiram-me entrar na sala escura, cavernosa, que abrigava o computador mais potente da Nova Inglaterra, um IBM 360 Modelo 91 de ponta, com um notável milhão de bytes (um megabyte) de memória interna, uma velocidade impressionante de 1 milhão de comandos por segundo (um MIPS) e um valor de locação de apenas mil dólares por hora. Eu tinha desenvolvido um programa de computador que combinava estudantes do secundário com faculdades e fiquei olhando, fascinado, as luzes do painel frontal dançando em um padrão visível conforme a máquina processava o requerimento de cada aluno.<sup>3</sup> Mesmo estando familiarizado com cada linha do programa, parecia,

apesar de tudo, que o computador estava imerso em pensamentos quando as luzes diminuía por vários segundos no final de cada ciclo. De fato, ele podia fazer sem erros, em dez segundos, o que levávamos dez horas para fazer manualmente com muito menos precisão.

Como inventor nos anos 1970, cheguei a perceber que minhas invenções tinham de fazer sentido em termos de tecnologias capacitantes e de forças do mercado que iriam existir quando as invenções fossem introduzidas, já que esse mundo seria bem diferente daquele em que elas foram criadas. Comecei a desenvolver modelos de como distintas tecnologias — eletrônica, comunicações, processadores de computador, memória, armazenamento magnético e outras — desenvolviam-se, e como essas alterações se refletiam nos mercados e, em último caso, em nossas instituições sociais. Percebi que a maioria das invenções fracassa, não porque o departamento de pesquisa e desenvolvimento não consegue fazê-las funcionar, mas porque o momento está errado. Inventar é muito como surfar: você tem de prever e pegar a onda no momento certo.

Meu interesse pelas tendências tecnológicas e suas implicações assumiu vida própria nos anos 1980, e comecei a usar meus modelos para projetar e prever tecnologias futuras, inovações que iriam aparecer em 2000, 2010, 2020 e além. Isso permitiu que eu inventasse com as habilidades do futuro, criando e desenhando invenções que usavam essas habilidades futuras. Do meio para o final dos anos 1980, escrevi meu primeiro livro, *The Age of Intelligent Machines* [A era das máquinas inteligentes].<sup>4</sup> Ele incluía previsões extensas (e razoavelmente acuradas) para os anos 1990 e 2000, e terminava com o espectro da inteligência da máquina ficando impossível de distinguir daquela de seus progenitores humanos dentro da primeira metade do século XXI. Parecia ser uma conclusão pungente, e em todo caso eu pessoalmente achava difícil olhar além de um resultado tão transformador.

Nos últimos vinte anos, comecei a apreciar uma importante metaideia: de que o poder das ideias de transformar o mundo está ele mesmo acelerando. Embora as pessoas logo concordem com essa observação quando simplesmente dita, poucos observadores apreciam de verdade suas profundas implicações. Dentro das próximas décadas, poderemos utilizar ideias para conquistar problemas antigos — e introduzir alguns problemas novos pelo caminho.

Durante os anos 1990, coletei dados empíricos sobre a aparente aceleração de todas as tecnologias relacionadas com informação e procurei refinar os modelos matemáticos subjacentes a essas observações. Desenvolvi uma teoria que chamo de a Lei dos Retornos Acelerados, que

explica por que a tecnologia e os processos evolutivos em geral avançam de modo exponencial.<sup>5</sup> Em *The Age of Spiritual Machines (ASM)* [A idade das máquinas espiritualizada], que escrevi em 1998, procurei articular a natureza da vida humana como irá existir além do ponto onde ficam borrados os limites entre cognição humana e máquina. De fato, tenho visto essa época como uma colaboração cada vez mais íntima entre nossa herança biológica e um futuro que transcende a biologia.

Desde a publicação de *ASM*, comecei a refletir sobre o futuro de nossa civilização e sua relação com nosso lugar no universo. Embora possa parecer difícil visualizar a capacidade de uma civilização futura cuja inteligência ultrapasse amplamente a nossa, nossa habilidade para criar modelos da realidade em nossa mente nos permite perceber as implicações significativas dessa iminente fusão de nosso pensamento biológico com a inteligência não-biológica que estamos criando. Esta, então, é a história que quero contar neste livro. A história baseia-se na ideia de que temos capacidade para compreender nossa própria inteligência — acessar nosso código fonte, se preferir — e então revisá-lo e expandi-lo.

