ÍNDICE

Agradecimentos	11
Introdução	13
1. Em Qual dos Seis Estádios Nos Encontramos?	19
2. Reinventar a Inteligência	23
3. Quem Sou Eu?	85
4. A Vida Tem Vindo a Melhorar exponencialmente	119
5. O Futuro do Emprego: Bom ou Mau?	205
6. Os Próximos Trinta Anos na Área da Saúde e do Bem-Estar	245
7. Perigo	275
8. Um Diálogo com Cassandra	295
Apêndice	301
Notas	325

INTRODUÇÃO

No meu livro *A Singularidade Está Próxima*, de 2005, expus a minha teoria de que um conjunto de tendências tecnológicas convergentes e exponenciais está a levar-nos para uma transição que terá efeitos completamente transformadores para a humanidade. A mudança abrange diversas áreas-chave, todas elas em processo de aceleração simultânea: a capacidade de computação está cada vez mais barata, a nossa compreensão da biologia humana está a aumentar, e os meios tecnológicos estão à nossa disposição em escalas cada vez mais reduzidas. À medida que a capacidade da inteligência artificial vai aumentando e a informação se vai tornando mais acessível, vamos também procedendo à integração cada vez mais estreita dessas capacidades com a nossa inteligência biológica natural. A culminar estas tendências, a nanotecnologia permitirá aos nossos cérebros expandir-se por meio de camadas de neurónios virtuais na nuvem. Deste modo, iremos fundir-nos com a IA, aumentando milhões de vezes o poder computacional que a biologia nos deu. Isso irá expandir a nossa inteligência e a nossa consciência de uma forma tão profunda que nos é difícil sequer conceber. É a esse evento que me refiro quando falo da Singularidade.

O termo "singularidade" é tomado de empréstimo da matemática (um ponto indefinido numa função, como quando se divide por zero) e da física (o ponto infinitamente denso localizado no centro de um buraco negro, onde as leis normais da física deixam de funcionar). Mas é importante lembrar que uso o termo metaforicamente. A minha previsão da singularidade tecnológica não aponta para que os índices de mudança venham a ser efetivamente infinitos, uma vez que o crescimento exponencial não implica infinitude, não sendo também esse o caso na singularidade física. A gravidade de um buraco negro é suficientemente forte para reter até a própria luz, mas a mecânica quântica não tem como dar conta de uma quantidade de massa que seja realmente infinita. Sirvo-me da metáfora da singularida-

de porque ela traduz a nossa incapacidade de entender, com o nosso atual nível de inteligência, um corte assim radical. No entanto, à medida que a transição se for dando, a nossa cognição irá também melhorando com rapidez suficiente para nos permitir a adaptação.

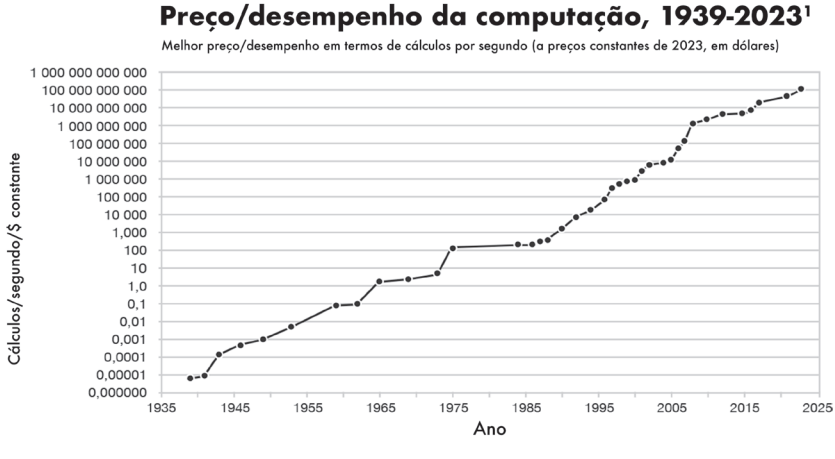
Como pormenorizadamente expliquei em *A Singularidade Está Próxima*, as tendências de longo prazo apontam no sentido de a Singularidade vir a ter lugar por volta de 2045. Quando o livro foi publicado, esse horizonte futuro situava-se a quarenta anos de distância — nada menos que duas gerações. A essa distância, fui capaz de fazer previsões a respeito das grandes forças que acarretariam toda esta transformação, mas para a maior parte dos leitores o assunto ainda estava, em 2005, relativamente longe do que era a sua realidade imediata. Além disso, na altura muitos críticos defenderam que o meu calendário era demasiado otimista e, inclusivamente, que a Singularidade era impossível.

