

*Peter H. Diamandis e Steven Kotler*

# O futuro é mais rápido do que você pensa

Como a convergência tecnológica  
está transformando as empresas,  
a economia e as nossas vidas

TRADUÇÃO  
Cássio de Arantes Leite



*Dedico este livro a todos os mentores e mestres que tive ao longo da vida: Harry P. Diamandis, Tula Diamandis, Frank Price, David C. Webb, Paul E. Gray, David E. Wine, Gregg E. Maryniak, Ayn Rand, Art Dula, Robert Heinlein, Byron K. Lichtenberg, Sylvia Earle, Gerard K. O'Neill, Arthur C. Clarke, John T. Chirban, Laurence R. Young, Martine Rothblatt, Charles Lindbergh, Tom Velez, Stuart O. Witt, S. Pete Worden, Robert K. Weiss, Alfred H. Kerth, Burt Rutan, Anousheh Ansari, Tony Robbins, Ray Kurzweil e Dan Sullivan.*

*Peter*

*Dedicado a Joe Lefler e à equipe da Pandora's Box. Obrigado por toda a magia. Obrigado por acreditarem em mim muito antes de qualquer um. Obrigado a Derek Dingle pelo passo da barata. Continuo com saudades.*

*Descendo a escada esquisita.*

*Steven*

# Prefácio

Os autores se conheceram em 1999. Steven trabalhava em um artigo sobre a fundação de Peter, XPRIZE, na época dedicada a desbravar a fronteira espacial. Enquanto Peter trabalhava em... bem, desbravar a fronteira espacial.

Não demoramos a descobrir que os dois eram obcecados por tecnologia de ponta e pela maneira como ela era usada para lidar com desafios aparentemente impossíveis. Essa sobreposição de interesses levou a uma grande amizade e a uma parceria de muitas décadas, em que *O futuro é mais rápido do que você pensa* constitui a lavra mais recente. Trata-se de nossa terceira exploração sobre como a tecnologia pode transpor os limites do possível e transformar o mundo. Tecnicamente, também é o terceiro volume da Trilogia do Mindset Exponencial, série que inclui este e nossos dois livros anteriores, *Abundância* e *Bold*. Embora não seja necessário ler os outros dois antes de se aprofundar aqui, um pouco de contexto ajuda.

*Abundância* é sobre como as novas tecnologias estão desmonetizando e democratizando o acesso a alimentos, água e energia, tornando abundantes recursos antes escassos e permitindo aos indivíduos lidar com desafios globais impossíveis, como fome, pobreza e doenças. Em *Bold*, tratamos de uma impossibilidade diferente: como os empresários

utilizam essas mesmas tecnologias para construir negócios transformadores em tempo quase recorde, oferecendo também um manual para os interessados em seguir seus passos.

Neste livro que conclui a trilogia, ampliamos essas ideias, examinando o que acontece quando linhas independentes de tecnologia em aceleração (a inteligência artificial, ou IA, por exemplo) convergem com outras (a realidade aumentada, ou RA, por exemplo). Sem dúvida, a IA é poderosa. A RA também. Mas é a convergência das duas que está reinventando o varejo, a publicidade, o entretenimento e a educação — só para citar algumas das principais transformações que nos aguardam.

Como veremos nas páginas a seguir, essas convergências ocorrem a um passo cada vez mais acelerado. Isso turbinou o ritmo da mudança no mundo, bem como a escala da mudança. Aperte os cintos, pois estamos prestes a embarcar numa viagem alucinante.

A inspiração para este livro surgiu de nossa experiência em primeira mão nessa viagem, uma aceleração palpável no ritmo da mudança nos negócios e no mundo. Diamandis está em sua 22<sup>a</sup> start-up, sendo que as mais recentes foram nos campos da longevidade e da saúde pública. Essa frenética dança diária, combinada a seu papel de liderança nas empresas Singularity University, XPRIZE, Bold Capital Partners e Abundance 360, lhe proporciona uma infusão contínua de insights tecnológicos convergentes.

Steven testemunha essa aceleração não só em seu trabalho como autor (este é seu sexto livro dedicado à tecnologia), mas também como fundador e diretor executivo do Flow Research Collective, voltado à pesquisa e ao treinamento em máximo desempenho — ou seja, as ferramentas psicológicas necessárias para os seres humanos sobreviverem em um mundo de mudanças intensas.

Como autores, gostaríamos de dizer que essa viagem alucinante foi um desafio. Nas páginas a seguir, você encontrará descrições de pesquisadores e de empresas de ponta construídas com base em sua pesquisa. Mas acompanhar esse ritmo não é fácil. Empresas que ocupavam a vanguarda quando começamos a escrever, no início de 2018, foram com frequência superadas por outras na época em que terminamos o livro, no fim de 2019. Em outras palavras, embora os nomes sejam importantes, eles podem mudar. O coração deste livro pertence às tendências de convergência globais e ao impacto transformador que causam nos negócios, na indústria e em nossa vida.

Não restam dúvidas de que a próxima década será repleta de inovações radicais que mudarão o mundo. Como mostram claramente os capítulos a seguir, todas as indústrias importantes em nosso planeta estão prestes a ser completamente reimaginadas. Para empresários, inovadores, líderes, para qualquer um ágil e aventureiro o bastante, haverá oportunidades incríveis. Será tanto um futuro mais rápido do que você pensa como talvez a maior demonstração de imaginação jamais vista no mundo. Bem-vindo a uma era de acontecimentos extraordinários.

Parte I

# O poder da convergência

# 1. Convergência

## CARROS VOADORES

O Centro Cultural Skirball fica próximo à Via Expressa 405, no extremo norte de Los Angeles. Construído sobre o espigão estreito formado pelas montanhas de Santa Monica, o centro oferece uma vista espetacular em quase todas as direções, exceto a via expressa abaixo — que é um congestionamento monstruoso sem fim.

E não poderia ser diferente.

Em 2018, pelo sexto ano seguido,<sup>1</sup> Los Angeles conquistou a duvidosa honra de metrópole mais engarrafada do mundo, onde o motorista passa em média duas semanas e meia de trabalho por ano preso no trânsito. Mas o socorro pode estar a caminho. Em maio de 2018, o Centro Skirball serviu como ponto de partida para o Uber Elevate,<sup>2</sup> um plano radical da empresa de *ridesharing* para solucionar o problema: sua segunda conferência anual do carro voador.

Dentro do Skirball, telões mostravam um céu noturno pontilhado de estrelas que lentamente davam lugar a um céu azul pontilhado de nuvens. Sob as nuvens, não havia onde sentar. O evento atraía um bando sortido da elite dos negócios: CEOs, empresários, arquitetos, designers, tecnólogos, investidores de risco, funcionários do governo e

magnatas imobiliários. Quase mil participantes no total, nos mais diversos trajes, de engomadinhos de Wall Street à indefectível casual friday, ali reunidos para presenciar o nascimento de uma nova indústria.

Dando início à conferência, Jeff Holden, na época diretor de produto da Uber, subiu ao palco. Com seu cabelo castanho cacheado e uma camisa polo cinza da Uber Air, a aparência de menino de Holden traía seu verdadeiro papel. O evento, na verdade todo o conceito de fazer a Uber decolar, era uma visão dele.

E que visão.

“Passamos a aceitar os congestionamentos extremos como parte da nossa vida”,<sup>3</sup> afirmou Holden.\*

Nos Estados Unidos, temos o privilégio de abrigar dez das 25 cidades mais congestionadas do mundo, ao custo aproximado de 300 bilhões de dólares em perdas de rendimentos e produtividade. A missão da Uber é resolver a mobilidade urbana [...]. Nossa meta é introduzir no mundo uma forma inteiramente nova de transporte, a saber, a aviação urbana, ou o que prefiro chamar de “*ridesharing* aéreo”.

*Ridesharing* aéreo pode soar como um clichê de ficção científica, mas Holden possui sólido histórico em inovação disruptiva. No fim da década de 1990,<sup>4</sup> foi de Nova York a Seattle com Jeff Bezos para se tornar um dos primeiros funcionários da Amazon. Em Seattle, ficou incumbido de implementar a ideia, na época absurda, de envios gratuitos em dois dias por uma taxa de inscrição anual, fixa. Muitos imaginaram que a inovação levaria a empresa à falência. Na verdade, foi como nasceu o Amazon Prime, e hoje, 100 milhões de membros depois,<sup>5</sup> a ideia absurda responde por uma parcela significativa do balanço da empresa.



Em seguida, Holden foi para outra start-up, o Groupon — dificilmente lembrado hoje como uma empresa disruptiva, mas que fez parte na época da primeira onda de empresas de internet que queria dar “o poder para o povo”. De lá, Holden passou para a Uber, na qual, apesar do tumulto vivido pela empresa, emplacou uma série de vitórias improváveis:<sup>6</sup> UberPool, Uber Eats e, mais recentemente, o programa de carros autônomos. Assim, quando propôs uma linha de produto ainda mais absurda — a Uber ganhar os céus —, não surpreende nem um pouco que o comando da empresa o levasse a sério.

E por um bom motivo. O tema da segunda conferência anual Uber Elevate não era de fato carros voadores. Os carros já haviam chegado. O tema da segunda Uber Elevate era o caminho para a produção em larga escala. E o ponto crucial: esse caminho é bem mais curto do que muitos desconfiam.

Em meados de 2019, mais de 1 bilhão de dólares haviam sido investidos em pelo menos 25 empresas diferentes de carros voadores.<sup>7</sup> Atualmente, há uma dúzia de veículos em fase de testes, enquanto outra se encontra em estágios variados, do PowerPoint ao protótipo. Eles vêm em todas as formas e tamanhos: motocicletas sobre ventiladores gigantes, drones quadricópteros em escala humana, miniaviões. Larry Page, cofundador e CEO da Alphabet, empresa-mãe da Google, esteve entre os primeiros a reconhecer seu potencial, financiando pessoalmente três organizações:<sup>8</sup> Zee Aero, Opener e Kitty Hawk. Nomes estabelecidos como Boeing, Airbus, Embraer e Bell Helicopter (hoje apenas Bell, aludindo ao futuro desaparecimento do helicóptero) também entraram no jogo. Assim, pela primeira vez na história, já passou da hora de falar sobre a possibilidade de carros voadores.

Eles são uma realidade.

“A meta da Uber”, explicou Holden no palco, “é demonstrar a capacidade do carro voador em 2020 e ter o *ridesharing* aéreo plenamente operacional em Dallas e Los Angeles até 2023.” Mas então ele foi além: “Em última instância, queremos que seja economicamente irracional ter e usar um carro”.

Irracional até que ponto? Vejamos os números.

Hoje, o custo marginal de se ter um carro — isto é, não o preço da compra, mas tudo o mais que acompanha o veículo (gasolina, consertos, seguro, estacionamento etc.) — é de aproximadamente 0,37 dólar por passageiro-quilômetro.<sup>9</sup> Para comparação, um helicóptero, que tem muito mais problemas do que apenas o custo, cobre um quilômetro por 5,50 dólares.<sup>10</sup> Segundo Holden, na data do lançamento em 2020, a Uber Air quer reduzir esse preço por quilômetro para 3,60 dólares, depois rapidamente para 1,14 dólar.<sup>11</sup> Mas o objetivo de longo prazo da Uber é mudar o jogo — 0,27 dólar —, ou mais barato que andar de carro.

E é um belo rendimento por quilômetro. O interesse principal da Uber são os “veículos elétricos de decolagem e aterrissagem verticais” — ou eVTOLs, para resumir. Os eVTOLs estão sendo desenvolvidos por inúmeras empresas,<sup>12</sup> mas a Uber tem necessidades muito particulares. Para se qualificar para seu programa de *ridesharing* aéreo, um eVTOL deve ser capaz de levar o piloto e quatro passageiros a uma velocidade superior a 240 quilômetros por hora durante três horas contínuas de operação. Embora a Uber preveja quarenta quilômetros como seu voo mais curto (pense em ir de Malibu ao centro de Los Angeles), esses requisitos permitem voar do norte de San Diego ao sul de San Francisco de uma tacada só. A Uber já dispõe de cinco parceiras

comprometidas a entregar eVTOLs que atendam a essas especificações, com cinco ou dez outras ainda por vir.

Mas só esses veículos não serão responsáveis por tornar comprar um carro algo irracional. A Uber também firmou uma parceria<sup>13</sup> com a Nasa e a Federal Aviation Administration (FAA) para desenvolver um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo que coordene sua frota. E se juntou a arquitetos, designers e construtoras para projetar uma série de “*mega-skyports*” necessária para os passageiros embarcarem e desembarcarem, e os veículos decolarem e aterrissarem. Assim como no caso dos carros voadores, a Uber não quer ser dona desses *skyports*, mas alugá-los. Mais uma vez, suas necessidades são muito específicas. Para se qualificar para a Uber, um *mega-skyport* deve ser capaz de recarregar veículos entre sete e quinze minutos, realizar mil decolagens e aterrissagens por hora (4 mil passageiros) e não ocupar mais do que 12 mil metros quadrados de terreno — pequeno o bastante para ser construído sobre antigos prédios de estacionamento ou no terraço de arranha-céus.

Junte tudo isso e, por volta de 2027, você poderá pedir um *ridesharing* aéreo com tanta facilidade quanto hoje chama um Uber. E, em 2030, a aviação urbana talvez seja uma das principais maneiras de irmos de A a B.

Porém, tudo isso toca numa questão fundamental: por que agora? Como é possível que, no fim da primavera de 2018, carros voadores estejam de repente prontos para o mercado? O que tem nesse momento particular da história que transformou uma de nossas mais antigas fantasias de ficção científica na mais recente realidade?

Afinal, sonhamos há milênios com os carros flutuantes de *Blade Runner* e com o DeLorean DMC-12 de *De volta para o futuro*. Veículos capazes de voar remontam às “carruagens voadoras” do *Ramayana*, um

antigo texto hindu.<sup>14</sup> Até as encarnações mais modernas<sup>15</sup> — ou seja, construídas em torno do motor de combustão interna — já estão por aí faz um tempo. O Curtiss Autoplane 1917, o Arrowbile 1937, o Airphibian 1946, a lista é grande. Há mais de cem patentes diferentes registradas nos Estados Unidos para “aeronave rodável”. Muitas saíram do chão. A maioria, nunca. Nenhuma cumpriu a promessa feita pelos *Jetsons*.

Na verdade, nossa raiva dessa falha na entrega se tornou um meme em si. Na virada do século passado, em um famoso comercial da IBM, o comediante Avery Brooks perguntava: “O ano é 2000, mas cadê os carros voadores? Me prometeram carros voadores. Não estou vendo nenhum carro voador. Por quê? Por quê? Por quê?”. Em 2011, em seu manifesto “O que aconteceu com o futuro?”, o investidor Peter Thiel refletia essa ansiedade quando escreveu: “Queríamos o carro voador, mas ganhamos o limite de 140 caracteres”.

Porém, como deve estar claro a esta altura, a espera terminou. O carro voador chegou. E a infraestrutura está vindo rápido. Enquanto tomávamos um café e espiávamos nosso Instagram, a ficção científica virou um fato científico. E isso nos traz de volta à questão inicial: por que agora?

A resposta, numa palavra: convergência.

## TECNOLOGIA CONVERGENTE

Se você quer entender a convergência, começar do início ajuda. Em nossos livros anteriores, *Abundância* e *Bold*, apresentamos o conceito da tecnologia em aceleração exponencial, ou seja, qualquer tecnologia que, de modo constante, dobre a potência enquanto se torna mais barata. A

Lei de Moore<sup>16</sup> é o exemplo clássico. Em 1965, o fundador da Intel, Gordon Moore, notou que a quantidade de transistores em um circuito integrado dobrava a cada dezoito meses. Isso significava que, após um ano e meio, os computadores ficavam duas vezes mais potentes, embora o custo permanecesse igual.

Moore achou isso espantoso. Previu que a tendência podia durar pelo menos mais alguns anos, talvez cinco, possivelmente dez. Bem, lá se vão vinte, quarenta anos, caminhando para sessenta anos. A Lei de Moore é o motivo para o celular em seu bolso ser mil vezes menor, mil vezes mais barato e 1 milhão de vezes mais poderoso que um computador da década de 1970.

E essa lei não está desacelerando.

Embora se diga que nos aproximamos da morte térmica da Lei de Moore — algo de que trataremos no próximo capítulo —, em 2023 um laptop comum de mil dólares terá a mesma capacidade computacional do cérebro humano<sup>17</sup> (cerca de  $10^{16}$  ciclos por segundo). Vinte e cinco anos depois, esse mesmo laptop terá a capacidade de todos os cérebros humanos da Terra.