Alguns observadores questionam se somos capazes de aplicar nosso próprio pensamento para compreender nosso próprio pensamento. O pesquisador de inteligência artificial (IA), Douglas Hofstadter, pondera que “poderia ser apenas um acidente do destino que nossos cérebros sejam tão fracos para entender eles mesmos. Pense na humilde girafa, por exemplo, cujo cérebro está obviamente muito abaixo do nível necessário para entender a si mesmo — e contudo ele é notavelmente parecido com nosso cérebro”.<sup>6</sup> Entretanto, já tivemos sucesso ao modelar partes de nosso cérebro — neurônios e substanciais regiões neurais —, e a complexidade de tais modelos cresce rapidamente. Nosso progresso ao aplicar engenharia reversa ao cérebro humano, questão-chave que irei descrever em detalhes neste livro, demonstra que temos, sim, capacidade para compreender, modelar e ampliar nossa própria inteligência. Esse é um aspecto da singularidade de nossa espécie: nossa inteligência está apenas o quanto basta acima do portal crítico necessário para que elevemos nossa própria habilidade para alturas ilimitadas de poder criativo — e temos o apêndice oponível (nossos polegares) necessário para manipular o universo à nossa vontade.

Uma palavra sobre magia: quando estava lendo os livros de Tom Swift Jr., eu também era um ávido mágico. Gostava de ver o prazer de meu público quando este via transformações da realidade aparentemente impossíveis. Na adolescência, substituí minha magia de salão por projetos

tecnológicos. Descobri que, ao contrário de meros truques, a tecnologia não perde seu poder transcendental quando são revelados seus segredos. Muitas vezes sou lembrado da terceira lei de Arthur C. Clarke, que “qualquer tecnologia bastante avançada não é distinguível da mágica”.

Considere, dessa perspectiva, as histórias de Harry Potter de J. K. Rowling. Esses contos podem ser imaginários, mas não são visões descabidas de como nosso mundo vai existir dentro de apenas poucas décadas a partir de agora. Essencialmente, toda a “mágica” de Potter será posta em prática através das tecnologias que irei explorar neste livro. Jogar quadribol e transformar gente e coisas em outras formas será factível em ambientes de realidade virtual de imersão total, bem como na realidade real, usando nano instrumentos. Mais duvidoso é reverter o tempo (conforme descrito em *Harry Potter e o prisioneiro de Azkaban*), embora propostas sérias até tenham sido apresentadas para realizar alguma coisa nessa linha (sem dar origem a paradoxos de causalidade), ao menos em pequenos pedaços de informação, que, essencialmente, é o que compreendemos. (Veja a argumentação no capítulo 3 sobre os limites máximos da computação.)

Veja que Harry liberta sua mágica ao proferir o encantamento certo. É claro que não era simples descobrir e aplicar esses encantamentos. Harry e seus colegas precisam obter a sequência, os procedimentos e a ênfase certos. Esse processo é precisamente nossa experiência com tecnologia. Nossos encantamentos são as fórmulas e os algoritmos subjacentes à nossa mágica moderna. Só com a sequência correta, conseguimos fazer com que um computador leia um livro em voz alta, entenda a fala humana, preveja (e previna) um ataque do coração ou preveja o movimento de ações da bolsa. Se um encantamento estiver ligeiramente inexato, a mágica fica muito enfraquecida ou não funciona de jeito nenhum.

Pode-se objetar essa metáfora, apontando que os encantamentos de Hogwarts são curtos e, portanto, não contêm muita informação quando comparados, digamos, ao código de um programa de software moderno. Mas os métodos essenciais da tecnologia moderna geralmente compartilham a mesma concisão. Os princípios operacionais de softwares avançados, como reconhecer a fala, podem ser escritos em apenas umas poucas páginas de fórmulas. Muitas vezes, um avanço importante é questão de fazer uma pequena mudança em uma única fórmula.

A mesma observação vale para as “invenções” da evolução biológica: considere que a diferença genética entre chimpanzés e humanos, por exemplo, é de apenas umas poucas centenas de milhares de bytes de

informação. Embora os chimpanzés sejam capazes de algumas façanhas intelectuais, aquela mínima diferença em nossos genes foi suficiente para que nossa espécie criasse a mágica da tecnologia.