Desde então, porém, algo de admirável se passou. Desafiando os mais céticos, o progresso continuou a acelerar. As redes sociais e os telemóveis inteligentes passaram de quase inexistentes a companheiros de todos os momentos, hoje capazes de conectar a grande maioria da população mundial. Mais depressa do que os especialistas imaginavam, as inovações algorítmicas e o surgimento dos megadados permitiram à IA conseguir espantosos avanços, desde dominar jogos como o *Jeopardy!* e o *go* até conduzir automóveis, escrever composições, passar no exame da Ordem dos Advogados e diagnosticar casos de cancro. Atualmente, grandes modelos de linguagem como o GPT-4 e o Gemini, altamente potentes e flexíveis, conseguem traduzir para código de computador instruções redigidas em linguagem natural, reduzindo assim drasticamente a barreira que separa os humanos das máquinas. Quando estas minhas palavras forem lidas, dezenas de milhões de pessoas terão provavelmente já experimentado estas capacidades em primeira mão. Entretanto, o custo de sequenciar o genoma humano desceu cerca de 99,997 % e as redes neuronais começaram a desbloquear importantes descobertas médicas graças ao recurso à simulação digital de dados biológicos. Na verdade, atingimos mesmo a capacidade de, por fim, estabelecer uma ligação direta entre computadores e cérebros.

Subjacente a todos estes desenvolvimentos encontra-se aquilo que apelido de lei dos retornos acelerados: tecnologias da informação como, por exemplo, a informática vão ficando exponencialmente mais baratas, porque cada avanço torna mais fácil planear a fase seguinte da respetiva evolução. Em resultado desse facto, ao tempo em que escrevo estas linhas, e tendo em conta a inflação, um dólar compra cerca de 11 200 vezes mais

capacidade computacional do que quando *A Singularidade Está Próxima* chegou às livrarias.

O diagrama que se segue, e que adiante analisarei mais aprofundadamente, resume a tendência mais importante por detrás da nossa civilização tecnológica: o exponencial aumento, a longo prazo (representado por uma linha aproximadamente reta nesta escala logarítmica), da capacidade computacional que é possível comprar com um dólar, a preços constantes. A famosa lei de Moore diz-nos que a dimensão física dos transístores tem vindo constantemente a diminuir, fazendo com que tenhamos computadores cada vez mais potentes, porém isso não é mais do que o resultado da lei dos retornos acelerados, que já vigorava muito antes de os transístores serem inventados e que é de esperar que continue a vigorar quando os transístores já tiverem atingido o seu limite físico e dado lugar a tecnologias novas. Foi esta tendência que definiu o mundo moderno, e há de ser ela, direta ou indiretamente, a tornar possível quase todos os grandes avanços futuros referidos neste livro.



Para poder maximizar a comparabilidade das máquinas, o presente diagrama centra-se na relação preço/desempenho na era dos computadores programáveis, mas as estimativas relativas a dispositivos eletromecânicos de computação mais antigos mostram que a tendência remonta já, pelo menos, à década de 1880.[2]

Estamos, portanto, dentro dos prazos a caminho da Singularidade. A premência deste livro decorre da própria natureza daquilo que é uma mudança exponencial. Tendências que mal se notavam no início deste século estão,

hoje, a ter repercussões diretas em milhares de milhões de vidas. No início da década de 2020, entrámos na parte mais inclinada da curva exponencial, estando hoje em dia o ritmo da inovação a afetar a sociedade de forma inaudita. Para que o leitor tenha um termo de comparação, o momento em que lê estas minhas palavras talvez esteja temporalmente mais próximo da criação da primeira IA sobre-humana do que do ano de 2012, que foi quando lancei o meu último livro, *Como Criar Uma Mente*, e é mesmo possível que esteja mais próximo da Singularidade do que do lançamento do meu livro *A Era das Máquinas Espirituais*, que data de 1999. Medindo em termos de vida humana, tal significa que os bebés nascidos hoje estarão a acabar a universidade quando a Singularidade ocorrer. O que, ao nível da experiência pessoal, é um "próximo" diferente daquele que se perfilava em 2005.