O pior é que não são apenas circuitos integrados que progridem nesse ritmo. Na década de 1990, Ray Kurzweil, diretor de engenharia do Google e sócio cofundador na Singularity University de Peter, descobriu que a tecnologia, ao se tornar digital — ou seja, quando pode ser programada em um código de computador formado por uns e zeros —, também embarca na Lei de Moore e começa a acelerar exponencialmente.

Falando em termos simples, usamos nossos novos computadores para projetar computadores ainda mais rápidos, e isso cria um ciclo de realimentação que acelera ainda mais a aceleração — o que Kurzweil

chama de “Lei dos Retornos Acelerados”.<sup>18</sup> As tecnologias que hoje aceleram nessa proporção incluem algumas das inovações mais potentes já sonhadas pelo homem: computadores quânticos, inteligência artificial, robótica, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, redes, sensores, impressão 3D, realidade aumentada, realidade virtual, *blockchain* e mais.

Por mais radical que soe, todo esse progresso na verdade já não é mais novidade. A novidade é que ondas antes independentes de tecnologia exponencialmente acelerada começam a convergir com outras ondas independentes de tecnologia exponencialmente acelerada. Por exemplo, a velocidade do desenvolvimento de medicamentos está se acelerando não só porque a biotecnologia progride a uma taxa exponencial, mas também porque a inteligência artificial, a computação quântica e mais algumas outras tecnologias exponenciais nessa área estão convergindo. Em outras palavras, as ondas começam a se sobrepor, amontoando-se umas sobre as outras, produzindo monstruosidades do tamanho de um tsunami que ameaçam varrer tudo em seu caminho.

Quando a inovação recente cria um novo mercado e destrói o mercado existente, usamos o termo “inovação disruptiva”<sup>19</sup> para descrevê-la. Quando os chips de silício substituíram as válvulas a vácuo no início da era digital, foi uma inovação disruptiva. Porém, à medida que as tecnologias exponenciais convergem, seu potencial para a disrupção aumenta em larga escala. Tecnologias exponenciais isoladas levam à disrupção de produtos, serviços e mercados — como quando a Netflix jantou a Blockbuster —, enquanto tecnologias exponenciais convergentes eliminam produtos, serviços e mercados, assim como as estruturas que os sustentam.

Mas estamos pondo o carro na frente dos bois. O restante deste livro é dedicado a essas forças e a seu impacto veloz e revolucionário. Antes de mergulharmos mais fundo nessa história, vamos primeiro examinar a convergência com uma perspectiva mais fácil de entender, voltando à nossa questão inicial sobre os carros voadores: por que agora?

Para responder, vamos examinar as três exigências básicas que qualquer eVTOL da Uber terá de atender: segurança, ruído e preço. O helicóptero, o modelo mais próximo disponível de um carro voador, existe há cerca de oitenta anos — Igor Sikorsky construiu o primeiro em 1939 —, mas não chega perto de satisfazer esses requisitos. Além de serem barulhentos e caros, os helicópteros têm o péssimo hábito de cair. Então por que Bell, Uber, Airbus, Boeing e Embraer — só para nomear algumas empresas — estão trazendo táxis aéreos para o mercado hoje?

Mais uma vez: convergência.

Helicópteros são barulhentos e perigosos porque usam um rotor enorme para gerar sustentação. Infelizmente, a velocidade de ponta de hélice desse único rotor produz um *tu-tu-tu* numa frequência perfeita que irrita qualquer ouvido. Sem falar em como são perigosos, pois se o rotor falha, a gravidade não perdoa.

Agora, em vez de ter apenas um rotor em cima, imagine alguns rotores menores embaixo — como uma fileira de pequenos ventiladores sob a asa de um avião — cujo trabalho combinado gera sustentação suficiente para o voo, mas produzindo muito menos ruído. Melhor ainda, imagine se esse sistema de multirrotores fosse capaz de falhar com graça, aterrissando em segurança mesmo que dois deles parassem de funcionar ao mesmo tempo. Acrescente ao projeto uma asa única que possibilita velocidades acima de 250 quilômetros por hora. Todas

essas são ótimas ideias, exceto que, devido a sua péssima relação peso-potência, motores a gasolina impossibilitam tudo isso.

Entra em cena a propulsão elétrica distribuída, abreviada como PED.<sup>20</sup>

Na última década, uma explosão na demanda por drones comerciais e militares forçou os roboticistas (e drones não passam de robôs voadores) a conceber um novo tipo de motor eletromagnético extremamente leve, furtivamente silencioso e capaz de transportar cargas pesadas. Para projetar esse motor, os engenheiros se valeram de um trio de tecnologias convergentes: primeiro, avanços em machine learning permitiram realizar simulações de voo complicadíssimas; em seguida, avanços na ciência dos materiais possibilitaram a criação de peças leves o bastante para voar e duráveis o suficiente para proporcionar segurança; e, por fim, novas técnicas de fabricação — a impressão 3D — permitiram produzir esses motores e rotores em larga escala. E por falar em funcionalidade: a eficiência dos motores elétricos é de 95% comparada aos 28% de um motor a gasolina.<sup>21</sup>

Mas pôr um sistema PED para voar é outra história. Ajustar uma dúzia de motores a intervalos de microssegundos está além da capacidade de um piloto humano. Sistemas PED são “*fly-by-wire*” — ou seja, controlados por computador. E o que esse nível de controle cria? Uma nova onda de tecnologias convergentes.

Primeiro, uma revolução da IA nos deu capacidade de processamento computacional para absorver uma quantidade inimaginável de dados, interpretá-los em microssegundos e manipular de forma adequada em tempo real uma variedade de motores elétricos e de superfícies de controle de aeronaves. Segundo, para digerir todos esses dados, é preciso substituir os olhos e os ouvidos do piloto por sensores capazes de processar de uma vez gigabits de informação. Isso quer dizer GPS,



Lidar (Light Detection And Ranging), radar, um conjunto de processos de obtenção de imagens ópticas avançadas e uma infinidade de acelerômetros microscópicos – muitos deles, divididos colhidos após uma década de guerras dos smartphones.

Por fim, precisaremos de baterias. Elas terão de durar o bastante para superar a ansiedade de alcance – o medo de ficar sem energia em pleno trajeto – e gerar impulso suficiente, ou o que os engenheiros chamam de “densidade de potência”, para tirar o veículo, um piloto e quatro passageiros do chão. Para conseguir uma sustentação dessas, o requisito mínimo é 350 quilowatts-hora por quilo.<sup>22</sup> Isso era inatingível até pouco tempo. Graças ao crescimento explosivo tanto da energia solar como do carro elétrico, hoje há mais necessidade de sistemas melhores de armazenagem de energia, resultando em uma nova geração de baterias de íon de lítio com maior duração e, de quebra, potência suficiente para sustentar carros voadores.

Na equação do *ridesharing* aéreo, solucionamos a segurança e o ruído, mas o preço exige mais algumas inovações. Sem mencionar o problema nada desprezível de fabricar eVTOLs suficientes para o projeto da Uber. Atender à demanda desproporcional da Uber a um preço acessível exigiria que os fornecedores produzissem mais rápido do que na Segunda Guerra Mundial, quando um recorde ainda não batido<sup>23</sup> de 18 mil caças B24 foi alcançado em dois anos – ou, no auge da produção, um avião a cada 63 minutos.

Para isso acontecer – o que seria preciso para fazer dos carros voadores uma realidade para todos, e não um luxo da elite –, necessitamos de outro trio de convergências. Para começar, o design com ajuda de computador e a simulação precisam ser ágeis o bastante para projetar os aerofólios, asas e fuselagens exigidos para um voo

comercial. Ao mesmo tempo, a ciência de materiais tem de criar compósitos de fibra de carbono e ligas metálicas complexas leves o suficiente para voar, porém duráveis o bastante para oferecer segurança. Por fim, as impressoras 3D precisam ser muito rápidas, para transformar esses novos materiais em peças utilizáveis, pulverizando todos os recordes prévios de fabricação de aeronaves. Em outras palavras, *exatamente* o ponto em que estamos hoje.

Com certeza, você pode jogar esse jogo com qualquer nova tecnologia. As meias não poderiam ter sido inventadas enquanto uma revolução nos materiais não transformasse fibras vegetais em tecidos macios e uma revolução na fabricação de ferramentas não transformasse ossos de animais em agulhas de costura. Isso é progresso, sem dúvida, mas sua natureza é linear. Levou milhares de anos para ir dos primeiros passos no universo das meias para a grande inovação seguinte: a domesticação de animais (que nos deu a lã de carneiro). E milhares de anos mais para a eletricidade levar à produção de meias em larga escala.

Mas a aceleração vertiginosa que presenciamos hoje — ou seja, a resposta para “Por que agora?” — resulta da conversão de uma dúzia de tecnologias diferentes. É o progresso a um ritmo nunca visto. E isso é um problema para nós.

O cérebro humano evoluiu em um ambiente local e linear. Local porque quase tudo com que interagíamos ficava a menos de um dia de caminhada. E linear porque o ritmo da mudança foi excepcionalmente lento. A vida do seu tataravô era muito parecida com a do trineto dele. Mas hoje vivemos em um mundo global e exponencial. Global significa que se algo acontece do outro lado do planeta sabemos segundos depois (e nossos computadores, apenas milissegundos depois). Exponencial, por sua vez, refere-se à velocidade galopante do desenvolvimento atual.

Esqueça a diferença entre gerações; hoje em dia a revolução pode chegar em questão de meses. Mas nosso cérebro — que em 2 mil anos nunca passou por um upgrade de hardware — não foi projetado para tal escala de velocidade.

E se temos dificuldade em acompanhar o crescimento de inovações singulares, estamos completamente desamparados em face das convergentes. Em outras palavras, na “Lei dos Retornos Acelerados”,<sup>24</sup> Ray Kurzweil fez as contas e concluiu que vamos passar por 20 mil anos de mudança tecnológica nos próximos cem anos. Essencialmente, no próximo século, iremos duas vezes do surgimento da agricultura ao nascimento da internet. Isso significa que avanços capazes de quebrar paradigmas, mudar o jogo, transformar irremediavelmente o cenário — como o *ridesharing* aéreo acessível — não serão ocasionais. Acontecerão o tempo todo.

Significa, é claro, que carros voadores são apenas o começo.

## MAIS OPÇÕES DE TRANSPORTE

### *Carros autônomos*

Há pouco mais de um século, outra transformação no transporte estava a caminho. A convergência triplamente ameaçadora do motor de combustão interna, da linha de montagem e da indústria petrolífera emergente punha um fim a cavalos e carroças.

Os primeiros carros por encomenda chegaram às ruas perto do fim do século XIX, mas a introdução do Modelo T<sup>25</sup> produzido em massa por Ford em 1908 marcou o verdadeiro ponto de virada. Apenas quatro anos mais tarde,<sup>26</sup> levantamentos do trânsito em Nova York registraram

mais carros do que cavalos nas ruas. E embora a velocidade dessa mudança tenha sido estonteante, não era inesperada. Sempre que uma nova tecnologia é dez vezes mais valorizada — quando fica mais barata, mais rápida e melhor —, poucas coisas conseguem desacelerá-la.

Nas décadas subsequentes à invenção de Ford, com uma explosão cambriana de parafernália, o carro deu uma nova cara ao mundo: semáforos e sinalização, rodovias interestaduais e intersecções em múltiplos níveis, estacionamentos em pátios e prédios, postos de gasolina em cada esquina, o drive-thru, lava-rápidos, subúrbios, poluição, congestionamentos. Mas, mesmo enquanto testemunhamos o nascimento do *ridesharing* aéreo — que, ao que parece, provavelmente vai substituir muitas partes desse sistema —, uma revolução diferente o ameaça de todo: os carros autônomos.

Embora o primeiro carro sem motorista fosse um “prodígio americano” controlado por rádio<sup>27</sup> que percorreu as ruas de Nova York na década de 1920, era pouco mais que um brinquedo avantajado. Sua encarnação mais moderna surgiu do desejo militar de reabastecer as tropas sem correr risco. Os roboticistas tentaram atender a essa necessidade na década de 1980; a indústria automotiva começou a prestar atenção a ela nos anos 1990. Muitos datam o avanço crucial em 2004,<sup>28</sup> quando a Agência de Projetos de Pesquisa Avançados de Defesa (Darpa, na sigla em inglês) criou uma competição de carros autônomos — o Grande Desafio Darpa — para turbinar seu desenvolvimento.

A competição serviu a seu propósito. Uma década mais tarde, a maioria das grandes fabricantes automotivas e um punhado de empresas de tecnologia importantes tinham programas de carros autônomos funcionando a pleno vapor. Em meados de 2019, dezenas de veículos

rodaram milhões de quilômetros nas estradas da Califórnia.<sup>29</sup> Montadoras tradicionais como BMW, Mercedes e Toyota competiam por esse mercado emergente com gigantes da tecnologia como Apple, Google (via Waymo), Uber e Tesla, experimentando projetos diferentes, coletando dados e aperfeiçoando redes neurais.

Dentre elas, a Waymo parece estar bem situada para um domínio inicial do mercado. Antes um projeto de carro autônomo do Google, a Waymo começou seu trabalho em 2009 ao contratar Sebastian Thrun, professor de Stanford vencedor do Grande Desafio Darpa. Thrun ajudou a desenvolver o sistema de IA que se tornaria o cérebro por trás da frota autônoma da Waymo. Cerca de dez anos depois, em março de 2018, a empresa adquiriu essa frota,<sup>30</sup> comprando 20 mil Jaguars esportivos autônomos para seu futuro serviço de *ridesharing*. Com todos esses veículos, a Waymo pretendia realizar 1 milhão de viagens *por dia* em 2020 (pode parecer ambicioso, mas a Uber realiza 15 milhões de viagens diárias). Para compreender a importância desse número ou qualquer coisa próxima a ele, considere que quanto maior a quilometragem de um carro autônomo, mais dados ele coleta — e dados são a gasolina do mundo sem motoristas.

Desde 2009, os veículos da Waymo rodaram mais de 16 milhões de quilômetros. Em 2020, com 20 mil Jaguars realizando milhares de viagens por dia, serão acrescentados aproximadamente mais de 1 milhão de quilômetros por dia. Toda essa quilometragem é importante. Conforme rodam, os veículos autônomos coletam informação, como a posição da sinalização de trânsito e a condição das pistas. Mais informação equivale a algoritmos mais inteligentes, que equivalem a carros mais seguros — e essa combinação é justamente a vantagem necessária para dominar o mercado.

Para competir com a Waymo, a General Motors<sup>31</sup> compensa o tempo perdido com alto investimento. Em 2018, despejou 1,1 bilhão de dólares na GM Cruise, sua divisão de veículos autônomos. Recebeu um investimento adicional do conglomerado japonês Softbank apenas meses após o banco ter adquirido uma posição de 15% na Uber. Com todo esse capital circulando por aí, com todos esses pesos pesados envolvidos, quanto tempo levará para a transformação ocorrer?

“Será mais rápido do que qualquer um espera”,<sup>32</sup> afirma Jeff Holden (que também é o fundador do laboratório de IA e do grupo de carros autônomos da Uber). “Mais de 10% dos *millennials* preferem usar serviços de *ridesharing* a possuir o próprio carro, mas isso é apenas o começo. Carros autônomos serão de quatro a cinco vezes mais baratos — possuir um automóvel passa a ser não só desnecessário, como também custoso. Meu palpite é que daqui a uma década provavelmente precisaremos de uma permissão especial para dirigir um carro operado por humano.”

Para o consumidor, os benefícios dessa transformação são inúmeros. A maioria dos americanos costuma tolerar uma viagem diária de meia hora ou menos, mas com um motorista robô ao volante e um carro que pode virar qualquer coisa — um dormitório, uma sala de reuniões, um cinema —, talvez as pessoas não se importem de morar longe, onde o custo dos imóveis é menor, o que permite comprar mais metros quadrados de casa por menos dinheiro. Abrir mão do carro possibilita transformar a garagem num cômodo extra e a entrada em um jardim, e não será preciso gastar dinheiro com gasolina — nunca mais. Os carros são elétricos e recarregam durante a noite. Será o fim da procura por uma vaga para estacionar ou da irritação com multas por parar em local

proibido, ou por excesso de velocidade. E o fim do bafômetro. NOTA: a receita dos municípios pode despencar.

Todas essas tendências são de natureza disruptiva. Mas elas não são nada em comparação a duas forças ainda maiores. Primeiro, a desmonetização, ou eliminar o dinheiro da equação. O custo do *ridesharing* de carros autônomos é 80% menor do que o custo de possuir um carro pessoal,<sup>33</sup> e eles ainda vêm com um motorista robô. Segundo: a economia de tempo. O tempo médio da viagem diária,<sup>34</sup> ida e volta, nos Estados Unidos é 50,8 minutos em um trajeto exasperante e entorpecedor que poderá ser aproveitado para dormir, ler, tuitar, transar... o que você achar melhor.