Muriel Rukeyser diz que “o universo é feito de histórias, não de átomos”. No capítulo 7, descrevo-me como um “padronista”, alguém que vê padrões de informação como realidade fundamental. Por exemplo, as partículas que compõem meu cérebro e corpo mudam em semanas, mas há uma continuidade de padrões que essas partículas formam. Uma história pode ser considerada como um padrão significativo de informação, portanto podemos interpretar o aforismo de Muriel Rukeyser a partir desse ponto de vista. Este livro, então, é a história do destino da civilização homem-máquina, destino que viemos a chamar de Singularidade.

# CAPÍTULO 1

## *As seis épocas*

*Todos tomam os limites de sua própria visão como sendo os limites do mundo.*

Arthur Schopenhauer

Não tenho certeza de quando foi que notei a Singularidade pela primeira vez. Diria que foi um despertar gradual. No quase meio século em que mergulhei no computador e nas tecnologias relacionadas, procurei entender o sentido e o propósito da turbulência contínua que testemunhei em muitos níveis. Aos poucos, percebi um acontecimento transformador surgindo na primeira metade do século XXI. Assim como um buraco negro no espaço altera dramaticamente os padrões de matéria e energia que se aceleram na direção de seu horizonte de eventos, essa Singularidade iminente em nosso futuro está transformando cada vez mais toda instituição e aspecto da vida humana, da sexualidade à espiritualidade.

O que, então, é a Singularidade? É um período no futuro em que o ritmo da mudança tecnológica será tão rápido, seu impacto tão profundo, que a vida humana sofrerá mudanças irreversíveis. Embora nem utópica, nem distópica, essa época irá transformar os conceitos de que dependemos para dar sentido a nossas vidas, desde nossos modelos de negócio até o ciclo da vida humana, incluindo a própria morte. Entender a Singularidade irá alterar nossa perspectiva do significado de nosso passado e das ramificações de nosso futuro. Entendê-la de verdade muda essencialmente nossa visão da vida em geral e da nossa própria vida. Considero alguém que entende a Singularidade e que refletiu sobre as implicações dela na sua vida como um “singularitariano”.<sup>1</sup>

Posso entender porque muitos observadores não adotam prontamente as implicações óbvias do que chamei de a Lei dos Retornos Acelerados (a aceleração inerente do fator de evolução, com a evolução tecnológica como continuação da evolução biológica). Afinal, levei quarenta anos para conseguir ver o que estava bem na minha frente, e ainda não posso dizer que me sinto totalmente à vontade com todas as suas consequências.

A ideia-chave subjacente à iminente Singularidade é que o ritmo de mudança na tecnologia criada pelo homem está acelerando, e seus poderes estão se expandindo em ritmo exponencial. O crescimento exponencial engana. Começa quase imperceptivelmente e então explode com uma fúria inesperada — inesperada, isto é, para quem não toma o cuidado de seguir

sua trajetória. (Ver o gráfico “Crescimento linear versus exponencial” na página 27.

Considere-se esta parábola: o dono de um lago quer ficar em casa para cuidar dos peixes do lago e assegurar-se de que o próprio lago não vá ficar coberto por vitórias-régias, que parecem dobrar seu número a cada poucos dias. Mês após mês, ele espera pacientemente, mas só pequenos grupos de vitórias-régias podem ser vistos, e elas não parecem estar se expandindo de modo perceptível. Com as vitórias-régias cobrindo menos do que 1% do lago, o dono imagina que é seguro sair de férias e parte com sua família. Quando volta depois de poucas semanas, ele fica chocado ao descobrir que o lago todo ficou coberto pelas plantas e seus peixes morreram. Dobrando de número a cada poucos dias, as últimas sete multiplicações bastaram para estender a cobertura de vitórias-régias sobre todo o lago. (Dobrando sete vezes, estenderam seu alcance 128 vezes.) Essa é a natureza do crescimento exponencial.

Gary Kasparov tratou com desdém o estado patético do computador de xadrez em 1992. Porém a incansável duplicação do poder do computador a cada ano permitiu que um computador o derrotasse cinco anos mais tarde.<sup>2</sup> A lista dos modos pelos quais agora os computadores podem superar as capacidades humanas cresce rapidamente. Além disso, as aplicações da inteligência do computador, que antes eram poucas, gradativamente se ampliam de um tipo de atividade para outro. Por exemplo, computadores estão diagnosticando eletrocardiogramas e imagens médicas, dirigindo e aterrissando aviões, controlando decisões táticas de armas automáticas, tomando decisões de crédito e financeiras e recebendo a responsabilidade por muitas outras tarefas que costumavam precisar da inteligência humana. O desempenho desses sistemas cada vez mais se baseia na integração de múltiplos tipos de inteligência artificial (IA). Mas, no momento em que a IA deixa a desejar em alguma dessas áreas de trabalho, céticos apontam essa área como um inerente bastião da permanente superioridade humana em relação à capacidade de nossas próprias criações.