É essa a razão pela qual escrevi este livro agora. A milenar marcha da humanidade rumo à Singularidade tornou-se um *sprint*. Na introdução de *A Singularidade Está Próxima*, escrevi que estávamos então "nos estádios iniciais desta transição". Neste momento, estamos a entrar no seu auge. Se aquele livro era o vislumbrar de um horizonte distante, este versa os últimos quilómetros do caminho para o alcançar.

Felizmente, podemos, hoje, ver esse caminho com muito maior clareza. Não obstante restarem ainda muitos desafios tecnológicos até conseguirmos atingir a Singularidade, as suas figuras pioneiras estão a passar rapidamente do domínio da ciência teórica para uma atividade intensa de investigação e desenvolvimento. Durante a próxima década, as pessoas irão interagir com IA que conseguirá parecer convincentemente humana, ao mesmo tempo que simples interfaces cérebro-computador terão um impacto na vida quotidiana semelhante àquele que os telemóveis inteligentes têm atualmente. Uma revolução digital no domínio da biotecnologia permitirá curar doenças e prolongar de forma significativa a vida e a saúde das pessoas. Ao mesmo tempo, no entanto, muitos trabalhadores sofrerão as penas dos sobressaltos económicos e todos nos debateremos com os riscos causados pela má utilização, acidental ou deliberada, dessas novas capacidades. Na década de 2030, a junção entre uma IA com capacidade de autoaperfeiçoamento e uma nanotecnologia em estado amadurecido unirão, como nunca antes, os humanos e as máquinas por eles criadas, fazendo aumentar mais ainda, por um lado, o que tudo isto tem de promissão, e por outro lado, os perigos. Se estivermos à altura dos desafios científicos, éticos, sociais e políticos suscitados pelos avanços aqui enumerados, por volta de 2045 teremos operado uma transformação profunda sobre a vida na Terra, mudando-a para melhor. Se falharmos, porém, será a nossa

própria sobrevivência que estará em causa. Assim, este livro versa sobre a nossa abordagem final à Singularidade — as oportunidades e os riscos que teremos, juntos, de enfrentar no decurso desta que é a última geração a viver no mundo que, até aqui, conhecemos.

A abrir, debruçar-nos-emos sobre a forma como a Singularidade vai acontecer na prática, inserida no contexto da longa busca empreendida pela nossa espécie com vista a reinventar a inteligência que nos é própria. Criar senciência com tecnologia suscita relevantes questões filosóficas, pelo que nos deteremos sobre o modo como esta transição afeta a nossa identidade e o nosso sentido de irmos atrás de um desígnio. De seguida voltaremos a atenção para as tendências concretas que irão caraterizar as próximas décadas. Como irei mostrar, a lei dos retornos acelerados tem vindo a produzir melhorias exponenciais num vasto leque de métricas que refletem o bem-estar humano. Uma das desvantagens mais evidentes da inovação, no entanto, é o desemprego a que a automatização, nas suas diversas formas, dá origem. Apesar de estes males serem bem reais, veremos por que razão existem bons motivos para otimismo no longo prazo — e por que razão, em última análise, não estamos a competir com a IA.

À medida que a nossa civilização for tendo acesso à imensa abundância material que estas tecnologias vão permitir desbloquear, iremos virar o foco para a superação da barreira seguinte a caminho do florescimento pleno: as fragilidades da nossa biologia. Assim, olharemos, a seguir, para as ferramentas a usar no decurso das próximas décadas para conseguirmos um domínio cada vez maior da biologia, vencendo primeiro o envelhecimento do corpo e, depois, aumentando o nosso limitado cérebro e dando início à Singularidade. No entanto, estes avanços também nos podem trazer riscos. É possível que sistemas novos e revolucionários em áreas como a biotecnologia, a nanotecnologia ou a inteligência artificial conduzam a catástrofes existenciais, como seja uma pandemia destruidora ou uma reação em cadeia de máquinas autorreplicantes. Concluiremos procedendo a uma avaliação destas ameaças, as quais justificam que se faça um planeamento cuidadoso, mas, como tratarei de explicar, existem abordagens muito promissoras sobre a maneira de as mitigar.

Estamos a viver os anos mais entusiasmantes e momentosos de toda a história. Não podemos dizer com segurança como irá ser a vida depois da Singularidade. Mas, se formos capazes entender e prever as transições que nos vão conduzir até ela, poderemos contribuir para que o percurso final seja seguro e bem-sucedido para a humanidade.