Para as grandes fabricantes, esses acontecimentos anunciam o começo do fim, sobretudo aquelas que vendem o carro como propriedade, não como serviço. Em 2019, havia mais de cem marcas de automóveis.<sup>35</sup> Nos próximos dez anos, podemos esperar que a consolidação da indústria automotiva como tecnologia exponencial volte seu olhar diretamente para Detroit, Alemanha e Japão.

A taxa de uso será o primeiro indutor dessa consolidação. Hoje, um proprietário utiliza seu veículo em média menos de 5% do tempo,<sup>36</sup> e uma família de dois adultos em geral tem dois carros. Assim, um único carro autônomo pode servir meia dúzia de famílias por dia. Seja lá como operemos esses números, o aumento dramático na eficiência cooperativa reduzirá de maneira significativa a necessidade de fabricar mais carros.

A funcionalidade será o segundo indutor. Em um mercado de *ridesharing*, as empresas que coletam mais dados e reúnem as maiores frotas são as que oferecem tempos de espera mais curtos e viagens mais baratas. Barato e rápido são os dois principais fatores que impactam a

escolha do consumidor nesse tipo de mercado. A marca de carro que os usuários do *ridesharing* compartilham importa muito menos. Em geral, se o veículo está limpo e em boas condições, o consumidor nem nota a marca — é mais ou menos como nos sentimos hoje em relação à Uber ou à Lyft. Assim, se meia dúzia de veículos diferentes é tudo de que precisamos para agradar o consumidor, uma onda de extinções automotivas se seguirá à nossa onda de consolidação automotiva.

O setor automobilístico não será a única indústria impactada. Os Estados Unidos possuem cerca de meio milhão de vagas de estacionamento.<sup>37</sup> Em um levantamento recente, Eran Ben-Joseph, professor de planejamento urbano do MIT,<sup>38</sup> constatou que nas principais cidades norte-americanas “os estacionamentos cobrem mais de um terço da área terrestre”, enquanto o país como um todo reserva para nossos veículos uma área maior do que Delaware e Rhode Island juntas. Mas se o carro como serviço tomar o lugar do carro como algo que você precisa estacionar, estamos prestes a testemunhar um imenso boom do mercado imobiliário à medida que todo esse espaço for redefinido. Porém, grande parte dele também pode se destinar a *skyports*. Seja qual for o caso, o transporte daqui a dez anos será radicalmente diferente — e essa previsão não inclui tudo o que aconteceu após Elon Musk perder a paciência.

## HYPERLOOP

Em uma região despovoada do deserto nos arredores de Las Vegas, montada sobre um trecho de trilhos high-tech, uma cápsula prateada reluzente começa a vibrar. Menos de um segundo depois, ela entra em movimento, transformando-se num borrão que se move a mais de 150



quilômetros por hora. Dez segundos depois, ela percorre o Virgin Hyperloop One Development Track a cerca de 390 quilômetros por hora. Se os trilhos prosseguissem — como farão um dia —, esse trem de alta velocidade o levaria de Los Angeles a San Francisco no tempo que você leva para assistir a um episódio da sua série favorita.

O Hyperloop é uma criação de Elon Musk,<sup>39</sup> uma dentre uma série de inovações no transporte por parte de alguém determinado a deixar sua marca na indústria. Em *Bold*, exploramos suas duas primeiras aventuras: a SpaceX, empresa de foguetes, e a Tesla, de carros elétricos. A SpaceX ajudou a revitalizar os lançamentos comerciais aeroespaciais, transformando uma fantasia numa indústria de 1 bilhão de dólares. Nesse meio-tempo, a rápida ascensão da Tesla à posição de proeminência sacudiu as principais empresas automotivas de sua apatia no setor. Como resultado, elas começam a abandonar a produção de seus vorazes bebedores de gasolina em favor de frotas inteiramente recarregáveis.

E ambas as empresas começaram a prosperar antes de Musk se irritar.

Em 2013, numa tentativa de abreviar a longa viagem entre Los Angeles e San Francisco, o legislativo estadual da Califórnia propôs alocar um orçamento de 68 bilhões de dólares no que parecia ser o trem-bala mais lento e caro da história. Musk ficou indignado. O custo era alto demais, e o trem, lento demais. Reunindo-se com um grupo de engenheiros da Tesla e da SpaceX, ele publicou um artigo explicando o conceito do “Hyperloop”, uma rede de transporte de alta velocidade que usava levitação magnética para impelir cápsulas de passageiros por tubos de vácuo a velocidades superiores a 1 200 quilômetros por hora.

Se bem-sucedido, você poderia atravessar a Califórnia em 35 minutos — ou mais rápido que aviões comerciais.

A ideia de Musk não era inteiramente nova. Entusiastas de ficção científica concebem há muito tempo a viagem de alta velocidade por tubos de baixa pressão. Em 1909, o pioneiro dos foguetes Robert Goddard<sup>40</sup> propôs um conceito de trem a vácuo similar ao Hyperloop. Em 1972, a Rand Corporation<sup>41</sup> ampliou a ideia em uma ferrovia subterrânea supersônica. Mas assim como os carros voadores, transformar ficção científica em fato científico exigia uma série de convergências.

A primeira não era tecnológica. Antes, tinha a ver com as pessoas envolvidas. Em janeiro de 2013,<sup>42</sup> Musk e o investidor de risco Shervin Pishevar estavam em uma missão humanitária em Cuba quando entraram numa discussão sobre o Hyperloop. Pishevar enxergava possibilidades, Musk achava que ficaria ainda mais sobrecarregado. Ele estava irritado o bastante para publicar um *white paper*, mas ocupado demais para fundar outra empresa. Assim, Pishevar, com a bênção de Musk, decidiu fazer isso sozinho. Em parceria com Peter (um dos autores deste livro), Jim Messina, antigo vice-chefe de gabinete da Casa Branca de Obama, e os empresários da tecnologia Joe Lonsdale e David Sacks como membros fundadores da diretoria, Pishevar criou o Hyperloop One. Dois anos depois, o Virgin Group investiu na ideia, Richard Branson foi eleito presidente da empresa, e nascia a Virgin Hyperloop One.

As outras convergências exigidas eram de natureza tecnológica. “O Hyperloop existe”, afirma Josh Giegel,<sup>43</sup> cofundador e diretor técnico do Hyperloop One, “devido à rápida aceleração da eletrônica de potência, da modelagem computacional, das ciências dos materiais e da

impressora 3D. A potência computacional está crescendo tanto hoje que podemos rodar simulações de *hyperloop* na nuvem, testando a segurança e a confiabilidade do sistema. E os avanços na fabricação, que vão da impressão 3D de sistemas eletromagnéticos à de grandes estruturas de concreto, mudaram o jogo em termos de preço e de velocidade.”

É graças a essas convergências, em estágios de desenvolvimento variados, que existem hoje dez grandes projetos da Hyperloop One espalhados pelo mundo. Chicago a Washington em 35 minutos. Pune a Mumbai em 25 minutos. Segundo Giegel: “A meta do Hyperloop é a certificação em 2023. Em 2025, a empresa planeja ter múltiplos projetos em construção e realizar os testes iniciais com passageiros”.

Então pense no seguinte cronograma: introdução do carro autônomo em 2020. Certificação do Hyperloop e do *ridesharing* aéreo em 2023. Em 2025, sair de férias pode ter um significado totalmente diferente. A ida para o trabalho sem dúvida terá. E Musk estava apenas começando.

## BORING COMPANY

A residência principal de Elon Musk em Los Angeles fica em Bel Air, distante 27 quilômetros da sede da SpaceX, em Hawthorne. Num dia bom, a viagem entre os dois endereços leva 35 minutos – mas 17 de dezembro de 2016 (por coincidência, aniversário do primeiro voo dos irmãos Wright) não foi um dia bom. Um engavetamento na Via Expressa 405 pôs a paciência de Musk à prova. E também lhe deu tempo para tuitar:<sup>44</sup>

@elonmusk – 17 dez. 2016: “Trânsito enlouquecedor. Vou construir uma tuneladora e começar a cavar...”.

@elonmusk – 17 dez. 2016: “Vai se chamar ‘The Boring Company’”.

@elonmusk – 17 dez. 2016: “Furar é o que fazemos”.

@elonmusk – 17 dez. 2016: “Vou fazer isso mesmo, é sério”.

E fez.

Oito meses depois, em 20 de julho, aniversário da aterrissagem da Apollo na Lua, Musk tuitou outra vez: “Acabo de receber aprovação do governo para a The Boring Company construir um Hyperloop Nova York-Filadélfia-Baltimore-Washington. Nova York-Washington em 29 minutos”. Na primavera de 2018, com 113 milhões de dólares de Musk,<sup>45</sup> a Boring Company começou a furar. A construção foi iniciada nas duas pontas da linha, Washington e Nova York, e ao mesmo tempo se começou um trecho em Maryland de 16,6 quilômetros que terminará por conectar ambas. E embora o túnel esteja sendo projetado como “compatível com Hyperloop” – ou seja, capaz de abrigar um Hyperloop –, o plano atual exige um trem-bala como passo intermediário, em que os primeiros trens viajarão a cerca de 240 quilômetros por hora (muito abaixo dos mais de 1200 quilômetros por hora propostos por Musk).

Eles também fecharam um contrato para construir uma via subterrânea com três paradas<sup>46</sup> sob o extenso centro de convenções de Las Vegas – que esperam ter inaugurado para o Consumer Electronics Show de 2021. Embora não seja um Hyperloop – a distância é pequena demais para se dar a todo esse trabalho –, ele representa o primeiro cliente de fato da Boring Company.

Finalmente, ainda que a empresa tenha começado a perfurar usando máquinas convencionais, Musk aprendeu com o manual da Tesla e está

projetando tuneladoras elétricas<sup>47</sup> três vezes mais potentes que a versão tradicional.

Vale a pena observar também que todas as inovações discutidas neste capítulo funcionarão em sincronia. Minutos antes de o Hyperloop chegar à uma estação perfurada pela Boring Company, a IA responsável pelo serviço de *ridesharing* aéreo da Uber e a IA responsável pelo *ridesharing* autônomo da Waymo despacharão um enxame de veículos para a estação para buscar os passageiros na etapa seguinte da viagem. E, se isso não é rápido o bastante para você, em pouco tempo é bem possível que haja mais uma opção disponível.

## FOGUETES: LOS ANGELES A SYDNEY EM TRINTA MINUTOS

Como se carros autônomos, carros voadores e trens de alta velocidade não bastassem, em setembro de 2017, falando no Congresso Astronáutico Internacional, em Adelaide, na Austrália,<sup>48</sup> Musk prometeu que, pelo preço de uma passagem aérea de classe econômica, seus foguetes voarão “para qualquer lugar da Terra em menos de uma hora”.

Musk fez essa promessa ao fim de um discurso de uma hora diante de 5 mil executivos aeroespaciais e funcionários do governo. A apresentação era antes de mais nada uma atualização sobre o megafoguete da SpaceX, Starship, projetado para levar humanos a Marte. O fato de Musk querer agora usar sua nave espacial interplanetária para levar passageiros terrestres foi o equivalente na indústria do transporte à famosa frase com que Steve Jobs (quase) encerrava suas demonstrações: “Calma, calma... Tem mais uma coisa”.

A Starship viaja a 17 500 quilômetros por hora. Isso é uma ordem de magnitude mais rápida do que a do Concorde. Pense no que isso significa de fato: Nova York a Shanghai em 39 minutos. Londres a Dubai em 29 minutos. Hong Kong a Cingapura em 22 minutos. Será um feito e tanto.

Então, até que ponto a Starship é uma realidade?

“Provavelmente poderíamos demonstrar isso [a tecnologia] em três anos”, explicou Musk, “mas vai levar um tempo até ajustar a segurança. O padrão é alto. A aviação é incrivelmente segura. Você está mais seguro num avião do que em casa.”

A demonstração segue conforme o planejado. Em setembro de 2017, Musk anunciou sua intenção de aposentar a atual frota de foguetes,<sup>49</sup> tanto o Falcon 9 como o Falcon Heavy, e substituí-los por Starships até a década de 2020. Menos de um ano depois, o prefeito de Los Angeles, Eric Garcetti, tuitou que o SpaceX planejava iniciar a construção das instalações de mais de 70 mil metros quadrados para a produção de foguetes perto do porto de Los Angeles.<sup>50</sup> E abril de 2019 representou um marco ainda maior: os primeiros testes de voo do foguete.<sup>51</sup> Assim, em algum momento na próxima década, tomar um voo para almoçar na Europa pode ser parte da nossa rotina.

## ENXERGANDO O FUTURO

A questão logo vai ser pessoal. Antes do fim da próxima década, essa revolução nos transportes impactará alguns dos aspectos mais privados de nossa vida. Onde decidimos viver e trabalhar, quanto tempo livre temos, como passamos esse tempo. Ela vai mudar o aspecto das cidades e a experiência de viver em uma, o tamanho da oferta “local” do

aplicativo de namoro, a demografia do distrito escolar “local” — a lista não acaba.

No entanto, tente visualizá-la. Sério. Largue o livro, feche os olhos e se pergunte: como essa transformação nos transportes mudará sua vida? Comece de maneira modesta. Considere seu dia. Que tarefas você tem para resolver? Que lojas precisa visitar?

Tem certeza disso?

Essa última pergunta pode parecer inútil, mas pense o seguinte: em 2006, o varejo estava em expansão acelerada. A Sears valia 14,3 bilhões de dólares;<sup>52</sup> a Target, 38,2 bilhões de dólares;<sup>53</sup> o Walmart, impressionantes 158 bilhões de dólares.<sup>54</sup> Nesse ínterim, uma recém-chegada ao varejo chamada Amazon valia 17,5 bilhões de dólares.<sup>55</sup> Agora avancemos uma década. O que mudou?

O comércio tradicional sofreu um duro golpe.<sup>56</sup> Em 2017, a Sears presenciou uma desvalorização de 94% e terminou a década valendo 0,9 bilhão de dólares, antes de fechar as portas. A Target se saiu melhor, terminando em 55 bilhões de dólares. O Walmart teve o melhor desempenho, com 243,9 bilhões de dólares. Mas e a Amazon? A Loja de Tudo encerrou a era valendo 700 bilhões de dólares (atualmente, 800 bilhões de dólares). E é uma aposta razoavelmente segura afirmar que, como resultado disso, sua vida mudou.

Mas tudo o que a Amazon fez para mudar sua vida foi usar uma tecnologia nova, a internet, para expandir uma tecnologia velha, os catálogos de reembolso postal. A iminente transformação dos transportes reside na convergência de meia dúzia de tecnologias exponenciais e na confluência de meia dúzia de mercados. Não é fácil imaginar toda essa sobreposição de impactos, certo?

Não é fácil para ninguém. Estudos por ressonância magnética<sup>57</sup> mostram que algo peculiar acontece quando nos projetamos no futuro: o córtex pré-frontal medial para de funcionar. Essa é uma parte do cérebro que fica ativada quando pensamos sobre nós mesmos. Quando pensamos em outras pessoas, o inverso ocorre: ela é desativada. E quando pensamos em perfeitos desconhecidos, torna-se ainda mais inativa.

Seria de esperar que pensar sobre nosso futuro excitaria o córtex pré-frontal medial. Porém, o contrário acontece. Ele começa a se desligar, ou seja, o cérebro trata a pessoa em que iremos nos tornar como um desconhecido. E quanto mais distante no futuro a pessoa se projeta, maior o estranhamento. Se há alguns parágrafos você parou para pensar sobre como a revolução dos transportes impactaria seu futuro eu, esse eu em que você pensou literalmente não era você.

É por isso que temos dificuldade em guardar dinheiro para a aposentadoria, fazer dieta ou realizar exames regulares de próstata — o cérebro acredita que a pessoa que se beneficiaria dessas escolhas difíceis não é a mesma que faz tais escolhas. Também é por isso que, se você está lendo este capítulo e achando difícil processar a velocidade da mudança, talvez hesitando entre “quanta bobagem” e “minha nossa”, bem, você não está sozinho. Junte isso às limitações impostas por nosso cérebro local e linear em um mundo global e exponencial, e as previsões exatas se tornam um problema considerável. Mesmo sob condições normais, essas características embutidas em nossa neurobiologia nos deixam cegos para o que está logo ali na frente.

Mas as condições estão longe de ser “normais”. Não só há uma dúzia de tecnologias exponenciais que começam a convergir, como também seu impacto está desencadeando uma série de forças secundárias. Essas



forças vão desde nosso acesso crescente a informação, dinheiro e ferramentas até nossos consideráveis ganhos em termos de tempo produtivo e expectativa de vida. Essas forças são outro tsunami da mudança, acelerando nossa aceleração, ampliando a velocidade e a escala da disrupção iminente. O que significa tanto uma boa como uma má notícia.