Este livro irá argumentar, entretanto, que, dentro de várias décadas, as tecnologias baseadas na informação irão englobar todo o conhecimento e aptidões humanas, chegando mesmo a incluir os poderes de reconhecer padrões, habilidades para resolver problemas e a inteligência emocional e moral do próprio cérebro humano.

Embora impressionante sob muitos aspectos, o cérebro sofre de severas limitações. Usamos seu paralelismo maciço (100 trilhões de conexões interneurais funcionando ao mesmo tempo) para rapidamente reconhecer

padrões sutis. Mas nosso pensamento é extremamente lento: as operações neurais básicas são vários milhões de vezes mais lentas do que os circuitos eletrônicos contemporâneos. Isso torna demasiado limitada a largura de nossa banda biológica para processar novas informações quando comparada ao crescimento exponencial de toda a base do conhecimento humano.

Da mesma forma, nossos corpos biológicos na versão 1.0 são frágeis e sujeitos a uma miríade de modos de falhar, sem falar dos incômodos rituais de manutenção que exigem. Enquanto a inteligência humana algumas vezes é capaz de se elevar em sua criatividade e expressividade, muito do pensamento humano é não original, mesquinho e circunscrito.

A Singularidade vai nos permitir transcender essas limitações de nossos cérebros e corpos biológicos. Vamos ganhar poder sobre nossos destinos. Nossa mortalidade estará em nossas próprias mãos. Poderemos viver tanto quanto quisermos (uma afirmação sutilmente diferente de dizer que iremos viver para sempre). Entenderemos completamente o pensar humano e iremos estender e expandir seu alcance. Pelo final deste século, a porção não-biológica de nossa inteligência será trilhões de trilhões de vezes mais potente do que a inteligência humana sem ajuda.

Agora estamos nos primeiros estágios dessa transição. A aceleração da troca de paradigma (o ritmo com que mudamos as abordagens técnicas fundamentais), bem como o crescimento exponencial da capacidade da tecnologia da informação, estão, ambos, começando a alcançar o ponto de inflexão, que é o estágio em que uma tendência exponencial torna-se visível. Logo depois desse estágio, a tendência torna-se explosiva. Antes da metade deste século, as taxas de crescimento de nossa tecnologia — que não serão distinguíveis de nós mesmos — serão tão abruptas que irão parecer essencialmente verticais. Na perspectiva matemática estrita, as taxas de crescimento ainda serão finitas, mas tão extremas que as mudanças que elas provocam irão dar a impressão de que rompem o tecido da história humana. Este, pelo menos, será o ponto de vista da humanidade biológica não melhorada.

A Singularidade irá representar o ponto culminante da fusão entre nosso pensamento e nossa existência com nossa tecnologia, tendo como resultado um mundo que ainda é humano mas que transcende nossas raízes biológicas. Não haverá diferença, pós-Singularidade, entre homem e máquina ou entre a realidade física e a virtual. Se alguém quiser saber o que vai permanecer como humano neste mundo, a resposta: nossa espécie é aquela que procura intrinsecamente estender seu alcance físico e mental além das limitações atuais.