CAPÍTULO 1

EM QUAL DOS SEIS ESTÁDIOS NOS ENCONTRAMOS?

Em *A Singularidade Está Próxima*, expliquei que na base da consciência está a informação. Referi seis épocas, ou estádios, desde o início do nosso universo, com cada um deles a criar o estádio seguinte a partir do processamento da informação do estádio precedente. É deste modo que funciona a evolução da inteligência — por meio de uma sequência indireta de outros processos.

A Primeira Época foi a do nascimento das leis da física e dos processos químicos que vieram possibilitar. Algumas centenas de milhares de anos após o *Big Bang*, formaram-se átomos constituídos por eletrões a girar em torno de um núcleo formado por protões e neutrões. Em princípio, não seria de esperar que os protões de um núcleo se mantivessem tão próximos uns dos outros, porque a força eletromagnética faz por apartá-los com violência. Sucede, porém, que existe uma outra força, chamada força nuclear forte, que mantém os protões juntos. "Quem" quer que tenha concebido as regras do universo providenciou esta força adicional, caso contrário a evolução por via dos átomos teria sido impossível.

Milhares de milhões de anos depois, os átomos formaram moléculas capazes de representar informação elaborada. O carbono revelou-se o mais útil dos blocos de construção, já que era capaz de formar quatro ligações, em vez de uma, duas ou três, como sucede com muitos outros núcleos. A circunstância de vivermos num mundo que permite uma química complexa é, em si mesma, extremamente improvável. Assim, e por exemplo, se a força da gravidade fosse ainda que só ligeiramente mais fraca do que é, não existiriam supernovas para gerarem os elementos químicos de que a vida é feita. E se fosse ainda que só ligeiramente mais forte, as estrelas arderiam até se extinguirem e perecerem, antes sequer que se pudesse formar

vida inteligente. Não fosse esta constante física e o facto de ela se situar numa faixa extremamente estreita, e não estaríamos aqui. Vivemos num universo cujo equilíbrio é caraterizado por um extremo grau de precisão e foi ele que permitiu o nível de ordem que, por sua vez, fez com que a evolução se tornasse possível.

Há vários milhares de milhões de anos, teve início a Segunda Época: a vida. As moléculas adquiriram complexidade suficiente para poderem definir numa molécula um organismo completo. Deste modo, as criaturas vivas, cada uma com o seu ADN próprio, foram capazes de evoluir e disseminar-se.

Na Terceira Época, os animais, definidos pelo respetivo ADN, desenvolveram cérebros, armazenando e processando informação. Por sua vez, o cérebro veio proporcionar vantagens do ponto de vista da evolução, o que os ajudou a gerar maior complexidade ao longo de milhões de anos.

Na Quarta Época, houve animais que aliaram a sua capacidade cognitiva superior ao uso do polegar, de maneira a traduzirem os pensamentos em ações complexas. Foram os humanos. A nossa espécie usou estas capacidades para criar tecnologia — desde o papiro ao disco rígido — capaz de armazenar e manipular informação. Essas tecnologias aumentaram a capacidade do cérebro para perceber, reter e avaliar matrizes de informação. Estamos de novo perante uma fonte de evolução que é muito superior, só por si, ao nível de progresso que a antecedeu. Uma vez dotados de cérebro, aumentámos aproximadamente 16 centímetros cúbicos de massa encefálica a cada 100 000 anos, enquanto com a computação digital, por outro lado, temos vindo a duplicar a relação preço/desempenho aproximadamente de dezasseis em dezasseis meses.

Na Quinta Época, vamos fundir diretamente a cognição biológica humana com a velocidade e o poder da nossa tecnologia digital. Trata-se de interfaces cérebro-computador. O processamento neuronal humano funciona a uma velocidade de várias centenas de ciclos por segundo, enquanto a velocidade da tecnologia digital é de vários milhares de milhões por segundo. Para além da velocidade e do tamanho da memória, o facto de aumentarmos o cérebro por meio de computadores não biológicos permitir-nos-á adicionar muito mais camadas ao neocórtex, desbloqueando uma cognição muitíssimo mais complexa e abstrata do que somos capazes, presentemente, de imaginar.

A Sexta Época é quando a nossa inteligência alastra a todo o universo, transformando matéria comum em computrónio, ou seja, matéria organizada na máxima densidade de computação.

No meu livro *A Era das Máquinas Espirituais*, de 1999, previ que até 2029 veríamos o teste de Turing — em que uma IA consegue comunicar