A má notícia tem menos a ver com o que está por vir e mais com nossa (in)capacidade de adaptação à mudança. Uma série de estudos<sup>58</sup> mostra que a convergência da IA e da robótica poderia ameaçar uma porcentagem significativa da força de trabalho americana nas próximas décadas. Dezenas de milhões de pessoas terão de ser retreinadas e reinstrumentalizadas se esperamos acompanhar o ritmo da mudança. A boa notícia é o que há do outro lado desse retreinamento.

Toda vez que uma tecnologia passa a exponencial, descobrimos uma oportunidade do tamanho da internet guardada dentro dela. Pense na própria internet. Enquanto aparentemente dizimava indústrias — música, mídia, varejo, viagens, táxis —, um estudo da McKinsey Global Research<sup>59</sup> revelou que a rede mundial criava 2,6 novos empregos para cada um que extinguiu.

Ao longo da próxima década, veremos esse tipo de oportunidade surgir em dezenas de indústrias. Como resultado, se a internet é nosso benchmark, mais riqueza poderia ser criada nos próximos dez anos do que em todo o século anterior. A situação nunca esteve tão boa para empreendedores — incluindo, felizmente, aqueles com consciência ambiental e social. O tempo que leva para levantar capital somente encolheu de alguns anos para alguns minutos. A formação de unicórnios, ou o tempo que leva para ir de “tive uma ótima ideia” para “dirijo uma empresa de 1 bilhão de dólares”, era antes uma longa

tentativa que durava duas décadas. Hoje, em alguns casos, não leva mais de um ano.

Infelizmente, organizações estabelecidas passarão por maus bocados para acompanhar o ritmo. Nossas maiores empresas e agências governamentais foram projetadas em outro século, para fins de segurança e estabilidade. Construídas para durar, como diz o ditado. Não foram feitas para suportar a mudança rápida e radical. Segundo Richard Foster,<sup>60</sup> de Yale, é por isso que 40% das atuais empresas Fortune 500 sumirão em dez anos e vão ser substituídas, na maior parte, por outras das quais ainda nem ouvimos falar.

As instituições sofrem de forma similar. O sistema educacional foi uma invenção do século XVIII, planejado para processar crianças em lotes e prepará-las para uma vida de trabalho nas fábricas. O mundo hoje não é mais esse, o que explica por que esse sistema não atende a nossas necessidades atuais — e essa não é a única instituição sob pressão.

Por que a taxa de divórcios é tão elevada? Um dos motivos é que o casamento foi criado há mais de 4 mil anos, quando nos casávamos na adolescência e a morte chegava aos quarenta anos. Essa instituição foi projetada para um compromisso máximo de vinte anos. Mas, graças aos avanços na saúde e na expectativa de vida, hoje é possível termos meio século de vida a dois — o que confere todo um novo significado à expressão “até que a morte nos separe”.

A questão é a seguinte: conseguir enxergar o que vem pela frente e ter agilidade suficiente para se adaptar ao que o futuro trará nunca foi tão importante. E, em três partes, é exatamente isso que este livro faz.

Na parte I, exploramos nove tecnologias atualmente com curvas de crescimento exponencial, examinando em que ponto se encontram hoje

e para onde vão. Avaliamos também uma série de forças secundárias — chame-as de ondas de choque tecnológico — e verificamos como estão acelerando mais ainda o ritmo da mudança no mundo e amplificando a escala de seu impacto.

Na parte II, focada em oito indústrias, veremos como as tecnologias convergentes estão remodelando nosso mundo. Do futuro da educação e do entretenimento à transformação da saúde e dos negócios, essa seção oferece uma planta baixa do amanhã, um mapa das grandes alterações que estão ocorrendo na sociedade, bem como um manual para todos os interessados em surfar nessa onda.

Na parte III, passaremos ao cenário mais amplo, analisando uma série de riscos ambientais, econômicos e existenciais que ameaçam o progresso que estamos prestes a vivenciar. Em seguida, expandiremos nossa visão da próxima década para o século todo, concentrando-nos em cinco grandes migrações humanas — deslocamentos por motivos econômicos, sublevações ocasionadas pela mudança climática, exploração de mundos virtuais, colonização do espaço exterior e colaborações de mentes em colmeia —, que, como num passe de mágica, farão desaparecer tecnologias em... bem, em todas as áreas.

Mas, antes disso tudo, como Steve Jobs gostava de dizer: calma, calma... Tem mais uma coisa.

## AVATARES

É 2028, e você está tomando café da manhã em sua casa em Cleveland, Ohio. Você se levanta da mesa, dá um beijo de despedida nos seus filhos e se dirige à porta. Você tem uma reunião no centro de

Nova York nesse dia. Sua IA pessoal sabe seus horários, assim há um Uber autônomo à sua espera. Quando você sai, o carro sem motorista encosta na calçada.

Tempo transcorrido? Menos de dez segundos.

Como você está usando um sensor de sono — e sua IA também sabe que você não dormiu bem à noite —, é a oportunidade perfeita para um cochilo. E seu Uber, equipado com um banco traseiro que reclina horizontalmente e um jogo de lençóis limpos, proporciona justamente isso.

O carro-leito o transporta à estação local do Hyperloop, onde seu eu revigorado é transferido para uma cápsula de alta velocidade e, em seguida, despachado para o centro. Da cobertura de um arranha-céu em Cleveland, você voa de Uber Elevate até um dos *mega-skyports* de Manhattan. Então toma o elevador para o térreo, onde outro Uber autônomo o aguarda para levá-lo a sua reunião em Wall Street. Tempo total transcorrido de uma porta a outra: 59 minutos.

Para tomar emprestado um termo da computação, esse é um futuro de “comutação de pacotes humanos”, no qual escolhemos nossa prioridade — velocidade, conforto ou custo —, especificamos o ponto de partida e de chegada e deixamos que o sistema cuide do resto. Sem confusões, sem omissões de detalhes e com opções de reserva sempre disponíveis.

Calma, calma, tem mais uma coisa.

Embora as tecnologias aqui discutidas venham um dia a dizimar a indústria de transporte tradicional, há algo no horizonte que levará disrupção ao próprio ato de viajar. E se, para ir de A a B, você não precisasse mover o corpo do lugar? E se pudesse fazer como o Capitão Kirk e dizer apenas: “*Beam me up, Scotty*”.

Bem, na falta do teletransporte de *Jornada nas Estrelas*, há o mundo dos avatares.

Um avatar é seu segundo eu, em geral em uma de duas formas. A versão digital existe há cerca de duas décadas. Surgida na indústria do videogame, foi popularizada por sites de mundos virtuais como Second Life e best-sellers como *Jogador nº 1*. Um *headset* de RV teleporta seus olhos e ouvidos para outra localização, enquanto um conjunto de sensores hápticos controla a sensação do tato. De repente, você está dentro de um avatar em um mundo virtual. O avatar no mundo virtual se move da mesma maneira que nos movemos no mundo real. Com uma tecnologia dessas, você pode dar uma palestra no conforto da sua sala, economizando uma ida ao aeroporto, um voo que cruza o país e o trajeto até o centro de conferências.

Robôs são a segunda forma de avatar. Imagine um robô humanoide que possa ser ocupado à vontade. Numa cidade distante, talvez haja um serviço de locação de robôs por minuto — via um tipo diferente de empresa de *ridesharing* —, ou talvez você tenha avatares robôs sobressalentes distribuídos pelo país. Seja como for, ponha os óculos de RV e um traje háptico e você poderá teleportar seus sentidos para esse robô. Isso lhe permitirá circular à vontade, apertar mãos, fazer coisas — tudo sem sair de casa.

E assim como o resto da tecnologia de que estamos falando, esse futuro tampouco está muito distante. Em 2018, a All Nippon Airways (ANA)<sup>61</sup> financiou o ANA Avatar XPRIZE de 10 milhões de dólares para acelerar o desenvolvimento de avatares robóticos. Por quê? Porque a ANA sabe que essa é uma das prováveis tecnologias disruptivas da indústria aérea — a indústria onde atuam — e quer estar preparada.

Pondo isso em outros termos, a propriedade individual do carro gozou de um século de hegemonia. A primeira ameaça real que enfrentou, o atual modelo de *ridesharing*, surgiu apenas na última década. Mas esse modelo não terá nem dez anos para ser dominante. Ele já está prestes a dar lugar ao carro autônomo, que está no limiar da disrupção do carro voador, por sua vez prestes a ser suplantado pelo Hyperloop e por foguetes para toda parte. Sem falar nos avatares. O mais importante: toda essa mudança acontecerá nos próximos dez anos.

Bem-vindo ao futuro, que é mais rápido do que você pensa.

---

\* Exceto quando mencionado no texto ou nas notas, todas as citações são de entrevistas diretas com as fontes ou, como nesse caso, com o(s) autor(es) presente(s) no evento em questão.

## 2. O salto à velocidade da luz: tecnologias exponenciais, parte I

### COMPUTAÇÃO QUÂNTICA

O lugar mais gelado do universo fica na ensolarada Califórnia.<sup>1</sup> Nos arredores de Berkeley, em um armazém descomunal, há um enorme tubo branco. Trata-se de um refrigerador criogênico de última geração resfriado a 0,003 graus Kelvin, ou um pouco acima do zero absoluto.

Em 1995, astrônomos no Chile detectaram temperaturas de 1,15 graus Kelvin no interior da nebulosa do Bumerangue.<sup>2</sup> A descoberta estabeleceu um recorde: o lugar mais frio que ocorria de forma natural no cosmos. O tubo branco, por sua vez, é quase um grau abaixo disso — o que faz dele tanto o lugar mais gelado do universo como o tipo de frio radical necessário para manter um qubit em superposição.

Manter o que no quê?

Na computação clássica, “bit” é um pedaço minúsculo de informação binária — um ou zero. O “qubit”, ou bit quântico, é a mais nova versão dessa ideia. Ao contrário dos bits binários, que representam um cenário e/ou, qubits utilizam a “superposição”, que lhes permite estar em múltiplos estados ao mesmo tempo. Pense nos dois lados de uma moeda: cara ou coroa. Agora pense numa moeda girando — em que os

dois estados são vislumbrados ao mesmo tempo. Essa é a superposição, mas para atingi-la são necessárias temperaturas superfrias.

Superposição significa potência. Muita potência. Um computador convencional exige milhares de passos para a resolução de um problema difícil, mas um computador quântico pode realizar a mesma tarefa em no máximo dois ou três passos. Pondo em perspectiva, o Deep Blue da IBM,<sup>3</sup> que derrotou Garry Kasparov no xadrez, examinava 200 milhões de movimentos por segundo. Uma máquina quântica consegue elevar isso para 1 trilhão ou mais — e esse é o tipo de potência oculta dentro daquele grande tubo branco.

O tubo pertence à Rigetti Computing, uma empresa com oito anos de existência no centro de uma das sagas de Davi versus Golias mais interessantes da tecnologia. Hoje, os principais concorrentes na disputa pela “supremacia quântica” — isto é, a corrida para construir um computador quântico capaz de resolver um problema insolúvel para as máquinas clássicas — são gigantes como Google, IBM e Microsoft, ambientes acadêmicos de ponta como Oxford e Yale, os governos da China e dos Estados Unidos e a já mencionada Rigetti.

A empresa foi fundada em 2013, quando um físico chamado Chad Rigetti concluiu que os computadores quânticos estavam muito mais próximos de se tornar realidade do que a maioria das pessoas suspeitava e decidiu que cabia a ele dar o empurrãozinho final na tecnologia. Assim, Chad largou um emprego confortável como pesquisador quântico na IBM, levantou mais de 119 milhões de dólares e construiu o tubo mais gelado da história. Cerca de cinquenta pedidos de patente mais tarde, a Rigetti hoje fabrica circuitos quânticos integrados que alimentam computadores quânticos na nuvem. E ele tem razão, a



tecnologia de fato soluciona um grande problema: o fim da Lei de Moore.

Ao longo dos dois capítulos seguintes, vamos examinar dez tecnologias exponenciais que começam a convergir. Estão todas surfando na Lei de Moore, uma onda com seis décadas de capacidade computacional crescente. A potência de transistores<sup>4</sup> — que é como medimos o tamanho dessa onda — é muitas vezes calculada em FLOPS, ou operações flutuantes por segundo. Em 1956, a capacidade de nossos computadores era de 10 mil FLOPS. Em 2015, passou a 1 *quadrilhão* de FLOPS. E esse incremento à trilionésima potência é a principal força propulsora da tecnologia.

Contudo, nos últimos anos, a Lei de Moore desacelerou.<sup>5</sup> O problema é com a física. Os aperfeiçoamentos em circuitos integrados ocorriam com a diminuição do espaço entre os transistores, permitindo enfiar uma quantidade maior deles num chip. Em 1971, a distância de canal — ou seja, a distância entre transistores — era de 10 mil nanômetros. Em 2000, passou a aproximadamente cem nanômetros. Hoje, estamos perto de cinco, que é quando os problemas se iniciam. Nessa escala microscópica, os elétrons começam a saltar para todo lado, estragando sua capacidade de calcular. Isso faz dele o limite físico mais difícil para o crescimento de transistores — o canto do cisne da Lei de Moore.

Só que... talvez não.

“A Lei de Moore não foi o primeiro, mas o quinto paradigma a oferecer uma aceleração de preço-desempenho”, escreve Ray Kurzweil em “A lei dos retornos acelerados”.<sup>6</sup>

Dispositivos de computação multiplicam regularmente sua potência (por unidade de tempo) desde os dispositivos mecânicos de calcular usados no Censo americano de 1890, passando pela máquina “Robinson” à base de relés de Turing, que desvendou o código da Enigma nazista, pelo computador de tubo de vácuo CBS, que previu a eleição de Eisenhower, pelas máquinas à base de transistores utilizadas nos primeiros lançamentos espaciais até chegar ao computador pessoal à base de circuitos integrados que usei para ditar este ensaio.

O argumento de Kurzweil é de que toda vez que uma tecnologia exponencial atinge o limite de sua utilidade, outra surge para tomar seu lugar. E assim é com os transistores. No momento, há meia dúzia de soluções para o fim da Lei de Moore. Usos alternativos de materiais vêm sendo explorados, como substituir os circuitos de silício por nanotubos de carbono para comutação mais rápida e melhor dissipação do calor. Novos projetos também já estão em andamento, incluindo circuitos integrados tridimensionais, que aumentam geometricamente a área de superfície disponível. Existem também chips especializados com funcionalidade limitada, mas uma velocidade incrível. O recente A12 Bionic da Apple,<sup>7</sup> por exemplo, só roda aplicativos de IA, mas o faz a febris 9 trilhões de operações por segundo.

Porém todas essas soluções empalidecem comparadas à computação quântica.

Em 2002, Geordie Rose, fundador de uma das primeiras empresas de computação quântica, a D-Wave, elaborou a versão quântica da Lei de Moore, que agora é conhecida como Lei de Rose.<sup>8</sup> A ideia é similar: o número de qubits em um computador quântico dobra a cada ano. Contudo, a Lei de Rose já foi chamada de “Lei de Moore anabolizada”, porque qubits em superposição têm muito mais potência que bits

binários em transistores. Em outras palavras: um computador de cinquenta qubits tem dezesseis petabytes de memória. É um bocado de memória. Se fosse um iPod, teria 50 milhões de músicas. Porém, aumente isso em meros trinta qubits, e o resultado é completamente diferente. Se todos os átomos do universo fossem capazes de armazenar um bit de informação, um computador de oitenta qubits<sup>9</sup> teria mais capacidade de armazenagem do que todos os átomos do universo.

Por esse mesmo motivo, não fazemos ideia de quais inovações surgirão quando a computação quântica começar a amadurecer de verdade. Mas o que já sabemos é fascinante. Como a química e a física são processos quânticos, a computação em qubits trará o que Simon Benjamin,<sup>10</sup> de Oxford, chama de “uma era dourada de descobertas de novos materiais, novas substâncias químicas e novas medicações”. Ela também potencializará a inteligência artificial, reformulará a cibersegurança e nos permitirá simular sistemas incrivelmente complexos.

Como a computação quântica vai nos ajudar a descobrir novos medicamentos, por exemplo?

Conforme explica Chad Rigetti, a tecnologia “muda a economia de pesquisa e desenvolvimento. Digamos que você queira criar uma nova droga contra o câncer. Em vez de construir um laboratório sofisticado para explorar as propriedades de centenas de milhares de compostos em tubos de ensaio, pode realizar a maior parte dessa exploração dentro de um computador”. Em outras palavras, a distância entre uma boa ideia e uma nova droga está prestes a ficar bem mais curta.