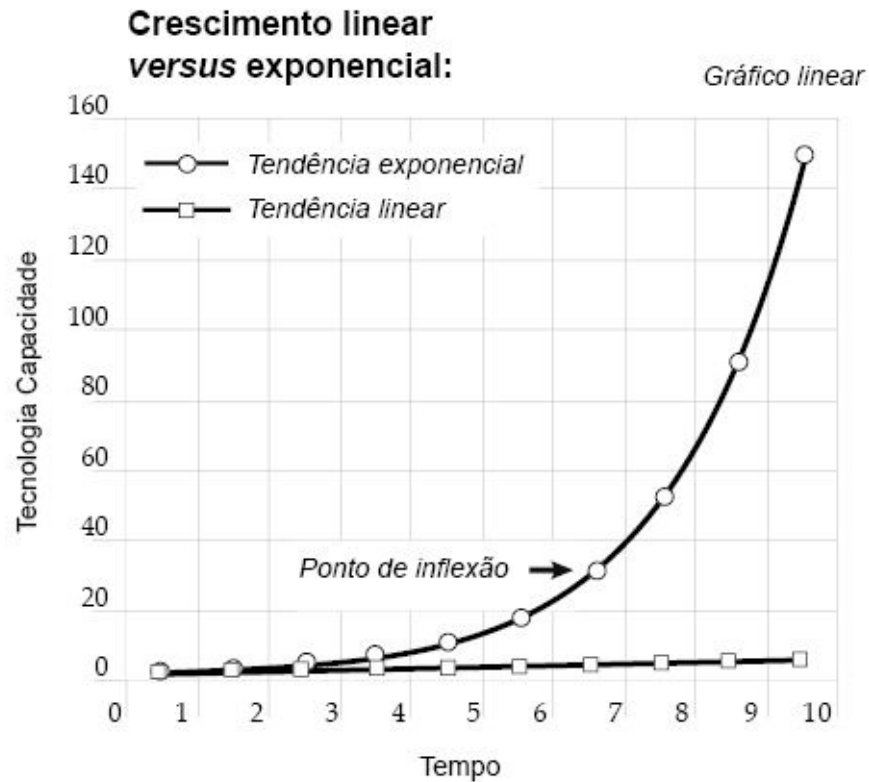
Muitos críticos dessas mudanças focam no que eles percebem como perda de algum aspecto vital de nossa humanidade, que seria o resultado dessa transição. Contudo, esse ponto de vista brota de um mal-entendido de como nossa tecnologia ficará. Falta, a todas as máquinas que vimos até hoje, a sutileza essencial das qualidades biológicas humanas. Embora a Singularidade tenha muitas facetas, sua implicação mais importante é esta: nossa tecnologia irá igualar-se e, depois, ultrapassar de longe o refinamento e a flexibilidade do que consideramos serem os melhores traços humanos.

## A visão linear intuitiva *versus* a visão exponencial histórica

*Quando a primeira inteligência transumana for criada e se lançar a melhorar a si mesma repetidamente, é provável que ocorra uma descontinuidade, cujas consequências nem posso começar a prever.*

Michael Anissimov

Nos anos 1950, John von Neumann, o famoso teórico da informação, foi citado como tendo dito que “a sempre maior aceleração do progresso da tecnologia [...] faz parecer que se aproxima de alguma singularidade essencial na história da raça humana, além da qual as questões humanas, como as conhecemos, não podem continuar”.<sup>3</sup> Von Neumann faz duas observações importantes aqui: *aceleração* e *singularidade*. A primeira ideia é a de que o progresso humano é exponencial (ou seja, que ele se expande pela repetida *multiplicação* de uma constante) mais do que linear (ou seja, expandido-se pela repetida *soma* de uma constante).



*Linear versus exponencial:* O crescimento linear é constante; o crescimento exponencial torna-se explosivo.

A segunda é de que o crescimento exponencial é sedutor, começando devagar e praticamente imperceptível, mas depois do ponto de inflexão ele se torna explosivo e profundamente transformador. O futuro é amplamente mal-entendido. Nossos antepassados esperavam que ele fosse bem parecido com o presente deles, que tinha sido bem parecido com seu passado. Tendências exponenciais existiam, sim, há mil anos, mas elas estavam naquele estágio bem inicial, em que eram tão planas e tão vagarosas que não pareciam ser tendências de jeito nenhum. Como resultado, as expectativas dos críticos de um futuro imutável eram concretizadas. Hoje, prevemos um contínuo progresso tecnológico, e as repercussões sociais virão a seguir. Mas o futuro será muito mais surpreendente do que a maioria das pessoas pensa, porque poucos críticos internalizaram de verdade a implicação do fato de que o ritmo da própria mudança está se acelerando.

A maioria das previsões de longo alcance do que é tecnicamente factível em tempos futuros subestima dramaticamente a potência dos desenvolvimentos futuros, porque se baseiam no que eu chamo de visão “linear intuitiva” da história mais do que na visão “exponencial histórica”. Meus modelos mostram que estamos dobrando a taxa de alteração do

paradigma a cada década, como irei abordar no próximo capítulo. Assim, o século XX estava gradualmente acelerando para a atual taxa de progresso; suas realizações, então, equivaliam a cerca de vinte anos da taxa de progresso em 2000. Iremos progredir outros vinte anos em apenas catorze anos (em 2014), e depois fazer o mesmo de novo em apenas sete anos. Para expressar isso de outro modo, não vamos ter cem anos de avanço tecnológico no século XXI; iremos testemunhar um progresso da ordem de 20 mil anos (novamente quando medido pela taxa de progresso de *hoje*), ou cerca de mil vezes maior do que foi realizado no século XX.<sup>4</sup>