E todo mundo pode brincar. A computação quântica já chegou ao mercado consumidor. Agora mesmo, entrando no site da Rigetti Computing ([www.rigetti.com](http://www.rigetti.com)), é possível baixar o Forest, um kit do

desenvolvedor. O kit deles oferece uma interface amigável para o mundo quântico. Com ele, quase qualquer pessoa consegue escrever programas que rodam no computador de 32-qubit da Rigetti. Mais de 120 milhões de programas já foram rodados.<sup>11</sup>

O desenvolvimento de uma interface amigável na computação quântica marca um ponto de inflexão crítico. Talvez o ponto de inflexão crítico, mas isso exige alguma explicação...

Em *Bold*, introduzimos os “seis Ds das tecnologias exponenciais”, ou o ciclo de crescimento das tecnologias exponenciais: digitalização, desilusão, disrupção, desmonetização, desmaterialização e democratização. Cada um representa uma fase crucial de desenvolvimento para uma tecnologia exponencial, que sempre leva a grandes reviravoltas e oportunidades. Uma vez que compreender esses estágios será indispensável para entender a evolução da computação quântica (e as demais tecnologias que iremos discutir), vale a pena parar um momento para uma revisão:

*Digitalização:* Quando a tecnologia se torna digital, ou seja, quando podemos traduzi-la nos uns e zeros do código binário, ela pega carona na Lei de Moore e começa a acelerar exponencialmente. Em breve, com a tecnologia quântica, pegará carona na Lei de Rose para uma viagem muito mais radical.

*Desilusão:* As tecnologias exponenciais normalmente geram muita empolgação quando introduzidas. Como o progresso é lento no começo (plotadas numa curva, as primeiras duplicações ficam todas abaixo de 1,0), essas tecnologias passam um longo tempo sem conseguir se manter à altura da badalação inicial. Pense nos primórdios da *bitcoin*. Na época, a maioria das pessoas achava que as criptomoedas eram uma novidade para supergeeks ou um modo de

comprar drogas on-line. Hoje, são uma reinvenção de nossos mercados financeiros. Esse é um exemplo clássico da fase que nos deixa desiludidos.

*Disrupção:* Isso é o que acontece quando as exponenciais de fato começam a impactar o mundo, quando começam a levar a disrupção a produtos, serviços, mercados e indústrias existentes. Um exemplo é a impressão 3D, uma única tecnologia exponencial que ameaça todo um setor manufatureiro de 10 trilhões de dólares.

*Desmonetização:* Se o produto ou o serviço antes tinha um custo, agora o dinheiro some da equação. Antigamente, fotografar era caro. Você batia um número limitado de fotos porque o filme e a revelação custavam bastante dinheiro. Mas depois que a fotografia ficou digital, esses custos desapareceram. Hoje tiramos fotos sem pensar, e a dificuldade está em escolher entre um excesso de opções.

*Desmaterialização:* Como num passe de mágica. É assim quando os produtos desaparecem. Câmeras, estéreos, videogames, TVs, sistemas de GPS, calculadoras, papel, o namoro tal como o conhecemos etc. Esses produtos humanos um dia independentes hoje são um recurso comum em qualquer celular. A Wikipedia desmaterializou a enciclopédia, o iTunes fez o mesmo com a loja de música, e assim por diante.

*Democratização:* É quando uma tecnologia exponencial cresce em larga escala e se propaga. O celular já foi um dispositivo do tamanho de um tijolo, acessível apenas a uns poucos endinheirados. Hoje, praticamente qualquer pessoa tem um, e é quase impossível encontrar algum lugar no mundo que não tenha tido contato com essa tecnologia.

Então, o que isso significa para a computação quântica? Bem, à luz desse ciclo de crescimento, uma interface amigável faz a ponte entre a fase desiludida e a disruptiva de uma tecnologia. Considere a internet. Em 1993, Marc Andreessen projetou o Mosaic, a primeira interface amigável para a internet (que veio a ser o navegador da Netscape). Antes disso, havia 26 websites on-line.<sup>12</sup> Anos mais tarde, havia centenas de milhares; alguns anos depois, milhões. Eis o efetivo poder de uma interface amigável — ela democratiza a tecnologia. Ao permitir a participação de não especialistas, possibilita seu crescimento em larga escala. E acelerado. Assim, o fato de que 1,5 milhão de programas rodaram no Forest da Rigetti — sua interface amigável para o mundo quântico — nos diz que uma mudança radical nos aguarda num futuro próximo.

## INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Em 2014, a Microsoft lançou um *chatbot* na China. Seu nome era Xiaoice (pronuncia-se Shao-aice) e sua missão era um tipo de teste.<sup>13</sup> Ao contrário da maioria das IAs pessoais, que tendem a ser projetadas para cumprir tarefas, a Xiaoice foi otimizada para ser amigável. Em vez de realizar rapidamente um trabalho, sua meta era manter a conversa rolando. E, por ter sido projetada para responder como uma adolescente de dezessete anos, Xiaoice nem sempre é educada.

Sarcasmo, ironia e muitas vezes surpreendente? Sim, ela tem isso de sobra. Por exemplo, embora Xiaoice tenha sido construída com redes neurais — tecnologia que explicarei mais adiante —, quando lhe perguntam se compreende como redes neurais funcionam, ela responde: “Sei, ímãs!”<sup>14</sup>

O mais surpreendente é como as pessoas gostam de conversar com a Xiaoice. Desde que estreou, ela teve mais de 30 bilhões de conversas com mais de 100 milhões de humanos. Um usuário conversa com ela em média sessenta vezes por mês, e existem mais de 20 milhões de usuários registrados.

Mas como são essas conversas? Como sua missão é criar um vínculo emocional, a Xiaoice dá uma porção de conselhos. Com frequência, conselhos estranhamente perspicazes. “Acho que minha namorada ficou com raiva de mim”, por exemplo, certa vez resultou em: “Será que você não está mais concentrado no que afasta as pessoas do que no que as mantêm unidas?”.

Como consequência, as conversas com a Xiaoice tendem a apresentar um pico nas horas solitárias após a meia-noite, levando a Microsoft a considerar se não deveria determinar um toque de recolher para a IA. Ela se tornou tão popular que em 2015 a Dragon TV,<sup>15</sup> canal de televisão chinês via satélite, contratou a Xiaoice para fazer boletins do tempo “ao vivo” no noticiário matinal. Pela primeira vez uma IA era contratada para esse trabalho, mas não será a última.

Em 2015, na época em que a Xiaoice estreou na televisão, a IA começou a transição de sua fase desiludida para a disruptiva. Duas coisas impulsionaram a mudança. Primeiro, os big data. O verdadeiro poder da IA reside em sua capacidade de encontrar conexões entre bits de informação obscuros — conexões que nenhum humano perceberia. Assim, quanto mais informação inserimos em uma IA, melhor seu desempenho.

Por volta de 2015, graças à internet e às redes sociais, imensos conjuntos de dados começaram a ser disponibilizados. Acontece que

todos aqueles vídeos de gatinhos são fantásticos para uma IA treinar reconhecimento de imagens e identificação de cenas. Seus *likes* e *dislikes* no Facebook? Também. Em outras palavras, embora muita gente ache que as redes sociais estão nos tornando mais estúpidos, elas sem dúvida estão deixando a IA mais inteligente.

Ao mesmo tempo em que surgiam esses conjuntos de dados, unidades de processamento gráfico (ou GPUs) excepcionalmente baratas e incrivelmente potentes começaram a chegar ao mercado. As GPUs rodam os gráficos complicadíssimos dos videogames, mas também capacitam a IA. E o resultado dessa convergência relativamente menor — conjuntos de big data indo ao encontro de GPUs baratas e potentes — desencadeou uma das invasões mais velozes da história, com a inteligência artificial passando a abarcar todas as facetas de nossa vida.

Machine learning veio primeiro, usando algoritmos para analisar dados, aprender com eles e então fazer previsões sobre o mundo. É o caso da Netflix e do Spotify quando sugerem filmes e música, mas também do Watson da IBM ao atuar como consultor financeiro para super-ricos.

Em seguida, as redes neurais chegaram à internet. Inspiradas na biologia do cérebro humano, essas redes são capazes de realizar um aprendizado não supervisionado com base em dados não estruturados. Não é preciso mais inserir uma informação por vez na IA. Com redes neurais, apenas as liberamos na internet, e o sistema cuida do resto.

Para entender o que essas IAs neurais potencializadas pela internet possibilitam, considere a economia de serviços,<sup>16</sup> que hoje responde por mais de 80% do PIB norte-americano. Quando os especialistas dividem essa economia em suas tarefas principais, terminam em geral com cinco:



ver, escutar, ler, escrever e integrar conhecimento. Para se ter uma ideia do que a inteligência artificial representa neste exato momento e para onde caminha, vamos examinar seu progresso usando um fator por vez.

No aspecto óptico, as inovações vêm se acumulando há anos. Em 1995, vimos a IA ler os códigos postais das cartas. Em 2011, ela podia identificar 43 tipos diferentes de sinalizações de trânsito com um acerto de 99,46% – ou seja, melhor que nós.<sup>17</sup> No ano seguinte, a IA mais uma vez superou o desempenho humano, classificando mais de mil tipos diferentes de imagens, diferenciando aves de carros, de gatos e assim por diante. Hoje, esses sistemas conseguem identificar uma pessoa no meio da multidão, ler lábios e, examinando microexpressões e biomarcadores, saber de fato como ela se sente. Enquanto isso, o monitoramento por software está tão sofisticado que um drone pilotado por IA<sup>18</sup> consegue seguir um humano correndo em meio a uma floresta densa.

No aspecto auditivo, a Echo, da Amazon, o Google Home e o HomePod, da Apple, ganharam um recurso para permanecer sempre ligados, no aguardo de nosso próximo comando. E as máquinas hoje são capazes de lidar com comandos razoavelmente complicados. Em 2018, numa notícia a que voltaremos em breve, a Google deixou muita gente de queixo caído quando liberou o vídeo de um assistente de IA chamado Duplex telefonando para marcar hora em um salão de beleza.<sup>19</sup> O horário foi reservado normalmente, mas o fato digno de nota é que a recepcionista do salão em nenhum momento percebeu que conversava com uma máquina.

Ler e escrever mostram progresso similar. O Talk to Books da Google permite perguntar à IA sobre qualquer assunto.<sup>20</sup> Ela responde ao ler 120 mil livros em meio segundo e fornece citações extraídas

deles. O aperfeiçoamento aqui é que as respostas estão baseadas na intencionalidade autoral, e não apenas em palavras-chave. Além do mais, a IA parece ter senso de humor. Quando se pergunta “Onde é o céu?”, por exemplo, ela responde: “O céu, enquanto lugar para humanos, assim parece, não pode ser encontrado na Mesopotâmia”, frase extraída de *Early History of Heaven* [A história antiga do céu], de J. Edward Wright.

Na questão da escrita, empresas como a Narrative Science hoje usam a IA para produzir um texto com qualidade de revista sem qualquer ajuda de jornalistas humanos. A *Forbes* produz notícias de negócios, dezenas de jornais diários produzem matérias sobre beisebol. De forma similar, o recurso Smart Compose do Gmail não sugere mais só palavras e sua grafia correta; hoje já gera frases inteiras conforme digitamos. Outras IAs estão criando livros inteiros. Na competição de 2017 para o prêmio literário nacional do Japão, um romance escrito por IA chegou à etapa final de avaliação.<sup>21</sup>

A integração do conhecimento, nossa última categoria, é mais bem ilustrada com jogos. Peguemos o xadrez. Em 1997, o Deep Blue da IBM derrotou o campeão do mundo na época, Garry Kasparov. Em geral, a complexidade da árvore de jogos do xadrez é de cerca de  $10^{40}$  — ou seja, essencialmente, se os mais de 7 bilhões de pessoas da Terra formassem duplas e começassem a jogar xadrez, levariam trilhões e trilhões de anos para que todas as variações do jogo fossem disputadas.

Ainda em 2017, o AlphaGo da Google<sup>22</sup> derrotou o campeão mundial, Lee Sedol. A árvore de jogos do Go tem complexidade de  $10^{360}$  — é xadrez para super-heróis. Em outras palavras, nós humanos somos a única espécie conhecida com capacidade cognitiva para jogar Go. Foram necessários apenas uns 2 mil anos de evolução para

desenvolver essa capacidade. Enquanto a IA chegou lá em menos de duas décadas.

Mesmo assim, a IA não se deu por satisfeita. Meses após essa vitória, a Google fez um upgrade no AlphaGo, atualizando seu estilo de treinamento, para criar o AlphaGo Zero. O AlphaGo era ensinado via machine learning, em essência alimentado com milhares de jogos previamente disputados por humanos, e aprendia os movimentos e as respostas apropriados para todas as posições possíveis. No entanto, o AlphaGo Zero exigia zero dados. Em vez disso, baseia-se no “aprendizado por reforço” – ele aprende jogando sozinho.

Começando com pouco mais do que algumas regras simples, o AlphaGo Zero levou três dias para derrotar seu antecessor, o AlphaGo, o mesmo sistema que derrotou Lee Sedol. Três semanas mais tarde, deu uma surra nos sessenta melhores jogadores do mundo. No total, levou quarenta dias para o AlphaGo Zero se tornar sem sombra de dúvidas o melhor jogador de Go do mundo. E como se isso já não fosse estranho o bastante, em maio de 2017 a Google usou o mesmo tipo de aprendizado por reforço para fazer uma IA construir outra IA.<sup>23</sup> Essa máquina elaborada por uma máquina superou as máquinas “construídas por humanos” em uma tarefa de reconhecimento de imagem em tempo real.

Em 2018, toda essa inteligência extra começou a sair do laboratório para o mundo. A FDA desde então aprovou a IA para atuar em pronto-socorros, onde se sai melhor do que os médicos em prever morte súbita por falência respiratória ou cardíaca. O Facebook utiliza IA para identificar tendências suicidas em seus usuários;<sup>24</sup> o Departamento de Defesa usa IA para identificar sinais iniciais de depressão e TEPT (transtorno de estresse pós-traumático) em soldados;<sup>25</sup> e bots como

Xiaoice oferecem aconselhamento para os solitários e mal-amados. A IA também invadiu as finanças, os seguros, o varejo, o entretenimento, a saúde, o direito, nossa casa, o carro, o telefone, a TV e até a política. Em 2018, uma IA concorreu a prefeito em uma província japonesa.<sup>26</sup> Ela não venceu, mas a disputa foi muito mais acirrada do que se imaginou.

Mas o que torna tudo isso de fato revolucionário é a disponibilidade.

Há apenas dez anos, a IA era domínio exclusivo de grandes corporações e governos. Hoje, está ao alcance de todos. A maioria dos melhores softwares já é de código aberto. Se você tem um celular de 2018 ou posterior, ele vem com chips de rede neural de IA embutidos e está preparado para lidar com o software. E para potencializá-la? Bem, a Amazon, a Microsoft e a Google estão correndo para fazer da computação na nuvem baseada em IA seu próximo megasserviço.

Então o que isso quer dizer? Começemos pelo Jarvis. Para muitos, Jarvis, do filme *Homem de ferro*, é a IA mais descolada que já viram. Tony Stark consegue conversar com Jarvis em sua voz normal. Descreve potenciais invenções para sua IA e em seguida os dois podem trabalhar juntos no projeto e na construção. Jarvis é a interface amigável de Stark para dezenas de tecnologias exponenciais, o combustível de foguete supremo da inovação. Quando desenvolvermos tal capacidade, nossos processadores “turbinados” comerão poeira.

Só que já estamos perto. A IA na nuvem fornece a potência necessária para um desempenho no nível do Jarvis. A combinação entre a interface de conversa amigável da Xiaoice com a precisão na tomada de decisões do AlphaGo Zero leva isso ainda mais longe. Acrescente os mais recentes avanços em deep learning e você tem um sistema que começa a ser capaz de pensar por si mesmo. Um Jarvis? Ainda não. Mas é um

Jarvis *lite* — e mais um motivo para a aceleração tecnológica ser em si acelerante.

## REDES

Redes são meios de transporte. Elas são o modo como bens, serviços e, de forma mais crítica, a informação e a inovação se movem de um ponto A para um ponto B. E as redes mais antigas do mundo remontam à Idade da Pedra, mais de 10 mil anos atrás, quando as primeiras estradas foram abertas. Essas estradas eram uma maravilha. A troca de ideias e de inovações não estava mais restrita às limitações de um avanço lento por descampados selvagens. De repente, fatos e números podiam circular à excitante velocidade de um carro de boi, cinco quilômetros por hora.

E, por um longo tempo, pouca coisa mudou. Durante os 12 mil anos seguintes, a não ser pela substituição dos bois por cavalos e pela invenção das velas para a navegação oceânica, a velocidade da informação permaneceu quase igual.

A mudança veio em 24 de maio de 1844,<sup>27</sup> quando Samuel Morse enviou quatro palavras por um telégrafo: “O que Deus forjou?”. Sua transmissão foi tanto uma pergunta para todas as eras como o nascimento de uma nova: a era das redes. Morse enviou essas palavras por uma linha telegráfica experimental erguida da capital Washington a Baltimore, em Maryland, o esboço em dois nós da primeira rede de informação mundial.

Trinta e dois anos depois, com exatas cinco palavras a mais, Alexander Graham Bell<sup>28</sup> cobriu a aposta nas redes. Em março de 1876, Bell fez a primeira ligação telefônica, enviando seu convite em nove

palavras: “Sr. Watson, venha até aqui. Eu quero te ver”. Mas ele também expandiu a capacidade dessas redes — e esse foi o fato marcante.

A invenção de Bell não aumentou a velocidade da transmissão de dados — eletricidade se movendo por fios continua sendo eletricidade se movendo por fios —, mas melhorou muitíssimo tanto a quantidade como a qualidade da informação transmitida. Melhor ainda, o telefone veio com uma interface amigável. Não era necessário passar anos aprendendo pontos e traços, bastava pegar o aparelho e discar.

E com essa primeira interface amigável, o desenvolvimento de redes deixou a desilusão e avançou lentamente para a disrupção. Em 1919, menos de 10% das residências americanas tinha telefone.<sup>29</sup> Suponha que alguém quisesse fazer uma ligação de três minutos de costa a costa. Sem problema. Mas a pessoa precisaria de uma pequena fortuna na época, vinte dólares, quase quatrocentos dólares em dinheiro atual. Na década de 1960, porém, passar um minuto ao telefone numa ligação dos Estados Unidos para a Índia custava apenas dez dólares. Hoje, custa cerca de 0,28 dólar (com o plano mensal básico da Verizon).<sup>30</sup>

Mas essas gigantescas reduções de custo e aumentos de desempenho foram só o aquecimento. Ao longo dos últimos cinquenta anos, as redes deixaram a fase disruptiva para chegar a quase todas as áreas. Hoje, praticamente cada metro quadrado do planeta está coberto por elas — cabos de fibra óptica, redes sem fio, *backbones* de internet, plataformas aéreas, constelações de satélites e mais. A internet é a maior rede do mundo. Em 2010, cerca de um quarto da população da Terra, 1,8 bilhão de pessoas, estava conectada nela.<sup>31</sup> Em 2017, essa penetração era de 3,8 bilhões,<sup>32</sup> quase metade da população mundial. Mas até 2022 seu alcance se estenderá a todos, incluindo as massas dos sem conexão e abrangendo a soma total da humanidade. A velocidades de gigabits e a

um custo baixíssimo, um adicional de 4,2 bilhões de novas mentes está prestes a se juntar à conversação global. Eis como tudo isso deve se dar.

## 5G, BALÕES E SATÉLITES

Quando os pesquisadores falam em evolução de redes, “G” é o termo da vez.<sup>33</sup> Significa “geração”. Em 1940, quando as primeiras redes telefônicas começaram a ser produzidas, estávamos no 0G. Essa foi a fase desiludida. Quarenta anos arrastados se passaram antes de chegarmos ao 1G, que apareceu nos primeiros celulares na década de 1980, marcando a transição da desilusão para a disrupção.

Nos anos 1990, na época do surgimento da internet, o 2G entrou na brincadeira. Mas durou pouco. Uma década depois, o 3G trouxe uma nova era de aceleração, conforme os custos da banda larga começavam a despencar — com uma regularidade impressionante de 35% ao ano. Os smartphones, a mobilidade bancária e o e-commerce levaram à proliferação das redes 4G em 2010. Mas, a partir de 2019, o 5G chega com toda a força, oferecendo velocidades cem vezes maiores a preços próximos de zero.

Qual a velocidade de uma rede 5G? Com o 3G, levamos 45 minutos para baixar um filme em alta definição. O 4G reduz isso para 21 segundos. Mas e o 5G? Leva mais tempo para ler esta frase do que para baixar o filme.

Porém, mesmo enquanto essas redes de celular tomam conta do planeta, outras brotam em um território muito acima de nossa cabeça. A Alphabet está desenvolvendo o Projeto Loon — que, na época em que foi proposto, podia muito bem ser chamado de “Projeto Louco”.<sup>34</sup> Nascida há uma década como cria do Google X, um *skunk works* da

gigante da tecnologia, a ideia era substituir torres de celular terrestres por balões situados na estratosfera. Essa ideia hoje é uma realidade.

Leves e duráveis o bastante para flutuar no ar cerca de vinte quilômetros acima da superfície terrestre, os quinze balões de quinze metros por doze da Google fornecem conexões 4G-LTE para os usuários em terra. Cada um cobre 5 mil quilômetros quadrados, e o plano da Google é uma rede de milhares de balões, conectando os desconectados e oferecendo cobertura contínua para qualquer um, em qualquer lugar do mundo.

A Google não é a única na disputa territorial pelo espaço sobre nossa cabeça. Além da estratosfera, três grandes competidores estão empenhados em um tipo inteiramente novo de corrida espacial. Primeiro, temos o trabalho de um engenheiro chamado Greg Wyler, com um longo histórico de tentar usar tecnologia para erradicar a pobreza. No início da década de 2000, quase sem verbas, Wyler ajudou a levar o 3G a comunidades na África. Hoje, financiado por bilhões de SoftBank, Qualcomm e Virgin, ele está lançando a OneWeb,<sup>35</sup> uma constelação de cerca de 2 mil satélites para levar a velocidade de download do 5G para todo o mundo.

Apesar do aperfeiçoamento radical da OneWeb, a rede de Wyler é um Davi, se comparado a Golias financeiros como Amazon e SpaceX. No início de 2019, a Amazon entrou para a competição dos satélites,<sup>36</sup> anunciando o Projeto Kuiper, uma constelação de 3236 satélites projetados para fornecer banda larga de alta velocidade para o mundo. A SpaceX,<sup>37</sup> que largou quatro anos na frente da Amazon, superou isso em 2019, quando começou a produzir sua constelação monstruosa de 12 mil satélites (4 mil a 1150 quilômetros de altura e 7500 a 340



quilômetros). Se o projeto de Musk for bem-sucedido, significará velocidades de conexão globais de gigabits.

Mais alto ainda?

A 8 mil quilômetros, no que é tecnicamente chamada de órbita terrestre média, a O3B é o mais novo G. O3B significa “Outros 3 Bilhões”, um conjunto de satélites de multiterabits construído pela Boeing, conhecido como “rede mPower”, que levará a conectividade a todos os que ainda não a têm.

Com isso, antes de meados da próxima década, qualquer um que quiser se conectar poderá fazê-lo. Pela primeira vez, a antiga expressão dos anos 1960 – “Um planeta, um povo, por favor” –, do ponto de vista das redes, enfim será uma realidade. E quando a população on-line dobrar, provavelmente assistiremos a uma das maiores acelerações históricas da inovação tecnológica e do progresso econômico global já vistas.

## SENSORES

Em 2014, em um laboratório de doenças infecciosas na Finlândia,<sup>38</sup> o pesquisador de saúde Petteri Lahtela fez uma descoberta curiosa. Ele percebeu que muitas das doenças que estudava partilhavam de uma curiosa sobreposição. Examinando doenças que os médicos consideravam sem relação entre si – por exemplo, doença de Lyme, cardiopatias e diabetes –, descobriu que todas afetavam de maneira negativa o sono.

Para Lahtela, tratava-se de uma questão de causa e efeito. Será que todas essas doenças causavam problemas no sono ou era o contrário?

Elas poderiam ser aliviadas, ou pelo menos atenuadas, melhorando o sono? Mais importante, como fazer isso?

Para resolver o quebra-cabeça, Lahtela concluiu que precisava de dados. Muitos dados. Para coletá-los, percebeu que podia tirar vantagem de um ponto de inflexão tecnológica recente. Em 2015, impulsionadas pelos avanços nos celulares, baterias pequenas e potentes convergiram com sensores pequenos e potentes. Na verdade, tão pequenos e tão potentes que Lahtela percebeu que seria possível construir um novo tipo de monitor de sono.

Qualquer dispositivo eletrônico que mede uma quantidade física como luz, aceleração ou temperatura, e depois envia essa informação para outros dispositivos em uma rede, pode ser considerado um sensor. Os sensores que Lahtela considerava eram uma nova geração de monitores cardíacos. Um modo eficaz de monitorar o sono é por meio dos batimentos e da variabilidade do ritmo cardíaco. Embora já houvesse uma quantidade desses monitores no mercado, eram todos modelos mais velhos e com problemas. O Fitbit e o Apple Watch, por exemplo, mediam o fluxo sanguíneo no pulso por meio de um sensor óptico. Mas as artérias do pulso ficam muito abaixo da superfície para uma medição perfeita, e as pessoas não costumam usar relógios de pulso quando vão para a cama — onde o aparelho pode interromper o sono que deveria medir.

O upgrade de Lahtela: o anel Oura.<sup>39</sup> Pouco mais que um elegante anel preto de titânio, o Oura tem três sensores capazes de monitorar e/ou computar dez sinais corporais diferentes, fazendo dele o monitor de sono mais preciso do mercado. A localização e as taxas de amostragem são suas armas secretas. Como as artérias no dedo estão mais próximas da superfície do que as do pulso, o anel obtém um

quadro muito melhor do que está se passando no coração. Além do mais, enquanto a Apple e a Garamond medem o fluxo sanguíneo duas vezes por segundo e o Fitbit o faz doze vezes, o Oura captura dados 250 vezes por segundo. Em estudos conduzidos por laboratórios independentes, essa combinação de leitura melhorada e maior velocidade de amostragem torna o anel 99% mais preciso se comparado a monitores de batimento cardíaco de nível hospitalar e 98% mais preciso para a variabilidade do ritmo cardíaco.

Há vinte anos, sensores com tal precisão custariam milhões e exigiriam um espaço razoável para abrigá-los. Hoje, o Oura custa cerca de trezentos dólares e fica no seu dedo — fruto do impacto do crescimento exponencial nos sensores. O nome popular para essa rede de sensores é “Internet das Coisas” (IoT, na sigla em inglês), a rede cada vez maior de dispositivos inteligentes interconectados que em breve se estenderá por todo o mundo. E vale a pena acompanhar o progresso dessa revolução para compreender como chegamos longe.

Em 1989, o inventor John Romkey<sup>40</sup> conectou uma torradeira Sunbeam à internet, criando o primeiro dispositivo IoT. Dez anos depois, o sociólogo Neil Gross<sup>41</sup> percebeu o que estava por vir e fez uma previsão nas páginas da *BusinessWeek*, hoje famosa: “No próximo século, a Terra terá uma pele elétrica. O planeta usará a internet como um andaime para receber e transmitir sensações. Essa pele já está sendo costurada. Consiste em milhões de dispositivos de medição eletrônica embutidos: termostatos, medidores de pressão, detectores de poluição, câmeras, microfones, sensores de glicose, eletrocardiogramas, eletroencefalogramas. Eles vão monitorar cidades e espécies ameaçadas, a atmosfera, nossos navios, rodovias e frotas de caminhões, nossas conversas, nossos corpos — até nossos sonhos”.

Uma década depois, a previsão de Gross se concretizou. Em 2009, a quantidade de dispositivos conectados à internet excedia a quantidade de gente no planeta (12,5 bilhões de dispositivos e 6,8 bilhões de pessoas, ou 1,84 dispositivo conectado por pessoa).<sup>42</sup> Um ano depois, impulsionados pela evolução dos celulares, os preços dos sensores começaram a despencar. Em 2015, todo esse progresso totalizava 15 bilhões de dispositivos conectados.<sup>43</sup> Como a maioria contém múltiplos sensores — um celular comum tem cerca de vinte deles —, isso explica também por que 2020 marca o começo do que já foi chamado de “nosso mundo de 1 trilhão de sensores”.

Tampouco vamos parar por aí.<sup>44</sup> Em 2030, pesquisadores de Stanford estimam que haverá 500 bilhões de dispositivos conectados (cada um abrigando dezenas de sensores), traduzindo-se, segundo pesquisa conduzida pela Accenture, em uma economia de 14,2 trilhões de dólares. E oculto sob esses números está exatamente o que Gross tem em mente — uma pele elétrica que registra quase todas as sensações no planeta.

Considere os sensores ópticos. A primeira câmera digital, construída em 1976 por Steven Sasson,<sup>45</sup> engenheiro da Kodak, era do tamanho de um forninho elétrico, fazia doze imagens P&B e custava mais de 10 mil dólares. Hoje, a câmera média que vem no celular comum apresenta uma melhora de mil vezes em peso, custo e resolução, em comparação ao modelo de Sasson. E as câmeras estão por toda parte. Em carros, drones, telefones, satélites e assim por diante, com uma resolução de imagem assombrosa. Satélites fotografam a Terra à distância de meio metro. Os drones reduzem isso a um centímetro. Mas os sensores Lidar<sup>46</sup> no teto dos carros autônomos capturam praticamente tudo — recolhendo 1,3 milhão de dados por segundo.

Vemos essa tendência tripla de tamanho e custo decrescentes e desempenho crescente por toda parte. O primeiro GPS comercial chegou às prateleiras em 1981, pesando 24 quilos e custando 119 900 dólares.<sup>47</sup> Em 2010, ele encolhera para um chip de cinco dólares, pequeno o bastante para caber na ponta do seu dedo. A “unidade de medição inercial” que orientou nossos primeiros foguetes é mais um exemplo. Em meados dos anos 1960, era um dispositivo de 23 quilos e 20 milhões de dólares. Hoje, o acelerômetro e o giroscópio em seu celular fazem o mesmo trabalho por cerca de quatro dólares e pesam menos que um grão de arroz.

Essas tendências só farão crescer. Estamos indo do mundo microscópico para o nanoscópico. Isso já levou a uma onda de roupas, adornos e óculos inteligentes; um exemplo é o anel *Oura*. Em breve, esses sensores vão migrar para dentro do corpo. Pegue a poeira inteligente,<sup>48</sup> um sistema de partículas de pó capaz de perceber, armazenar e transmitir dados. Hoje, uma “partícula” de poeira inteligente é do tamanho de uma semente de maçã. No futuro, partículas em escala nanoscópica flutuarão por nossa corrente sanguínea, coletando dados, explorando uma das derradeiras *terrae incognitae* — o interior do corpo humano.

Estamos prestes a aprender muito mais sobre corpo e todo o resto. Essa é a grande mudança. O volume de dados desses sensores está além da compreensão.<sup>49</sup> Um carro autônomo gera quatro terabytes diários de informação, ou o equivalente a mil longas-metragens; um avião comercial, quarenta terabytes; uma fábrica inteligente, um petabyte.

E em que ganhamos com esse volume de dados? Muita coisa.

Os médicos não dependem mais de check-ups anuais para monitorar a saúde dos pacientes, uma vez que agora recebem uma infinidade de

dados autoquantificados transmitidos de forma ininterrupta. Fazendeiros podem saber a umidade contida tanto no solo como no céu, permitindo-lhes calibrar a irrigação para obter colheitas mais saudáveis e safras maiores — um fator importante em tempos de aquecimento global —, enfrentando bem menos desperdício. Nos negócios, como a flexibilidade supera a morosidade em tempos de mudança rápida, a agilidade será a maior vantagem. Embora dispor de toda informação sobre os clientes constitua uma preocupação de privacidade alarmante, isso de fato oferece às organizações um nível de proficiência incrível — talvez a única maneira de continuar nos negócios, nesses tempos acelerados.

E os tempos acelerados já chegaram. Daqui a uma década, viveremos em um mundo onde quase qualquer coisa poderá ser medida, e o tempo todo será. É um mundo de transparência excepcionalmente radical. Das fronteiras do espaço, do fundo do oceano, dentro da sua corrente sanguínea, nossa pele elétrica produz um sensorio de informações constantemente disponível. Gostemos ou não, hoje vivemos em um planeta hiperconsciente.

## ROBÓTICA

Em março de 2011, um terremoto em Tóquio causou um tsunami no Pacífico, lançando uma onda do tamanho de um conjunto residencial sobre a usina nuclear de Fukushima Daiichi.<sup>50</sup> No caos que se seguiu, primeiro a energia de emergência parou de funcionar, depois as bombas entraram em pane, e por fim os sistemas de resfriamento falharam. Esses três colapsos foram seguidos de uma série de explosões de hidrogênio em pleno ar e de uma confusão catastrófica. Um mês depois,

numa escala concebida pela Agência de Energia Atômica Internacional para medir níveis de radiação após um acidente, os sensores bateram na estratosfera.