Ideias erradas sobre a forma do futuro surgem frequentemente e em uma variedade de contextos. Como um exemplo dentre muitos, em um recente debate de que participei tratando da factibilidade de manufaturar moléculas, um ganhador do Prêmio Nobel que tomava parte na mesa desconsiderou as preocupações referentes à nanotecnologia, declarando que “ainda não vamos ver entidades nanogeradas que se reproduzem a si mesmas (dispositivos construídos por fragmento a fragmento de molécula) pelos próximos cem anos”. Observei que cem anos eram uma estimativa razoável e coincidia com a minha própria estimativa do volume do progresso técnico necessário para atingir esse determinado marco quando medido *com a atual taxa de progresso* (cinco vezes a taxa média de mudança que vimos no século XX). Mas, porque estamos dobrando a taxa de progresso a cada década, veremos o equivalente a um século de progresso — *na taxa de hoje* — em apenas 25 anos de calendário.

De modo parecido, na conferência Future of Life [Futuro da vida] da revista *Time*, realizada em 2003 para comemorar os cinquenta anos do descobrimento da estrutura do DNA, foi perguntado a todos os oradores convidados como pensavam que seriam os próximos cinquenta anos.<sup>5</sup> Praticamente todos olharam para o progresso dos últimos cinquenta anos e o usaram como modelo para os próximos cinquenta anos. Por exemplo, James Watson, o descobridor do DNA, disse que, dentro de cinquenta anos, teremos drogas que permitirão que comamos tudo o que quisermos sem engordar.

Retruquei: “Cinquenta anos?”. Já conseguimos isso com camundongos, bloqueando o gene receptor de gordura que controla o armazenamento de gordura nas células de gordura. Drogas para uso humano (usando interferência no RNA e outras técnicas que iremos abordar no capítulo 5) estão sendo desenvolvidas agora e estarão nos testes da FDA (agência americana de regulação de alimentos e medicamentos) em alguns anos. Estes estarão disponíveis dentro de cinco a dez anos, não cinquenta. Outras

projeções foram igualmente obtusas, refletindo prioridades contemporâneas de pesquisa mais do que as profundas mudanças que o próximo meio século vai trazer. De todos os pensadores dessa conferência, fomos basicamente Bill Joy e eu que levamos em conta a natureza exponencial do futuro, embora Joy e eu não concordássemos sobre a importância dessas mudanças, como irei discutir no capítulo 8.

As pessoas pressupõem intuitivamente que o ritmo atual de progresso vai continuar nos períodos futuros. Mesmo para aqueles que têm estado por aqui tempo suficiente para perceber como o ritmo de mudança aumenta com o tempo, a intuição não refletida deixa-nos com a impressão de que a mudança acontece no mesmo ritmo que conhecemos mais recentemente. Do ponto de vista do matemático, a razão disso é que uma curva exponencial parece uma linha reta quando examinada por apenas um tempo curto. Como resultado, mesmo comentaristas sofisticados, quando considerando o futuro, extrapolam especificamente o ritmo atual de mudança para os próximos dez ou cem anos a fim de determinar suas expectativas. É por isso que descrevo essa maneira de olhar para o futuro como a visão “linear intuitiva”.

Mas uma avaliação séria da história da tecnologia revela que a mudança tecnológica é exponencial. Crescimento exponencial é um aspecto de qualquer processo evolutivo, do qual a tecnologia é um exemplo primordial. Podem-se examinar os dados de diferentes modos, em diferentes escalas de tempo e por uma vasta categoria de tecnologias, indo da eletrônica à biologia, bem como suas implicações, indo da quantidade do conhecimento humano até o tamanho da economia. A aceleração do progresso e do crescimento aplica-se a cada um deles. De fato, com frequência encontramos não apenas um simples crescimento exponencial, mas um “duplo” crescimento exponencial, quer dizer que a própria taxa de crescimento exponencial (ou seja, o expoente) cresce exponencialmente (por exemplo, veja a discussão sobre preço-desempenho da computação no próximo capítulo).

Muitos cientistas e engenheiros têm o que chamo de “pessimismo do cientista”. Muitas vezes estão tão imersos nas dificuldades e nos detalhes intrincados de um desafio contemporâneo que deixam de ver as implicações a longo prazo de seu próprio trabalho e o mais amplo campo de trabalho em que operam. Da mesma forma, deixam de considerar as ferramentas muito mais potentes que terão disponíveis com cada nova geração de tecnologia.