Conseguir que as equipes de limpeza chegassem rapidamente ao local era fundamental para a contenção, mas Fukushima estava quente demais para humanos. Assim, o Japão, por muito tempo um dos líderes mundiais em robótica, enviou alguns droides. Mas eles fracassaram miseravelmente. Era um desastre nacional em cima de outro. O terreno irregular funcionou como um campo minado, e a radiação fritou seus circuitos. Em alguns meses, Fukushima se transformou num cemitério de robôs.

O desastre foi particularmente duro para a Honda.<sup>51</sup> Desde o início da crise, milhares de pessoas telefonaram ou mandaram e-mails pedindo que eles enviassem o Asimo, o robô humanoide mais avançado do mundo. Bastante parecido com um adolescente vestido como astronauta dos anos 1950 (pense num traje espacial branco com capacete redondo), o Asimo era uma celebridade internacional. Ele tocara o sino de abertura do pregão na Bolsa de Nova York, regera a Orquestra Sinfônica de Detroit e caminhara pelo tapete vermelho em meia dúzia de premières. Porém, há um longo caminho entre andar por um tapete vermelho e lidar com o ambiente complexo de um desastre nuclear. O Asimo, como os demais robôs enviados para Fukushima, revelou-se nada confiável para mitigar o desastre, gerando um pesadelo de relações públicas para a Honda e uma comoção na comunidade de robótica.

Devido ao tumulto, alguns anos depois a Darpa lançou seu Robot Challenge,<sup>52</sup> uma bolsa de 3,5 milhões de dólares para um robô humanoide capaz de “executar tarefas complexas em um ambiente perigoso e degradado engendrado pelo ser humano”. Esse último trecho

é fundamental. Robôs humanoides são críticos porque vivem em um mundo engendrado por humanos, feito para ser a interface da nossa interface: duas mãos, dois olhos, postura de um bípede.

Os resultados do desafio de robótica de 2015, disponíveis on-line, parecem videocassetadas. Os robôs caem, tropeçam em degraus, soltam faísca, entram em curto-circuito. Nem Gill Pratt,<sup>53</sup> gerente do programa Darpa e organizador do Robot Challenge, conseguiu aguentar seu próprio evento ao vivo: “Por que alguém sentaria sob o sol e o calor vendo uma máquina levar uma hora para executar oito tarefas simples que podem ser feitas em cinco minutos?”.

Mas o progresso foi rápido. Um ano depois, um vídeo na internet mostrava o robô Atlas, da Boston Dynamics,<sup>54</sup> segundo lugar no desafio Darpa de 2015, caminhando por uma floresta escorregadia e nevada, empilhando caixas em um depósito, até mesmo recuperando o equilíbrio após ser golpeado com um bastão de hóquei. Um ano mais tarde, um vídeo diferente mostrava Atlas transpondo um circuito de obstáculos que incluía um salto mortal de costas em uma caixa de madeira e uma pitoresca narrativa esportiva: “Um giro de 360 graus sobre o palete, um mortal de costas...”.

A Honda também estava no jogo.<sup>55</sup> Em 2017, criaram o protótipo de um robô de resposta a desastres capaz de subir por uma escada de mão, dar passinhos laterais e até ficar de quatro e avançar por um terreno irregular apoiado nas mãos. Seis anos depois de Fukushima, havíamos ido de droides bêbados a ninjas preparados para desastres.

E ainda em 2017, não querendo ficar atrás da Honda, o conglomerado japonês Softbank comprou a Boston Dynamics da Alphabet (que havia adquirido a empresa em 2013).<sup>56</sup> O motivo? Um



desastre nacional diferente que ameaçava o Japão — uma população que envelhecia rapidamente e a falta de pessoas para cuidar dos idosos.

Após décadas de expectativa de vida em elevação e taxas de natalidade em declínio,<sup>57</sup> o Japão adentrou o novo milênio com o grosso da população prestes a se aposentar e sem ninguém para tomar seu lugar. A economia estava sedenta por mão de obra e havia uma preocupação crescente quanto a quem cuidaria dos idosos, bem como de onde sairia o dinheiro para isso. Em 2015, a fim de solucionar ambos os problemas, o primeiro-ministro Shinzo Abe pediu uma “revolução na robótica”. E, graças a uma série de convergências, seu pedido foi atendido.

Globalmente.

Os robôs hoje participam de todos os aspectos de nossa vida. As versões atuais funcionam com IA, o que lhes permite aprender por conta própria, operar sozinhas ou em grupo, caminhar sobre duas pernas, equilibrar-se em duas rodas, dirigir, nadar, voar e, como mencionado, dar mortais de costas. Hoje, os robôs realizam trabalhos maçantes, sujos ou perigosos. Amanhã, serão vistos em qualquer circunstância em que precisão e experiência sejam cruciais. Na mesa de operações, os robôs auxiliam em tudo, de uma cirurgia rotineira de hérnia a complicadas pontes de safena. Nas fazendas, trabalham como segadeiras na plantação e colhendo frutas nos pomares. Na área da construção, 2019 trouxe o primeiro robô-pedreiro<sup>58</sup> disponibilizado no mercado, capaz de assentar mil tijolos em uma hora.

A robótica industrial passou por mudança ainda maior. Há uma década, essas máquinas de milhões de dólares eram tão perigosas que ficavam separadas da força de trabalho por divisórias de vidro à prova de balas e eram tão complicadas de programar que precisavam em geral

de técnicos especializados. Não mais. Uma série de “cobots”, abreviatura de robôs colaborativos, chegou ao mercado. Para programá-los, é só fazer os braços robóticos executarem o movimento desejado e eles estão prontos para começar. Melhor ainda, esses cobots são repletos de sensores, de modo que, no milissegundo em que se deparam com algo corpóreo — um ser humano, por exemplo —, ficam imóveis.

Mas a verdadeira revolução é econômica. O UR3,<sup>59</sup> um cobot da fabricante dinamarquesa Universal Robots, sai por 23 mil dólares, o que equivale mais ou menos ao salário global anual médio de um trabalhador fabril. Além disso, robôs não cansam, não precisam ir ao banheiro e não tiram férias. Isso explica por que a Tesla, a GM e a Ford estão automatizando completamente suas fábricas e por que a Foxconn (fabricantes do iPhone) e a Amazon já substituíram dezenas de milhares de trabalhadores por robôs.

A Amazon também vem impulsionando o segmento de drones desse mesmo mercado.<sup>60</sup> Há cinco anos, quando anunciaram que a entrega de pacotes por drones fazia parte de seus planos, a maioria dos especialistas achou que não passava de fantasia. Hoje, todo mundo, do 7-Eleven à cadeia de pizzarias Domino's, conta com seu programa. No futuro, seja para entregar o romance mais recente de John Grisham, um xarope para tosse ou um pote de sorvete tarde da noite, drones se encarregarão do serviço.

Para o socorro a desastres e a entrega de suprimentos médicos, os drones estão presentes há algum tempo, e não só no Japão. Eles estiveram no Haiti após o furacão Sandy, em 2012;<sup>61</sup> nas Filipinas após o tufão Haiyan, em 2013; em uma enchente nos Bálcãs; em um terremoto na China. São mais rápidos do que os humanos em avistar sobreviventes que necessitam de ajuda. Os drones para cargas pesadas

da Boeing<sup>62</sup> conseguem suspender um carro pequeno, então são com frequência os mais indicados para a tarefa. Uma empresa chamada Zipline<sup>63</sup> os utiliza para a entrega de sangue e medicamentos em Ruanda e na Tanzânia e, como 50% da África não possui estradas adequadas, esse sistema poderia melhorar de modo significativo a qualidade dos cuidados médicos no continente.

Também vemos drones levar auxílio a um desastre diferente: o desflorestamento. Perdemos mais de 7 bilhões de árvores todos os anos para a indústria madeireira, a expansão agrícola, os incêndios florestais, a mineração, a construção de estradas e tudo o mais. É um desastre ambiental de proporções épicas, uma causa crucial tanto da mudança climática como da extinção de espécies. Mas hoje existem drones plantadores de árvores que disparam cápsulas com sementes no solo, permitindo que um único drone plante até 100 mil árvores por dia.<sup>64</sup>

Claro, poderíamos seguir assim por muito tempo. Cuidados de idosos, paliativos, infantis, de animais de estimação, assistentes pessoais, avatares, carros autônomos, carros voadores — em alguns casos, os robôs estão a caminho; em outros, já chegaram. Mas há algo mais amplo aí do que apenas os robôs em si.

É a convergência dos robôs com outras tecnologias exponenciais. Uma epiderme elétrica de sensores indo de encontro a IAs neurais na nuvem, potencializadas pela rede, que colidem com um enxame crescente de robôs habilmente ágeis e cada vez mais inteligentes. E o mais estranho nisso tudo? Como veremos no próximo capítulo — isso não passa de metade da história.

## 3. Turbinando: tecnologias exponenciais, parte II

### REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

Em 2001, Jeremy Bailenson,<sup>1</sup> psicólogo de Stanford e pioneiro da realidade virtual, guardou a maior parte do equipamento em seu laboratório, tomou um avião e viajou para Washington, DC. Seu destino era o Centro Judiciário Federal, que abrigaria uma conferência para juízes sobre o poder da realidade virtual na sala do tribunal. E como nada pode ser mais convincente do que uma demonstração, Bailenson pediu aos magistrados para usarem óculos de RV e caminhar pela prancha.

A prancha era parte de uma simulação de RV. O programa mapeou a sala onde ocorria a conferência — nos mínimos detalhes, como as fibras do tapete e as manchas das janelas —, e foi isso que os juízes viram quando puseram os óculos. Até Bailenson apertar um botão e um buraco se abrir sob seus pés. Sobre o buraco de cerca de dez metros de profundidade e cinco metros de largura se estendia uma prancha bamba e estreita. O jogo consistia em andar por essa prancha, coisa que um dos juízes fazia quando pisou só um pouquinho à esquerda.

E perdeu o equilíbrio.

O juiz em questão tinha mais de sessenta anos e pesava cerca de 120 quilos. Como o jogo modelava a gravidade, de sua perspectiva o sujeito de repente despencava com todo o peso para o fundo de um poço. Se aquilo estivesse ocorrendo no mundo físico, a melhor maneira de salvar sua vida teria sido se lançar em direção ao outro lado do buraco — esticando o corpo na horizontal, na esperança de seus dedos conseguirem agarrar a borda oposta.

E foi o que o juiz fez.

“Ele mergulhou num ângulo de 45 graus”, explica Bailenson, “em direção a uma mesa e sua quina afiada, onde estava meu computador.”

Mas tudo terminou bem. O juiz não se machucou e Bailenson agora tinha uma ótima história para ilustrar os truques sensoriais que os especialistas em RV denominam “presença”. Em essência, quando a RV é feita de forma correta, por motivos neurobiológicos, não temos como saber que estamos na Matrix. Se os pixels permanecerem ocultos, se o campo de visão imitar o de um ser humano e se tudo o mais, das sombras aos movimentos, for gerado com verossimilhança impecável, o cérebro acredita na ilusão — fazendo juízes federais mergulharem em mesas.

A presença é um fato novo. Ao longo da história, nossa vida foi limitada pelas leis da física e atenuada pelos cinco sentidos. A RV está reescrevendo essas regras. Ela nos permite digitalizar a experiência e teleportar nossos sentidos para um mundo gerado por computador, onde os limites da imaginação passam a ser o único freio da realidade.

Assim como a IA, o conceito de RV existe desde os anos 1960.<sup>2</sup> A década de 1980 assistiu às promessas iniciais dessa tecnologia, quando os primeiros sistemas “de contato direto com o consumidor”

começaram a surgir. Em 1989, antes do iPhone, se você tivesse 250 mil dólares sobrando podia comprar o EyePhone,<sup>3</sup> um sistema de RV construído pela empresa VPL de Jaron Lanier (que cunhou o termo “realidade virtual”). Infelizmente, o computador que capacitava esse sistema era do tamanho de um frigobar, enquanto o *headset* exigido por ele era grande, desajeitado e gerava apenas cerca de cinco quadros por segundo — ou seis vezes mais lento que um televisor comum da época.

No início da década de 1990, a empolgação havia diminuído e a RV entrou numa fase desiludida de duas décadas. Mesmo assim, a tecnologia básica não parou de se desenvolver. Na virada do milênio, era boa o bastante para tapear juízes andando sobre pranchas. Mas, à medida que a década de 2000 progredia, a convergência entre motores de jogo cada vez mais potentes e softwares de IA para renderização de imagens transformou a desilusão em disrupção, e o universo da RV abriu para os negócios.

As start-ups começaram a pipocar. E a ser adquiridas. Em 2012, o Facebook causou uma comoção quando gastou 2 bilhões de dólares na compra da Oculus Rift, empresa de RV.<sup>4</sup> Em 2015, a *Venture Beat* noticiou que um mercado que em geral testemunhava apenas dez novos atores a cada ano de repente contava 234.<sup>5</sup> O ano de 2017 foi particularmente bom para a Samsung, quando a empresa vendeu 3,65 milhões de *headsets*<sup>6</sup> e chamou tanta atenção que todo mundo — Apple,<sup>7</sup> Google,<sup>8</sup> Cisco,<sup>9</sup> Microsoft<sup>10</sup> — decidiu investir na pesquisa de RV.

A RV no celular surgiu logo em seguida,<sup>11</sup> derrubando barreiras com a entrada a módicos cinco dólares. Em 2018, os primeiros adaptadores sem fio, *headsets* autônomos e *headsets* móveis chegaram ao mercado.<sup>12</sup>

Na questão da resolução, ainda em 2018 a Google e a LG<sup>13</sup> dobraram sua contagem de pixels por polegada e aumentaram sua *refresh rate* de cinco quadros por segundo da VPL para mais de 120.

Nessa mesma época, os sistemas começaram a ser aplicados a outros sentidos além da visão. O microfone “omnibinaural” da HEAR360 capta 360 graus de áudio,<sup>14</sup> o que significa que o som imersivo agora está à altura dos visuais imersivos. O tato também se massificou,<sup>15</sup> com luvas, coletes e trajes de corpo inteiro chegando ao mercado consumidor. Emissores de cheiro, simuladores de paladar<sup>16</sup> e todo tipo de sensor imaginável – incluindo leitores de ondas cerebrais<sup>17</sup> – estão todos em busca de pôr o “vero” em verossimilhança.

E a quantidade de exploradores virtuais continua a crescer. Em 2017, segundo um estudo da eMarketer,<sup>18</sup> havia 22 milhões de usuários mensais, aumentando para 35 milhões em 2018. Em meados dos anos 2020, estima-se que o mercado de RV girará em torno de 35 bilhões de dólares<sup>19</sup> e será difícil encontrar uma área intocada pela tecnologia.

Na segunda parte deste livro, examinaremos mais de perto como a RV transformará os mercados, do entretenimento à saúde. Mas considere, para darmos um exemplo aqui, a educação – na qual a RV oferece um tipo inteiramente novo de aprendizagem. Desde que demonstrou a tecnologia para os juízes federais, Jeremy Bailenson e sua equipe em Stanford passaram duas décadas explorando a capacidade da RV de induzir a mudança comportamental. Ele desenvolveu experiências de RV em primeira pessoa que ilustravam racismo, sexismo e outras formas de discriminação.<sup>20</sup> Por exemplo, vivenciar a sensação de ser uma mulher afro-americana idosa e sem teto que mora nas ruas de Baltimore gera

uma mudança permanente no usuário: uma alteração significativa na empatia e na compreensão.

“A realidade virtual não é uma experiência de mídia”, explicou Bailenson, em uma fala em 2010 na faculdade de direito da NYU. “Quando bem-feita, é uma experiência de verdade. Em geral, nossas descobertas mostram que a RV causa mais mudanças de comportamento, mais engajamento e mais influência que outros tipos de mídia tradicional.”<sup>21</sup>

E por maior que seja o desenvolvimento da realidade virtual, na realidade aumentada ele é maior ainda. Em 2016, quando o Pokémon GO da Nintendo foi baixado mais de 1 bilhão de vezes,<sup>22</sup> a RA entrou em sua fase disruptiva. A Apple deu o salto seguinte em duas etapas: primeiro, apresentando um pacote para desenvolvedores de RA<sup>23</sup> que permite a qualquer um projetar aplicativos para sua plataforma e, segundo, adquirindo a Akonia Holographics,<sup>24</sup> uma empresa que produz lentes finas e transparentes para óculos inteligentes.

Os empreendedores também entraram na brincadeira. No momento em que este livro é escrito, há mais de 1800 start-ups de RA diferentes listadas no site de crowdfunding AngelList.<sup>25</sup> Em 2021, os especialistas preveem que toda essa atividade resultará num mercado de mais de 133 bilhões de dólares.<sup>26</sup>

Embora a RA não seja tão barata quanto a RV (ainda), cem dólares são suficientes para adquirir um *headset* Leap Motion básico,<sup>27</sup> enquanto com 3 mil dólares é possível comprar uma HoloLens de primeira da Microsoft.<sup>28</sup> Do mesmo modo, os projetores digitais HUD nos carros de luxo, possivelmente a primeira tecnologia de RA a chegar a um público mais amplo, em breve serão um item-padrão nos modelos econômicos.