Cientistas são treinados para serem céticos, para falarem cautelosamente dos atuais objetivos da pesquisa e para raramente especularem além da geração atual de procura científica. Essa pode ter sido uma abordagem

satisfatória quando uma geração de ciência e tecnologia durava mais do que uma geração humana, mas não serve aos interesses da sociedade agora que uma geração de progresso científico e tecnológico abrange apenas uns poucos anos.

Considere-se o caso dos bioquímicos que, em 1990, estavam céticos quanto ao objetivo de transcrever todo o genoma humano em meros quinze anos. Esses cientistas tinham acabado de levar um ano inteiro para transcrever um mero décimo milésimo do genoma. Assim, mesmo prevendo avanços razoáveis, parecia natural para que iriam levar um século, se não mais, antes que o genoma inteiro pudesse ser sequenciado.

Ou considere-se o ceticismo expressado em meados dos anos 1980 de que a internet chegasse a ser um fenômeno significativo, dado que ela, então, só contava com dezenas de milhares de nós (também conhecidos como servidores). Na verdade, o número de nós dobrava a cada ano, de modo que provavelmente haveria dezenas de milhões de nós dez anos depois. Mas essa tendência não era considerada por aqueles que lutavam com a tecnologia de ponta em 1985, que permitia acrescentar apenas uns poucos milhares de nós pelo mundo em um único ano.<sup>6</sup>

O erro conceitual oposto ocorre quando certos fenômenos exponenciais são, primeiro, reconhecidos e aplicados de uma maneira muito agressiva sem modelar o ritmo apropriado de crescimento. Embora o crescimento exponencial ganhe velocidade com o tempo, ele não é instantâneo. A antecipação em valores de capital (isto é, em preços da bolsa), durante a “bolha da internet” e a “bolha das telecomunicações” (1997-2000), relacionada àquela, excedia em muito qualquer expectativa razoável até de crescimento exponencial. Como demonstro no próximo capítulo, a real adoção da internet e do e-commerce mostrou, sim, um crescimento exponencial suave por meios de altos e baixos; as expectativas de crescimento entusiasmadas demais afetaram apenas avaliações de capital (ações). Já vimos erros parecidos durante mudanças anteriores de paradigma — por exemplo, durante o primeiro período das ferrovias (anos 1830), quando o equivalente ao inflar da bolha da internet levou a uma feroz expansão das ferrovias.

Outro erro que fazem os previsores é considerar as transformações que irão resultar de uma única tendência no mundo de hoje como se nada mais fosse mudar. Um bom exemplo é a preocupação de que a prorrogação radical da vida resultará em superpopulação e esgotamento dos limitados recursos materiais que sustentam a vida humana, ignorando uma criação de riqueza igualmente radical vinda da tecnologia e da IA. Por exemplo,

dispositivos manufaturados com base na nanotecnologia nos anos 2020 serão capazes de criar quase qualquer produto físico a partir de matérias-primas baratas e de informação.

Dou ênfase à perspectiva exponencial-versus-linear porque é a falha mais importante dos previsores quando consideram tendências futuras. A maioria dos previsores e das previsões tecnológicas ignora totalmente essa visão exponencial histórica do progresso tecnológico. Na verdade, quase todos que eu encontro têm uma visão linear do futuro. É por isso que as pessoas tendem a superestimar o que pode ser alcançado a curto prazo (porque temos a tendência de deixar de fora os detalhes necessários), mas subestimam o que pode ser alcançado a longo prazo (porque o crescimento exponencial é ignorado).

## As seis épocas

*Primeiro construímos as ferramentas, depois elas nos constroem a nós.*

Marshall McLuhan

*O futuro não é mais o que costumava ser.*

Yogi Berra

A evolução é um processo que consiste em criar padrões de ordem crescente. Discutirei o conceito de ordem no próximo capítulo; a ênfase nesta seção está no conceito de padrões. Creio que é a evolução de padrões que constitui a história fundamental de nosso mundo. A evolução trabalha indiretamente: cada estágio ou época usa os métodos de processar informações da época anterior para criar a nova. Penso na história da evolução — tanto biológica quanto tecnológica — como acontecendo em seis épocas. Como iremos discutir, a Singularidade começará com a Época Cinco e irá expandir-se da Terra para o resto do universo na Época Seis.

*Época Um: Física e Química.* Podemos traçar nossas origens até um estágio que representa a informação em suas estruturas básicas: padrões de matéria e energia. Teorias recentes de gravidade quântica afirmam que o tempo e o espaço são divisíveis em discretos quanta, essencialmente fragmentos de informação. Há controvérsias sobre se matéria e energia têm uma natureza básica digital ou analógica, mas, sem considerar essa questão, sabemos que as estruturas atômicas armazenam e representam uma informação discreta.

Poucas centenas de milhares de anos depois do big bang, começaram a se formar os átomos, à medida que os elétrons ficaram presos em órbitas em

volta de núcleos consistindo em prótons e nêutrons. A estrutura elétrica dos átomos os fez “pegajosos”. A química nasceu uns poucos milhões de anos mais tarde à medida que os átomos se juntaram para criar estruturas relativamente estáveis chamadas de moléculas. Dentre todos os elementos, o carbono provou ser o mais versátil; ele consegue formar ligações em quatro direções (versus uma a três da maioria dos outros elementos), dando origem a estruturas complicadas, cheias de informação, tridimensionais.

As regras de nosso universo e o equilíbrio das constantes físicas que governam a interação de forças básicas são tão requintados, delicados e exatamente adequados para a codificação e a evolução da informação (resultando em crescente complexidade) que se fica imaginando como aconteceu tal situação extraordinariamente improvável. Onde alguns veem a mão divina, outros veem nossas próprias mãos — isto é, o princípio antrópico, que afirma que só em um universo que permita nossa própria evolução estaremos aqui para fazer tais perguntas.<sup>7</sup> Teorias recentes da física sobre universos múltiplos especulam que novos universos são criados regularmente, cada um com suas regras únicas, mas que a maioria deles definha rapidamente ou então continua sem a evolução de qualquer padrão interessante (tais como os criados pela biologia baseada na Terra) porque suas regras não sustentam a evolução de formas cada vez mais complexas.<sup>8</sup> É difícil imaginar como se poderia testar essas teorias da evolução aplicadas à cosmologia primordial, mas está claro que as leis físicas de nosso universo são exatamente o que precisam ser para permitir a evolução de sempre mais numerosos níveis de ordem e complexidade.<sup>9</sup>



*Época Dois: Biologia e DNA.* Na segunda época, começando há vários bilhões de anos, os compostos com base no carbono ficaram cada vez mais intrincados, até que a conjunção complexa de moléculas formou mecanismos que se autorreproduziam, e a vida começou. Eventualmente, sistemas biológicos desenvolveram um mecanismo digital preciso (DNA) para armazenar informações que descrevem uma maior associação de moléculas. Essa molécula e sua maquinária de apoio de códons e ribossomos permitiram manter um registro dos experimentos evolutivos dessa segunda época.

*Época Três: Cérebros.* Cada época continua a evolução da informação através de uma mudança de paradigma para um nível posterior de “indireção”. (Isto é, a evolução usa os resultados de uma época para criar a seguinte.) Por exemplo, na terceira época, a evolução guiada pelo DNA produziu organismos que podem detectar informação com seus próprios órgãos dos sentidos e armazenar essa informação em seus próprios cérebros e sistemas nervosos. Isso se tornou possível graças a mecanismos da segunda época (DNA e informação epigenética de proteínas e fragmentos de RNA que controlam a expressão dos genes) que (indiretamente) permitiram e definiram mecanismos de processamento de informação da

PRÉVIA GRATUITA · OFERTA POR TEMPO LIMITADO

## Você chegou ao fim desta prévia.

Continue lendo "A singularidade está próxima" e mais de 1 milhão de livros — de graça por 30 dias.

★★★★★ Mais de 1 milhão de leitores já aproveitam

### Com o Kindle Unlimited, sua leitura não tem fim:

- ✓ Leia à vontade — explore mais de 1 milhão de títulos sem pagar por livro.
- ✓ Leve para qualquer lugar — baixe o app gratuito e leia onde e quando quiser.
- ✓ Em qualquer tela — celular, tablet, computador ou Kindle — você escolhe.
- ✓ Grandes autores — best-sellers e novos talentos, inclusive títulos em inglês.

**COMEÇAR MEUS 30 DIAS GRÁTIS**

Cobrança só após o período grátis.

- ✓ Pagamento seguro
- ✓ Acesso imediato
- ✓ Cancele quando quiser

Não precisa ter um Kindle: baixe o app gratuito e comece a ler agora.

Se não quiser ler no aplicativo Kindle, compre o livro [clikando aqui](#).