Em uma sala de aula, a RA permite aos alunos explorar tanto objetos como mundos virtuais. Em um passeio pela rua, a RA cria um tipo diferente de experiência de aprendizado — à medida que os prédios vão projetando sua história em nosso campo de visão. O varejo leva isso a outro patamar. Morrendo de fome, mas com o dinheiro curto? Sua lente de RA lhe mostra todas as boas opções nesse quarteirão, inclusive as classificações dos clientes. Na indústria, as simulações de treinamento em RA nos ensinam a operar todo tipo de máquina — até mesmo como pilotar aviões. Museus utilizam a RA para exposições interativas, corretores imobiliários se valem do mesmo recurso para mostrar casas. Na saúde, a RA permite que o cirurgião “veja dentro” das artérias entupidas e que os alunos de medicina ergam camadas de pele de cadáveres virtuais.

Então, se prepare, Jogador nº 1 — juízes federais estão mergulhando em sua direção.

## IMPRESSÃO 3D

A cadeia de abastecimento mais cara do universo se estende por apenas 388 quilômetros.<sup>29</sup> É a rede de reabastecimento que vai do Centro de Controle de Missão, na Terra, direto para os astronautas a bordo da Estação Espacial Internacional (ou ISS, na sigla em inglês). Seu custo é por conta do peso. Custa 22 mil dólares por quilo para tirar um objeto da atração da gravidade terrestre.<sup>30</sup> E como pode levar meses para ele de fato chegar à ISS, boa parte do precioso metro quadrado da estação é usada para o armazenamento de peças sobressalentes.<sup>31</sup> Em

outras palavras, a cadeia de abastecimento mais cara da história leva ao ferro-velho mais exótico do cosmos.

Em *Bold*, contamos a história da Made In Space,<sup>32</sup> primeira empresa a tentar solucionar esses problemas. Sua meta era construir uma impressora 3D que funcionasse no espaço. Alguns anos se passaram, e a Made In Space agora está no espaço.<sup>33</sup> Foi assim que, em uma missão da ISS em 2018, quando um astronauta quebrou o dedo, não precisaram pedir uma tala da Terra e esperar meses pela remessa.<sup>34</sup> Ligaram a impressora 3D, carregaram-na com filamento plástico, buscaram “tala” no arquivo de modelos e imprimiram o que precisavam. É a capacidade de fabricação sob demanda em um nível nunca visto.

Mas levou tempo para chegar a isso.

As impressoras 3D originais surgiram nos anos 1980.<sup>35</sup> Eram máquinas desajeitadas, lentas, difíceis de programar e fáceis de quebrar, e só imprimiam plástico. Hoje, colonizaram a maior parte da tabela periódica. Podemos imprimir em centenas de materiais diferentes,<sup>36</sup> e colorido — metais, borracha, plástico, vidro, concreto e até matérias orgânicas como células, couro e chocolate. E o que imprimimos agora é cada vez mais impressionante. Motores a jato,<sup>37</sup> edifícios,<sup>38</sup> placas de circuitos,<sup>39</sup> membros prostéticos:<sup>40</sup> as impressoras 3D estão fabricando objetos incrivelmente complexos em um tempo cada vez mais curto.

É uma tremenda mudança para a indústria. A natureza sob demanda das impressoras 3D elimina a necessidade de inventários e de tudo o que isso requer. Além do espaço exigido para os materiais de insumo e a própria impressora, a tecnologia quase elimina cadeias de suprimento, redes de transporte, almoxarifados, depósitos e todo o resto. Esse acontecimento, uma única tecnologia exponencial, ameaça todo um setor manufatureiro de 12 trilhões de dólares.<sup>41</sup>

E o ritmo é veloz.

Até o início da década de 2000, impressoras 3D eram máquinas excepcionalmente caras, na faixa dos 100 mil dólares.<sup>42</sup> Hoje, podem ser compradas por menos de mil dólares.<sup>43</sup> À medida que os preços caíram, o desempenho melhorou,<sup>44</sup> e convergências começaram a surgir — levando a impressão 3D a uma variedade mais ampla de mercados.

Há cerca de dois anos, por exemplo, a empresa israelense Nano Dimension<sup>45</sup> fez convergir a impressão 3D com a computação, trazendo ao mercado a primeira impressora 3D comercial de placas de circuito e permitindo aos projetistas criarem o protótipo de novos produtos em horas, não em meses. Outra convergência em curso é da impressão 3D com a energia, na qual a tecnologia já é usada para a produção de baterias,<sup>46</sup> turbinas eólicas<sup>47</sup> e células solares<sup>48</sup> — ou seja, três dos componentes mais caros e importantes da revolução da energia renovável. O transporte vê impactos similares. Motores costumavam estar entre as máquinas mais complicadas do planeta. A avançada turbo-hélice da GE tinha 855 componentes fabricados de maneira individual.<sup>49</sup> Hoje, com a impressão 3D, tem doze. A vantagem? Redução de peso de cinquenta quilos e aperfeiçoamento de 20% na queima do combustível.

A biotecnologia e a impressão 3D são outro ponto de interseção. A primeira prótese impressa 3D chegou em 2010.<sup>50</sup> Hoje, são produzidas em larga escala pelos hospitais. Em 2018, um hospital jordaniano apresentou um programa capaz de ajustar e construir uma prótese para um paciente em 24 horas, por menos de vinte dólares.<sup>51</sup> Ao mesmo tempo, como as impressoras 3D hoje fabricam componentes eletrônicos, presenciamos empresas como a Unlimited Tomorrow<sup>52</sup> e a Open Bionics<sup>53</sup> vendendo impressões 3D de próteses biônicas articuladas a preços longe de biônicos.<sup>54</sup>

E partes do corpo sobressalentes estão prestes a se tornar órgãos sobressalentes. Em 2002, cientistas na Wake Forest University imprimiram em 3D o primeiro tecido renal capaz de filtrar sangue e produzir urina.<sup>55</sup> Em 2010, a Organovo, uma empresa de bioimpressão de San Diego, criou o primeiro vaso sanguíneo.<sup>56</sup> Hoje, uma empresa chamada Prellis Biologics<sup>57</sup> imprime vasos capilares em velocidade recorde, enquanto a Iviva Medical faz o mesmo com rins<sup>58</sup> — daí a previsão de que órgãos impressos em 3D devem chegar ao mercado em 2023.<sup>59</sup>

O impacto da impressão 3D na indústria da construção ocorre ainda mais rápido. Em 2014, a chinesa WinSun imprimiu dez unidades residenciais em menos de 24 horas,<sup>60</sup> cada uma saindo por menos de 5 mil dólares.<sup>61</sup> Meses depois, imprimiram um complexo residencial de cinco andares em um fim de semana. Em 2017, outra empresa chinesa<sup>62</sup> combinou a impressão 3D e a construção modular para um arranha-céu de 57 andares em dezenove dias. Em 2019, a empresa Mighty Buildings, com sede na Califórnia,<sup>63</sup> fundiu esses avanços na impressão 3D com a robótica e a ciência de materiais para realizar algo inédito: atendendo aos padrões dos códigos de construção americanos, imprimiram unidades residenciais a um décimo do custo de mão de obra e com um produto final três vezes mais barato do que o padrão da indústria.

Mas a história que melhor ilustra o real poder transformador da impressão 3D pertence a um sujeito chamado Brett Hagler.<sup>64</sup> Alguns anos após o terremoto de 2010 no Haiti, Hagler visitou a ilha. Ele ficou chocado ao descobrir dezenas de milhares de pessoas ainda vivendo em cidades de barracas, tanto tempo após o desastre. Assim, decidiu encontrar um modo de usar essa tecnologia emergente para fornecer

abrigo permanente para os mais necessitados. Hagler formou uma organização sem fins lucrativos chamada New Story, levantou capital de pesquisa com um grupo de investidores conhecidos como “Os Construtores” e criou uma impressora 3D movida a energia solar capaz de trabalhar nos piores ambientes imagináveis. Sua máquina imprime uma casa de 37 metros quadrados a 75 metros quadrados em 48 horas ao custo de 6 mil dólares a 10 mil dólares (dependendo da localização e do preço da matéria-prima). E não estamos falando de nenhum bunker — e sim de um projeto moderno e elegante, com varanda ao redor da casa.

No outono de 2019, no México,<sup>65</sup> a New Story iniciou a construção da primeira comunidade mundial impressa em 3D — cinquenta casas, a serem distribuídas a sem-tetos de forma gratuita ou vendidas (em um sistema de microfinanças, a empréstimos sem juros disponíveis para qualquer um). “Os dados são muito claros”, explica Hagler. “Abrigo é uma necessidade básica. Se você consegue atendê-la, tudo melhora: saúde, bem-estar, renda, níveis de educação infantil. A impressão 3D é uma ferramenta incrível para combater a pobreza. Cabe a nós usá-la.”

## BLOCKCHAIN

Em seu breve tempo de vida, o *blockchain* colecionou alguns apelidos maravilhosamente pitorescos. Já foi chamado de tecnologia exponencial de arquivamento, a solução contábil mais sexy da história e o fim do governo tal como o conhecemos. Em termos mais simples, o *blockchain* é uma tecnologia facilitadora, que começou sua existência possibilitando a moeda digital.

Moedas digitais, ou a ideia de que podemos usar uns e zeros para substituir dólares e centavos, foram propostas pela primeira vez em 1983.<sup>66</sup> Contudo, a ideia parou no problema aparentemente insolúvel do “gasto duplo”. Em síntese: se você tem uma nota de um dólar e a dá a um amigo, seu amigo passa a ter a nota de um dólar. Se você tem um dólar digital e o dá a um amigo — se, em essência, essa moeda nada mais é que uns e zeros —, o que o impede de dar uma cópia do dólar para o amigo e ficar com o original para si? Afinal, é exatamente assim que funcionam todos os outros compartilhamentos digitais. Quando você envia um e-mail, seu computador armazena o original e envia uma cópia. É perfeito para a troca de correspondência, mas, nos negócios financeiros, deixa muito a desejar. Esse é o problema do gasto duplo, exatamente o que o *bitcoin* foi projetado para resolver.

O *bitcoin* surgiu em 2008, quando um artigo acadêmico on-line de autoria de uma pessoa (ou pessoas) ainda anônima, que se identificava como Satoshi Nakamoto,<sup>67</sup> propôs um sistema de pagamento *peer-to-peer* digital que permite ao dinheiro mudar de mãos sem a necessidade de uma instituição financeira. No ano seguinte, o primeiro software de *bitcoin* foi a público, porém, como as moedas haviam sido apenas mineradas, e não comercializadas, era impossível lhes atribuir um valor monetário. Em 2010, Laszlo Hanyecz resolveu esse problema comprando duas pizzas — ao preço de 25 dólares — com 10 mil *bitcoins*.<sup>68</sup> Na época, com base no custo dessas pizzas, as moedas passaram a valer 0,0025 dólar cada. Em 2019, seu valor era de quase 15 mil dólares.<sup>69</sup>

Mas a verdadeira revolução reside na base do *bitcoin*: é a tecnologia do *blockchain*. Um *blockchain* é um livro-razão digital distribuído, mutável, permissível e transparente. Analisemos uma coisa de cada vez.

Distribuído significa que é um banco de dados compartilhado e coletado, de modo que todo mundo na rede — ou seja, todo mundo que possua a moeda — tem uma cópia do livro-razão. Mutável significa que sempre que alguém insere uma informação nova no livro-razão, todos os livros mudam. Ele é permissível no mesmo sentido em que dinheiro é permissível — qualquer um pode usá-lo. Por fim, o sistema é transparente porque qualquer um na rede pode ver qualquer transação na rede — e assim foi de fato resolvido o problema do gasto duplo.

Mas a verdadeira inovação está no modo como as transações são registradas no livro-razão. Em negociações financeiras normais, quando movimentamos dinheiro, é necessária uma terceira parte de confiança: se passo um cheque, uma terceira parte, em geral o banco, assegura que tenho dinheiro para cobri-lo. Mas as criptomoedas eliminam o intermediário da negociação, validando transações com qualquer computador da rede. Uma vez validado, o registro da transação é empacotado com outros em um “bloco” [*block*], depois é adicionado ao registro de todos os blocos precedentes (a “cadeia” — *chain*).

Ao eliminar o intermediário e trazer a contabilidade para a era digital, o *blockchain* está fazendo com os bancos o que a internet fez com as mídias tradicionais: esvaziando-os. Para começar, ele cria um sistema bancário onde antes não havia nenhum. Como a tecnologia é permissível, as centenas de milhões de pessoas sem conta bancária hoje têm onde guardar seu dinheiro — uma oportunidade de 308 bilhões de dólares, segundo um relatório Accenture recente.<sup>70</sup>

Além disso, o *blockchain* oferece um modo fácil de transferir esse dinheiro, sobretudo entre países. No momento, o mercado de remessas internacional está avaliado em 600 bilhões de dólares.<sup>71</sup> Todo esse dinheiro recebe uma boa mordida,<sup>72</sup> com intermediários “fidedignos”

como a Western Union extraindo uma comissão alta de qualquer transação processada.

Além do mais, um dos motivos para tanta gente não ter uma conta bancária é por não possuir oficialmente identidade.<sup>73</sup> O *blockchain* resolve esse problema também, gerando uma identidade digital que acompanhará a pessoa na internet. O que podemos fazer com essa identidade? Ser donos dos nossos próprios dados, para começo de conversa. A identidade de *blockchain* poderia ainda facilitar eleições justas e precisas. Por fim, se a identidade puder ser estabelecida, é fácil vincular a ela uma pontuação de reputação. Essa pontuação permite coisas como o *ridesharing peer-to-peer*,<sup>74</sup> que hoje exige terceiras partes de confiança chamadas “Uber” e “Lyft”.

Do mesmo modo que o *blockchain* valida identidades, também é capaz de validar nossas posses<sup>75</sup> — por exemplo, certificando que seu anel de casamento não é um diamante de sangue. Títulos de propriedade imobiliária são outra oportunidade, em especial quando parte considerável das pessoas no planeta vive em um terreno que não lhes pertence, ou pelo menos não de maneira legal. Considere o Haiti. A combinação de terremotos, ditaduras e evacuações forçadas torna o trabalho de determinar quem é dono do quê um atoleiro gigante. Um registro de imóveis por *blockchain* poderia cadastrar todas as transações; assim os títulos de propriedade seriam sempre rastreáveis, venda a venda, até o dono original.

O registro de imóveis se vale ainda de outra vantagem do *blockchain* — sua camada de contratos inteligentes embutidos. Apostas esportivas são um exemplo.<sup>76</sup> Hoje, os jogos de azar na internet exigem uma “terceira parte de confiança”, o site de apostas, que garante o pagamento. Mas se dois apostadores decidirem de antemão em que



fonte confiar como árbitro dos resultados — digamos, a página de esportes do *New York Times* —, poderão montar um contrato de *blockchain* que lhes permita apostar entre si e deixar o sistema determinar o resultado da aposta com base nas páginas do *New York Times*, depois movimentar automaticamente o dinheiro. É um contrato inteligente porque se autoexecuta, sem necessidade de envolvimento humano.

E é por todos esses motivos que a tecnologia está explodindo. Em 2018, instituições financeiras importantes como J. P. Morgan, Goldman Sachs e Bank of America<sup>77</sup> produziram criptoestratégias em larga escala. As ofertas iniciais de moedas, ou ICOs, uma versão de *blockchain* para o *crowdsourcing* (que vamos explorar com mais detalhes no capítulo 4), também estão explodindo, com um valor de mercado de quase 10 bilhões de dólares em 2018.<sup>78</sup> No total, o que começou menos de uma década atrás com a venda de duas pizzas chegará, segundo a Gartner, Inc., a 176 bilhões de dólares até 2025, possivelmente excedendo os 3,1 trilhões de dólares em 2030.<sup>79</sup>

A fim de perceber para onde tudo isso caminha, vale a pena discutir uma outra propriedade do *blockchain* — o fato de poder servir como ponte entre mundos. A Vatom, Inc.,<sup>80</sup> empresa criada pelo pioneiro da tecnologia Eric Pulier, utiliza o *blockchain* para criar “objetos inteligentes” que, em termos financeiros, são tanto um novo tipo de classe de ativos como uma maneira de movimentar valores entre o mundo virtual e o real. As coisas ficam um pouco estranhas se forem explicadas de um jeito simples. A verdade é que ainda não temos palavras para descrever o que os objetos inteligentes possibilitam.

Vamos explorar isso em camadas.